



**Řízení rizik procesů
spojených s technickými díly**

Praha 2018

Recenzenti:

Doc. Ing. Václav Beran, CSc., DrSc.

Doc. RNDr. Jiří Demel, CSc.

RNDr. Jan Procházka, Ph.D.

Editor:

Doc. RNDr. Dana Procházková, CSc., DrSc.

© ČVUT v Praze

ISBN: 978-80-01-06515-0

OBSAH

<i>Úvodní slovo editora</i>	7
<i>Summary</i>	8
PRÁCE S RIZIKY ZACÍLENÁ NA BEZPEČNOST LIDSKÉHO SYSTÉMU	9
<i>Václav Beran, Petr Dlask, Ivana Faltová Leitmanová</i> Rizika ekonomiky rozvoje území	10
<i>Karel Maier</i> Řízení rizika v území	21
<i>Dana Procházková</i> Přehled zásad forenzního inženýrství	40
<i>Dana Procházková</i> Coexistence of human communities and technical facilities	72
RIZIKA A JEJICH ŘÍZENÍ ZACÍLENÉ NA BEZPEČNOST V DOPRAVĚ	77
<i>Peter Hrmel</i> Rizika při vzniku a šetření mimořádných událostí v drážní dopravě	78
<i>Tomáš Kertis, Dana Procházková</i> Identifikace aktiv provozu pražského metra a stanovení jejich kritičností	92
<i>Vilém Knapp</i> Studium agresivity řidičů	109
<i>Pavla Lejsková, Edvard Březina</i> Řízení rizik v dopravním procesu železniční dopravy	117

<i>Mirko Novák</i> Poučení z havárie lodi Costa Concordia	125
<i>Dana Procházková, Tomáš Kertis, Jan Procházka, Zdenko Procházka</i> Železnice - jejich rizika a nástroje pro řízení bezpečnosti	128
RIZIKA A JEJICH ŘÍZENÍ ZACÍLENÉ NA BEZPEČNOST MOSTŮ	170
<i>Katerina Kreislova, Hana Geiplová, Zdenek Bartak</i> Sensors for atmospheric corrosivity monitoring	171
<i>Jana Marková, Karel Jung</i> Požadavky na robustnost staveb v současných předpisech	184
<i>Jana Marková, Michal Kalinský</i> Reliability analysis of impacts due to the road vehicles	194
<i>Pavol Pecha, Dana Procházková</i> Statistické údaje o stavu mostů v České republice	203
<i>Jan Procházka, Dana Procházková, Zdenko Procházka</i> Zdroje rizik a opatření pro zvýšení bezpečnosti mostů	208
<i>Dana Procházková</i> Řízení bezpečnosti mostů a česká legislativa	226
<i>Miroslav Sýkora, Dimitris Diamantidis</i> Risk acceptance criteria for design of road bridges	260
RIZIKA A JEJICH ŘÍZENÍ ZACÍLENÉ NA BEZPEČNOST TECHNICKÝCH DĚL	272
<i>Miroslav Brouček</i> Poučení z poruchy VD Oroville - spolehlivost nouzových přelivů	273
<i>Kamila Cábová, František Wald</i> Požární bezpečnost výstavního pavilonu	283
<i>Václav Dostál, Ladislav Veselý, Miroslav Gleitz</i> Nehoda jaderné elektrárny Fukushima Daiichi	295

<i>Kristýna Hrabová</i> Možná rizika vodohospodářských staveb	306
<i>Jan Jiroušek</i> Použitelnost parních injektorů pro „feed & bleed“ pro dochlazení během dlouhodobého výpadku elektrického napájení bloku	312
<i>Jiří Lukavský</i> Analýza rizik při utěšňování tlakových zařízení	321
<i>Dana Procházková</i> Standardy a normy pro práci s riziky technických děl a jejich validita	342
<i>Dana Procházková, Jiří Lukavský</i> Rozdíly v řízení rizik při zacílení na spolehlivost nebo na bezpečnost	355
<i>Dana Procházková, Jan Procházka</i> Principy pro řízení rizik složitých technických děl	371
<i>Dana Procházková, Jan Procházka, Josef Říha, Václav Beran, Zdenko Procházka</i> DSS pro zajištění koexistence technického díla s okolím	398
<i>Miroslav Rusko, Ján Il'ko</i> Measurement of compressed air flow in the production technology for the purpose of dimensioning of compressors using ultrasonic flowmeter	415
<i>Václav Svoboda, František Žemlička</i> Aplikace akustické emise při tlakové zkoušce nádoby z austenitické oceli	423
<i>Veronika Šindlerová</i> Selhání řízení rizik v procesu územního plánování - průmyslová zóna Solnice – Kvasiny – Rychnov nad kněžnou	432
<i>Petr Šrytr</i> Řízení rizik v síťových odvětvích prostřednictvím adekvátního prokazování udržitelného stavu a rozvoje inženýrských sítí	453

<i>Jan Tomáš</i> Řízení rizik bezpečnostních systémů tlakových zařízení v procesním a energetickém průmyslu	468
INFORMACE	475
<i>Jiří Kruliš</i> Informace o metodě pro řízení rizik v podnicích	476

ÚVODNÍ SLOVO EDITORA

Publikace „*Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*“ obsahuje 33 sdělení ze semináře se stejným názvem, uspořádaného ČVUT v Praze, Fakulta dopravní v budově Praha 2, Horská 3 dne 29. listopadu 2018. Témata semináře:

- práce s riziky (identifikace, analýza, hodnocení, posouzení, řízení, vypořádání),
- zvládání rizik spojených s přípravou technických děl,
- zvládání rizik spojených s umístěním, navrhováním, projektováním a výstavbou technických děl,
- zvládání rizik spojených s provozem technických děl,
- zvládání rizik spojených s ukončením provozu technických děl.

Cíle semináře: shrnutí současného poznání, výměna praktických zkušeností a navázání spolupráce při řízení a vypořádání rizik s cílem zvyšovat bezpečnost a konkurenceschopnost technických děl v České republice.

Články v předložené publikaci byly recenzovány a na základě doporučení recenzentů jsou rozděleny do čtyř odborných sekcí a do sekce informace. V každé sekci jsou sdělení uspořádána alfabetaicky dle příjmení prvního autora s přihlédnutím k počtu autorů. Odborné sekce:

1. Práce s riziky zacílená na bezpečnost lidského systému.
2. Rizika a jejich řízení zacílené na bezpečnost v dopravě.
3. Rizika a jejich řízení zacílené na bezpečnost mostů.
4. Rizika a jejich řízení zacílené na bezpečnost technických děl.

Řada článků obsahuje výsledky dvou projektů, na nichž se podílí ČVUT v Praze, Fakulta dopravní: RIRIZIBE - Řízení rizik a bezpečnost složitých technologických objektů CZ.02.2.69/0.0/0.0/16-018/0002649; a Operativní metody monitorování, predikce životnosti mostů a zajištění bezpečných mostů - FV20585. Jelikož řešení obou projektů je založeno na konceptu řízení rizik ve prospěch integrální bezpečnosti, tak některé pasáže ve čtyřech článcích jsou podobné.

Velký dík patří recenzentům publikace panu *Doc. Ing. Václavu Beranovi, DrSc.*, panu *doc. RNDr. Jiřímu Demelovi, CSc.* a panu *RNDr. Janu Procházkovi, Ph.D.*, kteří uvedli konkrétní připomínky ke každému článku publikace a u článků, které vyžadovaly vážné úpravy, provedli ještě kontrolu článků po zapracování připomínek autory. Dík patří řadě autorů za zapracování připomínek editora a recenzentů.

Speciální poděkování editora patří pracovníkům z vedení ČVUT, fakulty dopravní za vytvoření podmínek pro konání semináře. Ocenění editora patří také ČVUT, Kloknerovu ústavu za podporu semináře.

SUMMARY

The publication "*Management of risks of processes associated with the technical facilities*" contains 33 papers of a seminar, organised by the Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences in Praha 2, Horská 3, on November 29, 2018. The topics of the seminar:

- work with risks (identification, analysis, assessment, judgement, management, settlement),
- control of risks relating to the preparation of the technical facilities,
- control of risks associated with sitting, design, planning and construction of technical facilities,
- control of risks associated with the operation of the technical facilities,
- control of risks associated with the termination of the technical facilities.

The objectives of the seminar: a summary of current knowledge, exchange of practical experience and cooperation in the management and settlement of risks with aim to enhance the safety and the competitiveness of the technical facilities in the Czech Republic.

The articles in the publication have been reviewed and based on the recommendations of the reviewers, they are divided into four professional sections and section information. In each section they are arranged in alphabetical order according to family name of the first author with regard to the number of authors. The professional sections:

1. The work with risks aimed to the safety of human system.
2. The risks and their management aimed at traffic safety.
3. The risks and their management aimed at the safety of bridges.
4. The risks and their management aimed at the safety of the technical facilities.

A group of articles contains the results of two projects solved by the Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences: RIRIZIBE - Management of Risks and Safety of Complex Technical Facilities - CZ. 02.2.69/0.0/0.0/16-018/0002649; and Operational Methods for Monitoring, Prediction of Service Life of Bridges and Ensuring the Safe Bridges - FV20585. Since the solution of both projects is based on the concept of risk management for the benefit of integral safety, so some passages in four articles are similar.

PRÁCE S RIZIKY ZACÍLENÁ NA BEZPEČNOST LIDSKÉHO SYSTÉMU

RIZIKA EKONOMIKY ROZVOJE ÚZEMÍ

RISK OF ECONOMY OF REGIONAL DEVELOPMENT

Václav Beran¹⁾, Petr Dlask²⁾, Ivana Faltová Leitmanová³⁾

ČVUT v Praze a JČU v Českých Budějovicích

Abstrakt: Rizika ohrožují rozvoj. Modality situace jsou známé: havárie, destrukce a další. Nepřehledné bývají důvody, pro které k nebezpečným jevům došlo a jakou roli účastníci sehráli. Bezpečnost, jako taková, vychází téměř vždy ze známého stavu. Je v jistém smyslu pomyslnou inverzní funkcí k vytváření inovace, nového návrhu, řešení, navrhování. Jedná se o pohled uplatňovaný v technických disciplínách. Ekonomický náhled vychází vesměs z *produkčních* funkcí a na druhé straně z pohledu a představ, jimiž se regulují a řídí ex ante rizika.

Klíčová slova: zadání; technické dílo; investice; doba výstavby; doba užívání investice; LCC; ekonomika rizik.

Abstract: Risks threaten development. The modality of the situation is known: accidents, destructions and so on. Confusing there are the reasons for which the hazardous phenomena occurred and what role the participants played. Safety, as such, is based on nearly always from a known state. It is in a sense an imaginary inverse function for creation the innovation, new design, solution, design. This is a view that is applied in technical disciplines. Economic preview is based on all of the functions of production and, on the other hand, from the point of view and ideas, by which risks regulate and control ex ante.

Key words: assignment; technical facility; investment; construction period; duration of investment use; LCC; economy of risks.

1. Úvod

Každý projekt, který je svojí věcnou podstatou vázán na materiální bázi, obsahuje dvě základní složky. První složkou je dostupný ekonomický rámec, druhou složkou je vitální technický obsah. Projekty, které nevykazují v jedné, nebo druhé složce vyhovující parametry selhávají.

¹⁾ Doc., Ing., DrSc., beranvac@fd.cvut.cz

²⁾ Doc., Ing., Ph.D., dlask@fsv.cvut.cz

³⁾ Doc., Ing., Ph.D., leitman@ef.jcu.cz

Symptomy narušených základních ekonomických pravidel při navrhování technických řešení jsou časté, parciálně se vyskytují téměř u všech projektů. Mezi dominantní indikátory patří nákladnost, rizikovost, nedodržení termínů přípravy nebo zhotovení, zkrácení životnosti, expandující náročnost na údržbu a obnovu v průběhu životního cyklu projektu, nebo poškozování zájmů třetích subjektů, životního prostředí a další. Výčet je přehledem avíz fenoménu havarovaného technickoekonomického (*dále jen TE*) řešení.

Kritické faktory TE řešení jsou důležitou otázkou navrhování technického díla. Odpověď na ni zůstává velmi často dlouhodobě otevřená a nedořešená. Pokud její řešení zasáhne ekonomickou bonitu životního cyklu technického díla, je k dispozici pouze jedno řešení: odpisu vytvořeného havarijního závazku. Praktickou realizaci pak řeší sanace ekonomického dluhu a sanace technického díla jako takového.

Důsledky naznačených situací jsou přerušené realizace investičních projektů, nedokončené liniové stavby, parcelování investičního projektu na dílčí funkční části, zkracování doby životnosti technických řešení a další. V řadě případů nastávají situace, kdy východiskem se stává odstranění technického díla, stavby, zařízení – technologie, investice apod.

Stanovme si minimální komponentu technickoekonomické výnosnosti při navrhování a realizaci technického díla. Dlouhodobý růst výnosnosti TE projektů uváděných do realizace by měl být vyšší, než je existující stav v oboru. Dlouhodobě je uváděna výše (celkové) výnosnosti jako $\beta=5-6\%$, podrobněji [1]; (in original:...there are interesting variations both within Europe and around the World. For instance, β is greater than 6 in Japan and Italy and less than 5 in the United States and Germany.

Každé navrhované TE řešení, které je pod uvedenou hranicí, je určitou promarněnou příležitostí. Skladba (volatilita) výnosů rozsáhlých kapitálových investičních projektů může být pestrá. Nicméně míra výnosů projektů jako celků je významným indikátorem racionality řešení, produktivnosti nasazení vstupních zdrojů. Rozumíme jimi komponenty *materiál, lidé, stroje, energie, informace* [2]. Stručně řečeno, jejich užití v TE návrhu v lepší věcné struktuře, než byla dosahována v minulosti. Pomyslný limit výnosových 5% je, mimo jiné, tvořen zhodnocením technického rozvoje, znalostmi, novými technologiemi a řadou dalších komponent.

Stavebnictví, ačkoli ne zcela synchronizované s jinými odvětvími, rovněž začalo využívat fenomén třetí průmyslové revoluce – internet a jeho aplikace v podnikání. Aktuální rozvoj modelování informací ve stavebnictví dláždí cestu pro integraci dat stejně jako pro konvergenci technologií, čímž vytváří platformu pro spolupráci při navrhování, výstavbě i řízení stavebních projektů [3].

2. Motivace

Rozvoj je proces. Každý proces je formou změny. Vlastností změn je jejich rychlost, urychlování, zpomalování → dynamika. Skutečností zůstává, že standard vypořádání kritických situací (vázaný zejména na ekonomické důsledky rizik), není v současnosti uspokojivý. Monitorování rizik probíhá převážně v režimu *ex-post* a vypořádání rizik v současnosti:

- neváže na regulaci a řízení rizik v režimu současnost, budoucnost,

- příčinná souvislost s důsledky (havárie, ...) je svazována s lokální operativní složkou výskytu události,
- strukturální příčiny a odpovědnost (externality, odpovědnost státu, podrobněji [4]) není silnou stránkou existující praxe řešení ekonomiky rizik [5].

Důsledkem jsou nedořešené situace, nebo vleklá řešení tzv. vyhaslých případů [6]. Bývají označovány jako technická, nebo ekonomická *riziková zombie*. Ekonomika rizik (ER) je petrifikována legislativou a obecně ekonomickým klimatem období, v němž se ekonomická událost odehrála. Rizika a jejich důsledky nejsou izolovanou technickou, ani ekonomickou událostí. Jsou výsledkem celého řetězce návazných procesů. Rizika ekonomiky (*dále jen RE*) vznikají, vyvíjejí a lze je indikovat podle některých aspektů, kdy:

- vytváří prostředí, které preferuje výnosy a podceňuje rizika,
- fixují teorie (technické, ekonomické a další) do verifikovaných exekutivních pozic,
- tolerují důsledky nedodržení/nedodržování základních pravidel ekonomického, nebo věcně technologického chování,
- imunizují [7] veřejnost k toleranci rizik a rizikového chování inflací minoritních krátkodobých ekonomických výhod a devalvací dlouhodobých důsledků.

Určitou motivací pro řešení problémů rizik v ekonomických procesech je skutečnost, že důsledky pomíjení rizik v ekonomice jsou mimořádně:

- územně rozsáhlé,
- finančně/ekonomicky devastující,
- restituce důsledků je vesměs dlouhodobá.

Jsou to RE, která vytváří řádově vyšší ekonomické havárie, než jakými jsou izolované lokální havarijní události. Ilustračním příkladem RE jsou tzv. hospodářské, válečné, populační, finanční, migrační, konflikty, krize apod. Jejich indikujícím symptomem je, že mají téměř vesměs cyklický charakter a neurčitý věcný důvod jejich vzniku. Doprovází je fenomén nejednotného názoru odborné veřejnosti na příčiny. Motivující v uvedeném je skutečnost, že každá krize má svoji ekonomickou komponentu, každá je svázána s materiální technickou podstatou. Jako ilustrační modelový případ mimořádného dopadu ekonomických důsledků selhání je lze uvést velkou finanční krizi 2007/2008. Právně u této vleklé krize byla rizika významně svázána s investičními aktivitami stavebnictví [8]. Indikátory možných katastrofických důsledků byly dlouhodobě ignorovány.

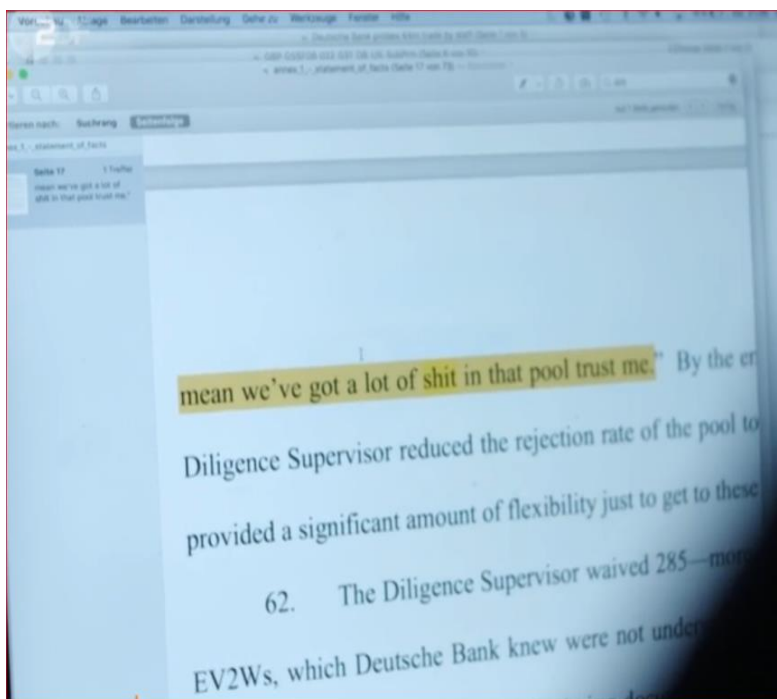
Ekonomika se zabývá hodnotou statků, v moderních dějinách nabývaných stále více z titulu technických a investičních zdrojů. Zároveň s hodnotami však přibývá také rizik: ohrožení, krizí a katastrof, kterým je třeba čelit [9]. Vývoj problémů ekonomie se ubíral v minulém století rozvojem objektivní (nákladové) teorie. Důsledky jsou citelné zejména v oblasti pořizování na ekonomické úsilí náročných statků – čtème jako investic, rozsáhlých projektů, dlouhodobých projektů. Příspěvek se pokouší otevřít diskuzi k otázce jednoho důsledku. Je jím nedodržování vymezeného prostoru *investic v čase a jejich objemu*.

3. Rizika ekonomiky

Existenci rizik ekonomiky je třeba spojovat se snahou maximalizace ekonomických výnosů. Pro zařazení představy o rozdílnosti rizik ekonomického charakteru a rizik technického

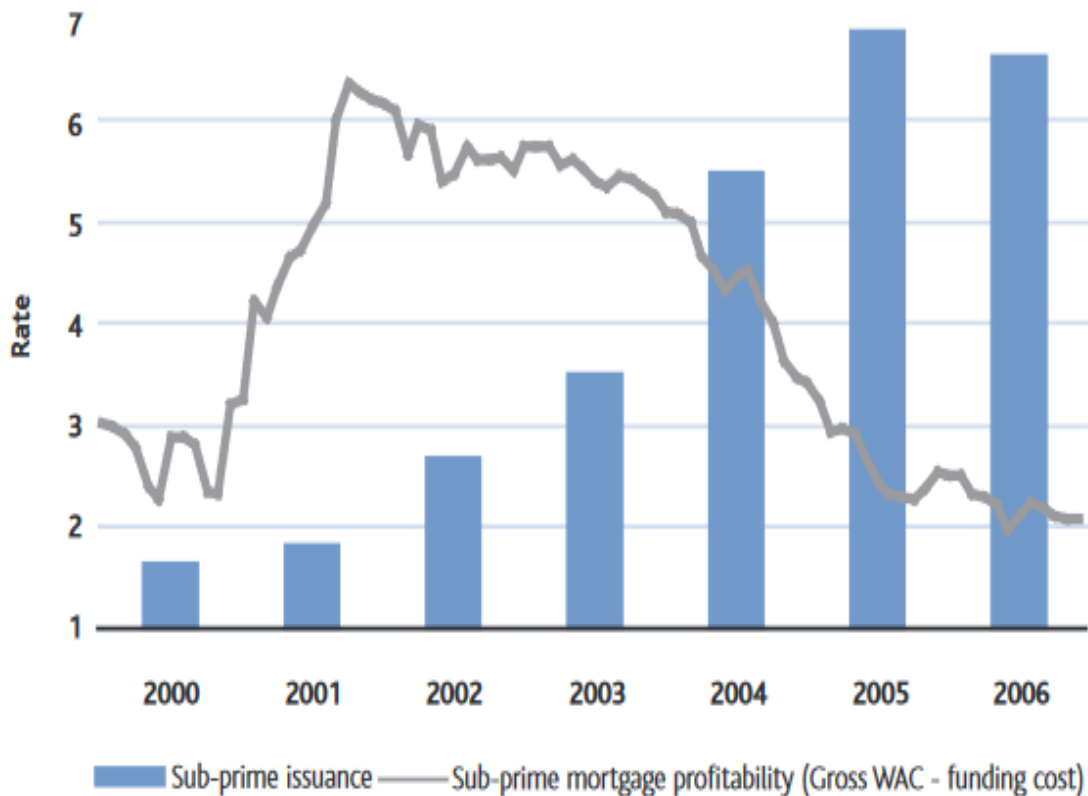
charakteru může posloužit postavení makroekonomiky a technického navrhování v přípravě investic, investování a užívání investičních statků [10]. Materiální technická komponenta je vesměs nezbytností. Vazba na ni, v moderní ekonomice, může být do určité míry přenesená, fiktivní. Expanze rizik je označována za cenovou/poptávkovou bublinu. Krize 2007/2008 bývá označována jako hypoteční krize (HK). Dlouhodobé přehlížení indikátorů rizik bylo pro HK průvodním jevem. Ekonomické havárie jsou svým rozsahem a důsledky velmi devastující. Navíc umožňují praktiky, které vedou k disperzi důsledků, klamavému jednání a přesunům právní odpovědnosti na subjekty, které se stanou zavlčenými delikventy ekonomické havárie.

K uvedené skutečnosti nastává vesměs důkazní nouze. Jako netypický v souvislosti s vyšetřováním vzniku a průběhu HK lze uvést interní materiál DB (Deutsche Bank) uvedený na obrázku 1. Je tak srozumitelný, že jej není třeba při znalosti data jeho vzniku (2005) a následné globální finanční krizi [11], komentovat. Racionální důvody vzniku lze u DB svým způsobem podsunout představě obavy ze ztráty existujícího postavení (druhá nejvýkonnější světová banka), nebo potenciálně dvanáctá při převzetí plné odpovědnosti za hypoteční úvěry.



Obr. 1. Ilustrace jedné globální ekonomické havárie [10].

Snaha těžit z optimistické představy růstu sebou nesla i riziko totálních ztrát. V daném případě byl rizikový kapitál (nemovitosti, rozestavěné stavby, investice technologického charakteru a další) jedním z významných procesů vzniku velké finanční krize 2007/2008. Byl vytvořen nabalující se efekt krizového jevu mimořádného rozsahu. Skutečnost, že indikátory kritického stavu byly k dispozici, ilustruje Obr. 2. Nárůst tzv. bubliny hypotečních úvěrů a s ní spojených finančních efektů zastínil racionální úvahy o přijímaném riziku důsledků. Důsledky pro rozvoj jednotlivých územních celků překonaly očekávání. Od roku 2007 dominový efekt rizik vedl ke krizím mnoha národních ekonomik a rozrostl se na globalizovanou ekonomickou krizi. Reálný propad HDP se v roce 2009 pohybovala u průměrně orientovaných ekonomik na úrovni 0 až -10%, [7].



Source: Deutsche Bank

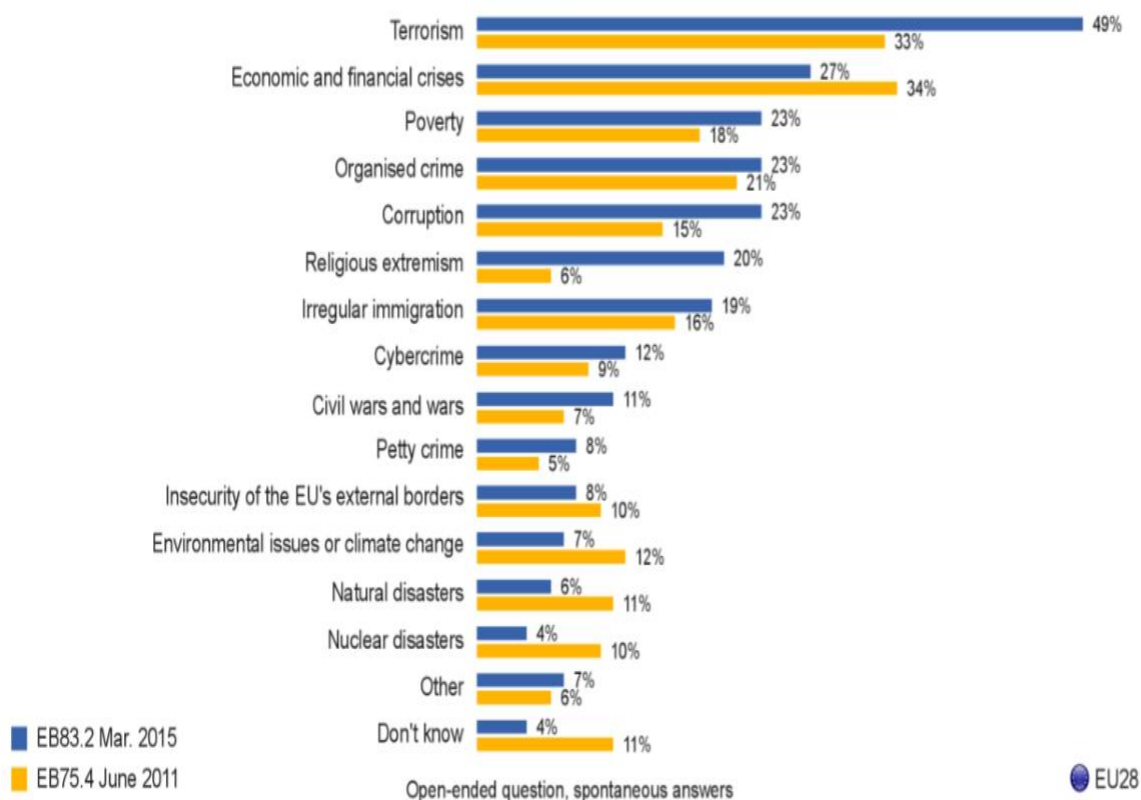
Obr. 2. Poptávka a ziskovost hypoték (*histogram ... vydávání emisí; plná linie ... rentabilita emisí*) [10].

Objem technickoekonomické havárie srovnatelného rozsahu nebyl od konce roku 1945 zaznamenán.

4. Vnímání rizik, racionalita participujících subjektů

Vnímání rizik a racionalita jednání zúčastněných subjektů není silnou stránkou rozhodování v technické ani ekonomické praxi. Tvrzení je typické pro vytváření opatření, která mohou zmírnit, nebo eliminovat, důsledky rizikové situace. Souhra okolností je patrná z průběhu dat na obrázku 2. Vydávání hypotéčních emisí nastupuje po roce 2000, eskaluje strmým nárůstem. Kulminuje v druhé třetině roku 2001. Eskalace poptávky nicméně pokračuje ještě v roce 2005 a zůstává na vysoké úrovni i v roce 2006. Jedná se o stav, který není racionální. Rentabilita výnosů propadla již v roce 2005 na/pod úroveň roku 2000. Uvedené situace jsou součástí pokrývání rizik v oblasti finanční tak zvanými řídce se vyskytujícími krizovými jevy. Některé se daří překonat [10], jiné vedou k izolovaným ztrátám, jiné ke krizovému dominovému efektu. Vnímání rizik veřejností je předmětem sledování Eurostatu a celé řady národních institucí. Určitý přehled přináší data soustředěná z EU 28 [12] a uvedená dále na obrázku 3. Veřejností vnímaná ohrožení bezpečnosti v EU. [12] Skutečností je, že jednotlivá rizika se vyskytují zřídka. Ve většině případů dochází k jejich souběhu a výsledná expozice riziku je neúměrně vysoká.

A2. What do you think are the most important challenges to the security of EU citizens at the moment? (MAX. 3 ANSWERS)



Obr. 3. Veřejností vnímaná ohrožení bezpečnosti v EU [11].

5. Metoda – investiční projekty

Předmětem zájmu technickoekonomicky orientovaných účastníků krizových situací jsou vesměs důsledky pro materiální podstatu krizové situace. Autor monografie [1] zdůrazňuje dlouhodobě trvající nerovnost $s > g$, kde: g je míra růstu; a s je míra úspor (výnosů), jako kritickou a dlouhodobě neudržitelnou disparitu. Situace, kde nerovnost $s \gg g$ výrazně ekonomice dominuje, poškozuje schopnost hospodářského celku vytvářet výstupy. Označme výstupy jako Y a poskytnutý kapitál symbolem K . Autor se zamýšlí, a dokládá na rozsáhlých statistických souborech, nad disparitami mezi kapitálem uplatňovaným pro investice ve veřejném a privátním sektoru a kapitálem uplatňovaným v privátní sféře. Zajímavá data ke stavu v ČR přináší i práce [13].

5.1. Vyvážený růst

Pro vyvážený proces růstu platí vztahová rovnost

$$\text{vyčleněné úspory z vytvořených zdrojů v období } t = \text{vyčleněný podíl z kapitálu v období } t \quad (1)$$

$$s Y_t = g K_t \quad (2)$$

kde: s je míra úspor (výnosů), g je míra růstu, Y_t jsou výstupy hospodářského celku v časovém období t , K_t je poskytnutý kapitál uplatňovaný pro investice v časovém období t .

Při naznačeném věcném určení výnosů, respektive úspor, jako odložené spotřeby v aktuálním časovém období t pro účinnější navýšení výstupů Y v $t+1$, pracuje ekonomika s pojmem investic, označíme je jako I_t .

Uváděný vztah, jeho interpretace, nicméně zakládá potřebu odpovědi na následující otázky. Svým způsobem se jedná o vytvoření paralely makroekonomiky do praktikující mikroekonomiky. Meritorní otázky lze formulovat následovně:

1. Jaká je maximální limitní doba návratnosti vložených prostředků (kapitálu)?
2. Jaký je maximální limitní rozsah jednotlivé investice při návrhu a realizaci?

V bodě prvním lze maximální limitní dobu návratnosti vložených prostředků (kapitálu) do investičního projektu t_{max} označit za maximální přípustnou dobu návratnosti vymezenou předpokládanou komerční mírou požadovaných ročních výnosů (návratnosti) i z investice (zde představuje i konstantní míru požadované návratnosti po dobu zatížení realizovaného projektu úvěrem). Obecně lze odpověď k prvnímu bodu promítnout do vztahu (3) jako

$$t_{max} = 1/i \quad (3)$$

Návrhy investičních projektů, které se svými předpoklady k hornímu přípustnému limitu t_{max} přibližují, ztrácí reálné předpoklady pro návratnost vložených prostředků. Nezahrnují a nemohou zahrnovat rizika plynoucí z dlouhé doby trvání realizace projektu, ilustrační příklady uvádí [5]. Odpověď na otázku maximálního přípustného rozsahu investice I_{max} je dána předpokladem o budoucím tržním prostředí, očekávanými výnosy \tilde{v} . Zapišeme ji jako

$$I_{max} = t_{max} \tilde{v} \quad (4)$$

Pokud je vztah (3) vytvářen financující bankou pokrývá míra požadovaných výnosů, čtème ročních splátek úvěru i rozpoznaná rizika z pohledu věřitele financujícího investiční projekt. Bankovní dům shledává nákladové složky a rizika plynoucí z jeho komerční činnosti vůči věřiteli (garance, nákladové složky apod.). Nicméně pro investora a jeho pohled je relevantní požadovaná úroveň i . Přistupují k ní navíc rizika vyplývající z rizikového prostředí realizace investice (rizika technického návrhu, komerčních partnerů realizace, subdodávek, rizika spojená s lokalitou – pracovní síly, geologické podmínky, ...). Shrňme rizika s realizací (pořízením) do parametru r . Vztah (3) je z investorského pohledu doplněn na modifikaci

$$t_{max} = 1/(i+r) \quad (5)$$

Výrazný dopad o extenzi rizik na snížení I_{max} není třeba rozebírat.

5.2. Charakteristika dat

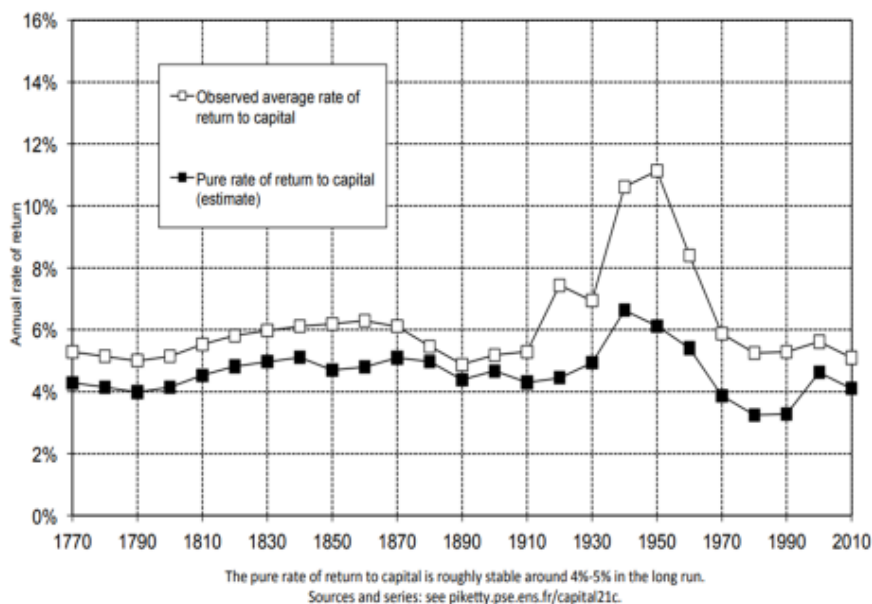
Je skutečností, že nedokončené projekty, přerušené projekty, projekty dokončované velmi pomalým tempem, nedokončené projekty a následně odstraněné tvoří samostatnou kategorii havarovaných investičních aktivit, ilustrativně lze uvést [14,15]. Uvedeným investičním projektům dominuje v příčinách neúspěšnosti neschopnost naplnit požadavky vztahu (3), (5) a následně splnit omezení (4). Vzniká tak prostor pro rozvíjení se rizik a podceňování jejich výsledných dopadů. V makroekonomické sféře jsou pro země EU data dostupná.

Postižení investiční krizí EU 28 je dokumentováno v Eurostatu od jejího počátku v období 2007/2008 do 2017. Krizový pokles postupoval v 24 z 28 zemí EU s různou intenzitou. Snížení investic v EU činí/činilo průměrně 2,3% ročně. Objem investic degradoval na úroveň 20,1% z HDP v roce 2017, a na 22,4% oproti 2007. Největší důsledky nesou východní a jižní

země EU. Pokles investic jako indikátoru rozvoje byl výrazný. Litva na 19,9% k HDP (oproti 36,4% v roce 2007). Propad investic Řecka klesl na 13,4%, Estonska na 12,9%, Rumunsko 12,5% a Španělska na 10,4%. Růst investic dosahují Švédsko 1%, Rakousko 0,6% a Německo 0,2%. Podíl investic k HDP je v ČR nejvyšší v EU (25,2%), druhým nejvyšším podílem disponuje Švédsko, 24,9% a Estonsko 23,7%. [16].

Ve vztahu (2) jsou podstatné míry výnosů z kapitálu g a míry úspor z výstupů Y . Jednotlivé investiční projekty (na úrovni podnikatelské sféry a veřejné správy) jsou navázány na míru návratnosti kapitálu prostřednictvím úvěrových mechanismů. Charakterizuje je komerční míra poskytovatelem úvěrů požadovaných výnosů (návratnosti) i z úvěru. Ve složce i je zahrnuta složka *rizik* technické a komerční části projektu (zisk, administrativní náklady, ...). Čtěme uvedenou větu jako: bankou nesené náklady a jejich rizika z poskytovaného úvěru.

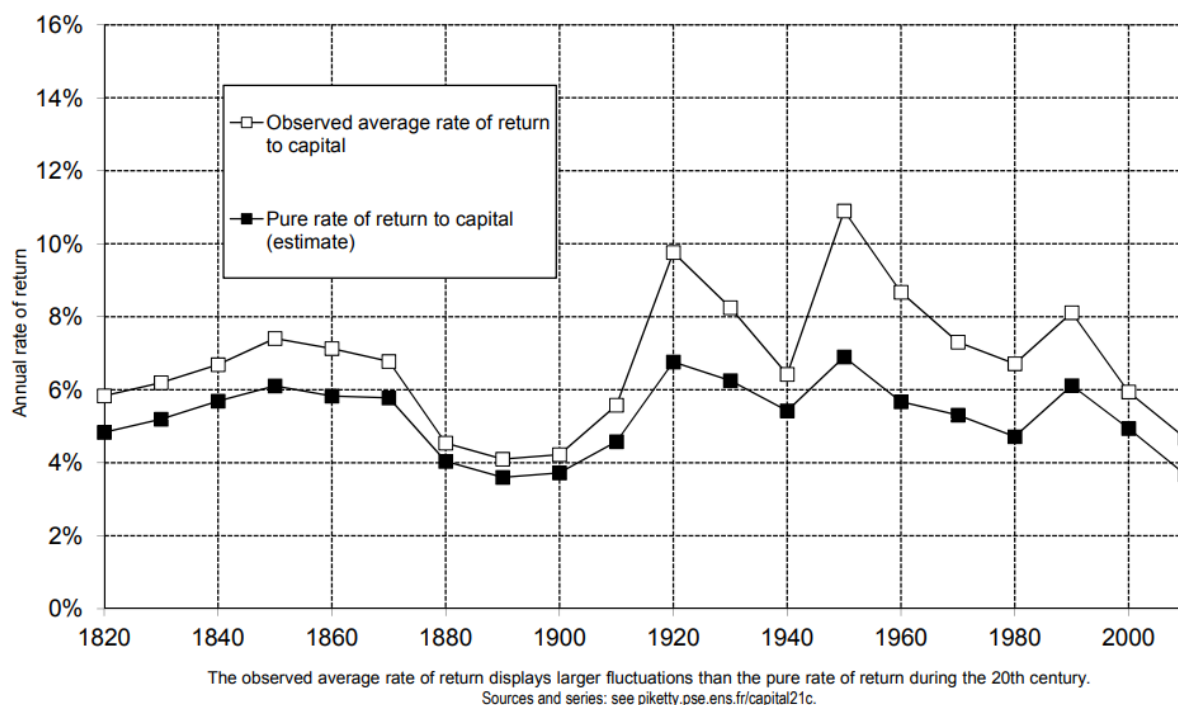
Čisté % výnosů z kapitálu dokládá Piketty v [1], v Británii v období 1770-2010 a Francii (1820-2010). Volatilita a průběh dat grafů – obrázek 4: *Čistý výnos z kapitálu v Británii, 1770-2010*, a obrázek 5 ve Francii, je meziročně v současnosti relativně nízká.



Obr. 4. Čistá míra výnosů z kapitálu v Británii, 1770-2010 [17].

6. Výsledky a diskuse k aplikaci - příklad

Je skutečností, že míra výnosů z vkládaného kapitálu do investičních projektů je výslednicí vlivů, jako jsou rizika, nejistoty, neurčitosti, volatilita a další. Každý projekt je, má být, oproti uvedeným aspektům chráněn. Podrobněji zpřístupňuje myšlenku managementu rizik revize ISO 31000:2018 v brožurě vydané sekretariátem ISO [9], volně dostupná na web ISO. Z makroekonomického pohledu je rozsah rizik pro jednotlivé ekonomiky patrný z disparit mezi sazbami, za které si obchodní banky mohou půjčit u centrální banky finanční prostředky oproti zástavě cenných papírů (Dříve používaný název lombardní úvěr, v současnosti je užíván název marginální zápůjční facilitata). ČNB 26. 9. 2018 rozhodla o zvýšení tzv. lombardní sazby na 2,50 % a diskontní sazby na 0,50 %. Podrobnější informace pro ČR [18].



Obr. 5. Čistá míra výnosů z kapitálu ve Francii, 1820-2010 [17].

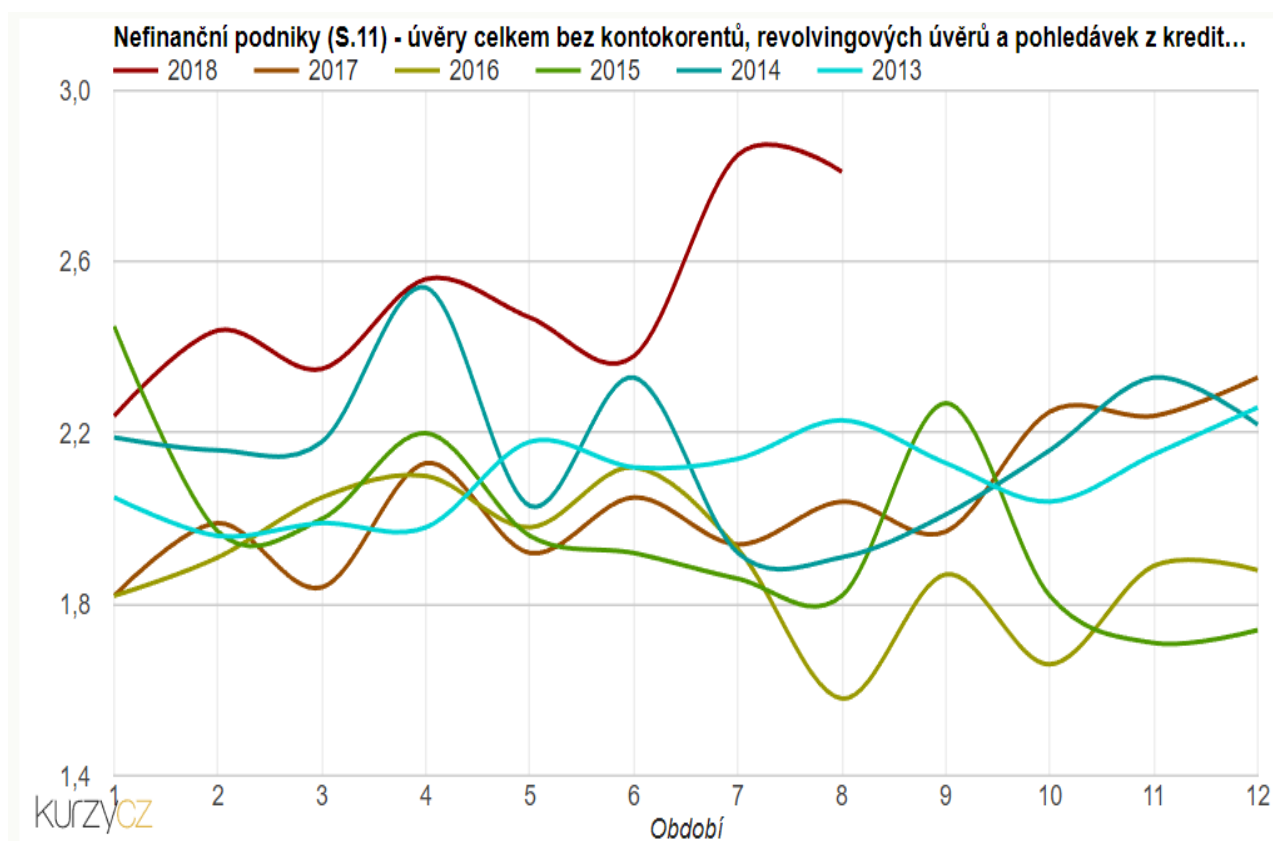
Rozdíl mezi úrokovou sazbou komerčně poskytovaného úvěru bankou tzv. nefinančnímu podniku (například pro financování investice) a tzv. lombardní sazbou národní banky je věcným zajištěním aktivit oproti různým formám *rizik* v průběhu financování investice.

Zdroj *kurzy.cz* uvádí meziroční srovnání % požadovaných úroků pro roky 2013 až 2018, podrobně v datech k obrázku 6 [18]. Jako ilustrační příklad investice financované z hypotéčního úvěru současného období lze uvést rozsah dotčených nákladových faktorů poskytovatele úvěru, jako rizikovou komponentu (*RK*) o rozsahu

$$\Delta_{RK} = \text{Sazba poskytovatele úvěru } (\dot{U}) - \text{Lombardní sazba } (LS) \quad (5)$$

Současný stav pro *RK* se pohybuje na úrovni $4,00 - 2,50 = 1,50\%$ z poskytnutého úvěru. Rozumíme rozpětí tak, že výsledná sazba (požadovaný úrok) poskytovatelem úvěru promítá zatížení riziky, režii, přímými náklady, ..., k tíži dlužníka (100%). Rozpětí k lombardní sazbě je komerčním pokrytím zájmů poskytovatele. Nicméně vyjádřeno v procentním rozsahu $1,5\%/4,00\% \Rightarrow 37,5\%$ je podíl finanční služby vysoký. Při aplikaci vztahu (4) činí mezní doba požadované návratnosti úvěru (z titulu pohledu komerčního financování), například $t_{max} = 100,00\%/4,00\% = 25$ roků naopak optimistický; (rámcově užitá data pro obrázky 4 – 6).

Vezměme v úvahu dříve uvedený vztah (5). Navýšme úrokovou míru získanou od financující komerční banky o rizika realizace technického projektu *r* v průběhu jeho doby splácení úvěru. Předpokládejme, v aktuální ekonomické situaci, že komponentu *r* ohodnotíme na úrovni 6%. Získáme limit realizujícího investora t_{max} na úrovni 10 roků nepřekročitelné doby návratnosti a následně výrazně redukovaný přípustný investiční rozsah I_{max} .



Obr. 6. Nefinanční podniky (S.11) – úvěry celkem (bez kontokorentů, revolvingových úvěrů a pohledávek z kreditních karet) – meziroční srovnání [17].

7. Závěr

Management rizik, ve smyslu průvodce ISO 31000:2018 Management rizik [8] prezentuje zásady a rámec pro řízení rizik. Věcně, nikoliv formálně, je pokryta otázka rizik ve vztazích v bankovním sektoru. Rozumíme pokrytím vztah národních bank a jednotlivých finančních institucí – komerčních bankovních subjektů. Navazující vztah komerční bankovní instituce a komerčního subjektu realizující investiční projekt ponechává rizika volně k vypořádání vztahů mezi investorem(ry), realizátory a projektanty technického díla. Obecně se jedná o složitou otázku ekonomické teorie, podrobněji např. Holman [19].

Doplňme uváděný závěr o poznámku. Vztah financování investic z veřejných prostředků má obecně uplatňovat srovnatelná pravidla a ekonomické zákonitosti jako ekonomika privátního sektoru. V tomto smyslu havarovaných investic je mnoho.

Je pravda, že překračovat t_{max} a I_{max} je vnímáno v privátním i veřejném sektoru jako nežádoucí. Není pravda, že by měl být promíjen jako bagatelní prohřešek. Pravdou je, že jednotlivá rizika (havárie, požáry, dílčí destrukce, a další) jsou svým rozsahem hluboko pod mírou ekonomického poškození projektu z pohledu nedodržených limitů t_{max} a I_{max} . Narušují celou ekonomickou dynamiku projektu, integrovanou ekonomiku životního cyklu (IE-LCC).

Literatura

- [1] PIKETTY, T. *Capital in the Twenty-First Century*. Cambridge: Harvard University Press, 2017.
- [2] BERAN, V. *Ekonomika správy majetku*. Praha: ČVUT 2007, 135p.
- [3] ASHWORTH, A., PERERA, S. *Cost Studies of Buildings*. New York: Routledge 2015, 584p.
- [4] ČR. *Zákon č. 183, 2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. <https://zakonyprolidi.cz/>.
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D. *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. Praha: ČVUT v Praze 2017, 297p.
- [6] MATES, P., SEVERA, J. *Odpovědnost státu za výkon veřejné moci*. Praha: Leges, 2014, 176p.
- [7] CIA. Central Intelligence Agency. *The World Factbook*. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>.
- [8] BERAN, V., DLASK, P. *Management udržitelného rozvoje regionů, sídel a obcí*. Praha: Academia 2005, 360p.
- [9] ISO. *ISO 31000 - Risk management*. Geneve: ISO Central Secretariat, 2018.
- [10] KUDA, F., BERAN, V., DLASK, P., WERNEROVÁ, E. *Management ekonomiky správy majetku*. Praha: Professional Publishing, 2018, 280p.
- [11] WEAVER, K. *The Sub-prime Mortgage Crisis: a Synopsis. Global Securitisation and Structured Finance 2008*. Deutsche Bank, 2008. http://www.globalsecuritisation.com/08_GBP/GBP_GSSF08_022_031_DB_US_SubPrm.pdf.
- [12] EC. *Special Eurobarometer 432 - Europeans' Attitudes Towards Security*. Brussels: European Commission, Directorate-General for Communication, 2015.
- [13] DUBSKÁ, D. *Hmotné bohatství v České republice: posiluje ho vývoj na realitním trhu?* Praha: Český statistický úřad, 2014.
- [14] INTERNET. *Knowledge Feed. YouTube. 12 Biggest Unfinished Construction Projects*. Knowledge Feed, www.youtube.com/watch?reload=9&v=YO1h_8k94NA.
- [15] INTERNET. *American Eye. Abandoned Construction Projects*. youtube.com/watch?v=pLS0xiCC9ZU.
- [16] NORMAND, G. *EU Economies Hit by Collapse in Investment, New Data Shows*. *LA Tribune. Euro and Finance*, 2018.
- [17] <http://piketty.pse.ens.fr>
- [17] <http://www.kurzy.cz/>. *Úrokové sazby úvěrů dle fixace*. https://cs.wikipedia.org/wiki/%C3%9Arokov%C3%A1_sazba#/media/File:Sazby-dle-fixace.png.
- [18] HOLMAN, R. a kol. *Dějiny ekonomického myšlení*. Praha: C. H. Beck 2005, 540p.

ŘÍZENÍ RIZIKA V ÚZEMÍ

RISK MANAGEMENT IN TERRITORY

Karel Maier^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: Rozvojem nových technologií a v poslední době též dopady klimatických změn narůstá význam rizik pohrom s nimi spojených. Protože nelze zajistit stoprocentní ochranu před pohromami, hledá se „přijatelné riziko“. Jeho přijatelnost ale není věcí pouze expertních metodami, protože má i sociální a politickou dimenzi. Praxe posuzování rizik nicméně převážně zůstává věcí expertů. Územní rozměr rizik může být výrazně omezen prostorovým (strategickým a územním) plánováním, které aplikuje řadu limitů využití území. Pro hodnocení možných rizik projektů a koncepcí na životní prostředí ex ante jsou vyžadovány procesy EIA a SEA. Účast ne-expertů má podobu veřejných projednání odborných posudků vlivů.

Klíčová slova: řízení rizika, prostorové plánování, EIA, SEA.

Abstract: Development of new technologies and lately also impacts of climatic changes increase the importance of disaster risks connected to them. As a complete protection against disasters cannot be guaranteed, a “acceptable risk” is sought for. Its acceptance is however not only an expert issue, containing also social and political dimension. Nevertheless, the practice of risk assessment mostly remains in the expert domain. The territorial dimension of risks may be significantly reduced by spatial (strategic and land-use) planning, with application of land-use controls. Potential risks of projects and strategies and their impact on environment is assessed ex-ante by the EIA and SEA procedures. Non-expert participation consists in public hearings on experts’ reports on impact.

Key words: risk management, spatial planning, EIA, SEA.

1. Úvod

V posledních zhruba pěti desetiletích zaznamenáváme nástup a prudký rozvoj nových technologií a růst velikosti projektů včetně jejich dopadů. Současně s tím ale získáváme i zkušenost velkých havárií a přírodních katastrof. Diskutuje se koncept rizikové společnosti, která se rozvíjí za cenu narůstajících nejistot o dopadech tohoto rozvoje. Mezi krajními pojetími

^{*)} Prof., Ing. arch., CSc., maier@fa.cvut.cz

předběžné opatrnosti a víry v technologický pokrok, který časem eliminuje všechna rizika, jež technologie vytvářejí, se hledá jakési optimum „přijatelného rizika“, rovnováhy mezi (ekonomickými) hodnotami, které technologický pokrok přináší, a riziky, která vyvolává. Expertní metody pro hodnocení takto pojímaného přijatelného rizika ale narážejí na řadu problémů: nedokáží postihnout všechna možná rizika technologií, zejména těch, které dosud nejsou prakticky aplikovány; nedokážou důvěryhodně vyčíslit a přijatelně ocenit absolutní hodnoty lidského života a zdraví; podceňují spoluúčast lidského faktoru při selhání technologických systémů i vzniku a průběhu přírodních katastrof; a v neposlední řadě budí (někdy oprávněnou) nedůvěru laické i části odborné veřejnosti.

Neuspokojivé, společensky nepřijímané výsledky praxe expertního posuzování a hodnocení technologických rizik postaveného na principu porovnávání přínosů a možných hrozeb nutí k hledání postupů, které by vedle expertního posouzení do procesu hodnocení zapojily širší okruh ne-odborníků ve vztahu k samotné technologii, kteří by do procesu posuzování a vyhodnocování mohli vnést svoji ne-technickou zkušenost a posílit tak i jeho věrohodnost vůči široké veřejnosti.

V další části se příspěvek věnuje možnostem, jak přispívá a může přispět k managementu rizik v území spojených s pohromami systém plánování a ex-ante hodnocení vlivů koncepcí a projektů.

2. Pojmy a definice

2.1. Riziko

Riziko obecně označuje možnost (nějakou pravděpodobnost) ztráty nějaké hodnoty; záměrnou interakci s nejistotou [1]. Práce [2] riziko definuje jako míru nepřijatelných dopadů způsobených pohromou o velikosti rovné velikosti ohrožení. V kontextu bezpečnostních věd je definováno jako období existence studovaného systému (např. společnosti, infrastruktury, technologie) v němž se skutečně začínají projevovat příznaky plynoucí z kritické fáze vývoje systému [3].

Rizika z hlediska prostředí, v němž vznikají, lze dělit na přírodní, technologická, organizační, zneužití / útok, sociální (stigmatizace, sociální degradace dotčeného území) a v neposlední řadě rizika „měkká“ vnímaná, včetně záměrných dezinformací.

2.2. Pohroma (katastrofa, havárie) / disaster

Událost, která nastává v důsledku lidské nebo přírodní činnosti a ničivě postihuje přírodu nebo společnost. Jedná se o nečekanou událost velkého rozsahu, která negativním způsobem pozměňuje předchozí stav prostředí. Jejím důsledkem je porucha, rozvrat nebo rozrušení funkcionality systému (krajiny, komunity, společnosti) v takové míře a s takovými důsledky, které systém sám o sobě není schopen bezprostředně zvládnout [4]. Má věcnou podstatu a je zdrojem rizik pro chráněné zájmy [2].

Přírodní pohroma je událost, která splňuje alespoň jedno z kritérií: (1) zahynulo deset a více osob; (2) zasaženo bylo sto a více osob; (3) stát vyhlásil krizový stav; (4) je vyžadována mezinárodní humanitární pomoc [5]. Přírodní pohromy se dále dělí na kosmické (hypernova, impakt mimozemského tělesa, sluneční erupce), meteorologické (blizzard, bouřka, krupobití, vedro, sucho, tornádo, tropická bouře a hurikán, extrémní mráz), geologické (sesuv, sopečná erupce, lavina, závrt, zemětřesení, tsunami, lahar / sopečný bahnotok), ostatní (epidemie a pandemie, hladomor, kobylky, povodeň, požár).

Antropogenní pohromy vznikají jako přímý důsledek činnosti člověka, Dělí se na průmyslové katastrofy (jaderná, chemická), dopravní nehody (letecká, silniční, železniční, lodní, kosmická), násilné jednání (válka, teroristický útok, žhářství), výpadky infrastruktur (energetické a telekomunikační, zásobování vodou, odpadové hospodářství).

Bezprostřední dopady pohromy se mohou týkat životů a zdraví lidí i zvířat, mohou být zničeny stavby a technologie. Pohroma ale může též dopadnout na celkový stav životního prostředí v podobě znečištění / kontaminace ovzduší, vody a půdy, ztráty či snížení ekologické stability; může ovlivnit soudržnost lidského společenství a v neposlední řadě může devastovat ekonomiky ztrátou hospodářských kapacit a výkonu, ztrátou pracovních příležitostí anebo zhoršením konkurenceschopnosti postiženého regionu.

Tradiční pojetí vnímalo (zejména přírodní) pohromy jako cosi přicházející zevně, mimo lidskou kontrolu, a tudíž nepředvídatelného, neodvratitelného a neovlivnitelného. Toto pojetí se přeneslo v průmyslové revoluci i do vnímání technologických havárií. V posledním cca půlstoletí ale hlubší analýza některých konkrétních případů přírodních pohrom a technologických havárií prokazuje, že lidská aktivita je přinejmenším jedním ze závažných faktorů přispívajících nebo omezujících vznik rizik i jejich naplnění v podobě pohrom. Člověk tedy může rizika i jejich důsledky ovlivnit a má svůj podíl zodpovědnosti za pohromy [6].

2.3. Pružná odolnost / resilience

„Schopnost systému zvládnout dopady dané pohromy, jejíž velikost působí dopady o velikosti, které jsou kolem meze odolnosti systému“ [2]. Etymologie pojmu pružná odolnost jako překlad anglického resilience (používaného i v češtině) naznačuje, že se jedná o vlastnost systému navrátit se poté, co došlo k jeho narušení v důsledku (vnější) disturbance – tedy katastrofy či havárie – do předchozího stavu [6]. Toto pojetí „bouncing back“ je ale často zpochybňováno, protože zvláště velké katastrofy a havárie pozmění fyzické životní, ekonomické či sociální prostředí natolik, že návrat do původního stavu je nemožný či nežádoucí [7].

Pod pojmem pružné odolnosti (resilience) se rozumí jak schopnost systému odrazit úder představovaný technologickou havárií nebo přírodní katastrofou („bouncing back“) a/nebo se z něj zotavit, tak i preventivní úprava systému, aby v co největší míře riziko snížil a aby v případě havárie či katastrofy byly důsledky co nejmenší („bouncing forward“). V kontextu rostoucího významu agendy rizik se stává ústředním tématem odolnost sídel, sídelních systémů a krajiny ústředním tématem také pro prostorové / územní plánování a management, a to jak ve smyslu preventivního snižování míry rizik respektive jejich dopadů, tak i posilování jejich schopnosti se s následky případné technologické havárie či přírodní katastrofy vypořádat.

Tím, že se pojem pružné odolnosti stal ústředním tématem debaty o zvládnání katastrof, změnil se celý přístup k rizikovému managementu. Manyena [8] píše o „zrození nové kultury odpovědi na pohromy, spočívající ve zlepšeném porozumění rizikům a zranitelnosti a přesunu ústřední pozornosti ze zvládnání mimořádných situací k rozvoji pružné odolnosti“. Tato změna přístupu proběhla nejprve v teoretických pracích a postupně byla reflektována i v praktických politikách a opatření vlád.

Pro osídlení a sídla je klíčovým pojmem robustnost sídelních systémů a struktur a infrastruktur, z nichž se sestávají. Ta spočívá v jejich schopnosti odolat účinkům hrozícího nebezpečí popřípadě jejich dopady zmírnit natolik, aby byla možná co nejrychlejší obnova jejich funkcionality [9]. Pod pružnou odolností osídlení a sídel lze rozumět rovnováhu mezi

robustností prostorových struktur a infrastruktur, tedy mezi jejich schopností uchránit se před dopady katastrof na jedné straně, a na druhé straně jejich schopností adaptovat se na změny, jež v důsledku katastrofy nastaly [9]. Jelikož rizika a katastrofy nelze eliminovat, společnost se musí na tyto situace v předstihu připravit, přizpůsobit jim svoje prostorové struktury a infrastruktury a vytvořit si odolnost vůči dopadům pohrom na ně.

3. Technologická rizika jako jeden ze zdrojů rizikové společnosti

Rizika předindustriálních společenství byla vcelku jasně vymezena věcně, časově a prostorově – tedy bylo zřejmé, čeho se týkají, v jakém čase a místě k nim dochází. Spektrum rizik bylo více méně konečné a vyhraněné a souviselo převážně s přírodními ději. V industriální společnosti se objevuje a stále rozšiřuje spektrum rizik a posiluje se podíl rizik vytvářených lidskou činností. Dopad jednotlivých rizik se územně i časově rozšiřuje a dochází k synergii jednotlivých rizik. Riziková společnost pojmenovaná Ulrichem Beckem [10], do níž podle tohoto autora vstupujeme (popřípadě jsme do ní od data publikace 1986 již vstoupili), spočívá ve všudypřítomnosti rizik, jejich obecně obtížném postižení, pojmenování, vymezení.

„Bídě se dá zamezit, nebezpečí atomového věku nikoliv“ konstatuje Beck [10]. „Proti hrozbám vnější přírody jsme se naučili stavět chýše a shromažďovat poznatky. Industriálním hrozbám oné druhé přírody [vytvořené a podmíněné činností člověka], včleněné do industriálního systému, jsme vydáni všanc téměř bez ochrany“ [10]. „Zatímco v industriální společnosti „logika“ produkce bohatství dominuje nad „logikou“ produkce rizika, v rizikové společnosti se tento poměr převrací [10]. Zisk moci spjatý s technickoekonomickým pokrokem je ve stále větší míře zastíňován produkcí rizik. Ta se pouze v raném stadiu nechají legitimizovat jako „latentní vedlejší účinky“ [10].

Technologický pokrok dovedl naše uvažování o technologických rizicích ke dvěma zcela protichůdným závěrům. Na jedné straně žijeme v nejbezpečnějších časech celé historie, kdy výrazně vzrostla délka lidského života a jeho kvalita zejména ve smyslu hmotného zabezpečení a dostupnosti a kvality lékařské péče. Na druhé straně technologický pokrok a rozsah změn, které technologický pokrok způsobuje v přírodním prostředí a zprostředkovaně i ve společnosti, vytváří nové zdroje rizik a ohrožení života vyvolaných nejrůznějšími druhy znečištění prostředí v nejširším smyslu, včetně vyčerpání a devastace přírodních zdrojů. Podle [10] během exponenciálního růstu výrobních sil v procesu modernizace je v dosud nepoznaném rozsahu otevírána cesta rizikům v potenciálním ohrožení.

Od 70. let 20. století narůstalo povědomí o nežádoucích vlivech moderní techniky na životní prostředí. „Cenou zaplacenou za technický pokrok je dramatický růst rizik anebo přinejmenším uvědomění si rizik“ [10]. Environmentalisté / ekologové upozorňovali na to, že vedle vznikajících nových rizik spojených s novými technologiemi a rozsahem jejich použití přistupují i rizika, k nimž dochází synergií mezi impakty jednotlivých technologií v čase a prostoru – například znečišťování půdy a vody odpady, umocněné používáním chemických přípravků ke zvýšení zemědělských výnosů v kombinaci s regulacemi vodotečí. Uvědomění si tohoto rubu technologického pokroku dostává otázku technologické bezpečnosti do popředí politických agend.

Havárie jaderné elektrárny v Černobylu v roce 1986 byla tragickým potvrzením těch nejčernějších obav z eskalace rizik. Jaderná energetika se stala asi nejvýznamnějším střetem mezi technokratickým viděním vycházejícím z osvícenství a pokrokářského optimismu techniků 19. století a environmentalistickým viděním problematiky rizik založeným na

principu předběžné opatrnosti, podle kterého pokud neznáme důsledky rozhodnutí, je třeba počítat s jeho všemi možnými nepřijatelnými dopady. Mezi evropskými zeměmi se vyvinula v politickém procesu celá škála přístupů k jaderné energetice. Zatímco státy střední a východní Evropy a Francie považují jadernou energetiku za strategicky nejprogresivnější.

Politický tlak občanů znepokojených zhoršujícím se životním prostředím a řadou technologických havárií vedl v 80. letech 20. století velké korporace a vlády k poptávce po exaktně odůvodněné optimalizaci nákladů na snížení rizika. Bylo totiž zřejmé, že zejména u nových dosud neproověřených technologií nelze prokázat jejich stoprocentní bezrizikovost. Proto technicky orientovaná věda přichází v poslední třetině 20. století s konceptem „přijatelného rizika“ (acceptable risk) jako kompromisem mezi principem předběžné opatrnosti a vírou ve všemocnost lidského umu a technické dovednosti, které si dokážou se všemi riziky a hrozbami dříve či později poradit.

Namísto modernistického úsilí eliminovat rizika se tak přechází ke konceptu dosažení jejich akceptovatelné míry. Tím téma a problém rizik stále více nabývá vedle (či dokonce namísto) technologického charakteru sociální rozměr a stává se politikem.

Politický diskurs o přijatelném riziku chápe riziko jako mix nebezpečí a příležitosti. Přijetí určité míry rizik je nezbytné, pokud chceme dosáhnout technického pokroku jako podmínky pro další ekonomický růst ale také bohatší a odolnější společnost, která bude mít jak ekonomické, tak i technické prostředky pro zabezpečení vůči budoucím hrozbám. Nutnou podmínkou pro lepší zajištění budoucí bezpečnosti je podstoupit některá rizika spojená se zaváděním nových technologií. Obavy veřejnosti, která z pohledu technokratických a vědeckých představitelů často zveličuje nebezpečí, které nové technologie představují, je třeba vyvrátit objektivním informováním o skutečné míře rizika, které představují, s využitím podrobných vědeckých informací a empiricky podložených fakt. Iracionalitě veřejné debaty musí čelit racionalita vědecky podložených dat a informací. Součástí rizikového managementu se stává „riziková komunikace“ [12].

Snahy exaktně a empiricky vymezit obecně „přijatelné riziko“ tak spíše ukázaly na omezenost technokratického uchopení problému, s důsledky v delegitimaci vědeckého přístupu založeného na přírodních exaktních vědách. Zejména v demokratické společnosti se dostává do popředí sociální a politický rozměr důsledků změn v území a nových technologií jako zdrojů rizik. Zejména analýza rizik spojených s velkými technologickými systémy / komplexy by neměla spočívat v jejich dekompozici na komplikovaný technický systém prvků a jejich vazeb, ale měla by se jimi zabývat spíše jako integrovanou soustavou technicko-institucionálních vztahů zakotvených v historických i současných společenských procesech. Složitě technické procesy jsou funkčně protkány sítí socio-organizačního řízení [13].

4. Hodnocení technologií a rizik

Hodnocení technologií (Technology Assessment, TA) je nástroj, který vychází z předpokladu, že nové technologie se dotýkají nejen jejich přímých uživatelů, ale mají dopad i na široký okruh obyvatel, klientů a společenské dění. Hodnocení technologií a rizik s nimi spojených je tedy vždy výsledkem interakce technologické expertní analýzy / úvahy a společenského procesu vyústujícího do politického rozhodování. Rozvoj technologií je spojen na jedné straně s rostoucí kapacitou rizika eliminovat, zvládat popřípadě minimalizovat, na druhé straně ale vytváří dosud neznámá, neprobádaná, nečekaná a nová rizika.

Hodnocení technologií je vždy zatíženo tzv. Collingridge-ovým dilematem, kdy na jedné straně nikdy nedokážeme zcela předvídat vlivy nových technologií, jejich dopady a rizika s nimi spojená, dokud se technologické zařízení nezačne prakticky používat; na druhé straně ale poté, co se zařízení uvedlo do provozu, je velmi obtížné problematické stránky technologického řešení nějak modifikovat.

Základní metodou hodnocení technologií je zpravidla metoda hodnocení nákladů a užitků (Cost-Benefit Analysis, CBA) například [14,15]. Tato metoda porovnávající co nejširší spektrum efektů posuzovaného systému a jeho dopady na obyvatelstvo, životní prostředí a ekonomiku, naráží v praxi na řadu problémů: jaké náklady a užitky mají být do posouzení zahrnuty, jaké indikátory pro potenciální přínosy anebo nepřijatelné dopady technologie použít, jak vyčíslit „mimotržní“ hodnoty, zejména hodnoty života a zdraví [16]. Metoda CBA se standardně používá pro hodnocení projektů podporovaných strukturálními fondy EU. Obtíže s kvantitativním vyjadřováním „mimotržních“ hodnot se někdy řeší různými bodovacími nebo verbálními hodnoceními.

Expertní hodnocení technologií a jejich rizik je pojímáno jako vědecký model racionálního rozhodování využívá manažerských a technických metod. Cílem analýzy rizik je poskytovat objektivně standardizované kvantitativní informace o spolehlivosti technologie [17]. Riziko je dáno fyzickými vlastnostmi technologie a prostředí. Analýza spočívá ve zjištění možných škod na životech a majetku v případě havárie a pravděpodobnosti selhání, jež vede k havárii. K tomu se celý zkoumaný technologický systém dekonstruuje na jednotlivé komponenty (použité materiály, jejich spoje, pohony, řídicí a zabezpečovací mechanismy atd.), pro každý komponent se zjistí statistická pravděpodobnost selhání a konečně se zjistí vliv vnějšího prostředí na zkoumaný systém. Výsledkem je model postavený na statistickém vyhodnocení všech dílčích pravděpodobností a zřetězení zjištěných rizik versus škody, které havárie vyvolá. Pro nalezení „přijatelného rizika“ se hledají pravidla a standardy, které vyjadřují mez přijatelnosti a které by byly univerzálně použitelné.

Popsaný analytický přístup a na něj navazující technokratická metoda rozhodování předpokládají, že takto zkoumaná a vyhodnocovaná rizika existují odděleně od „iracionálního“ sociálního kontextu, v němž jsou zasazena, tedy od vnímání technologií a jejich rizik veřejností, vlivu médií a politické debaty [12]. Jeho kritika poukazuje na řadu problémů, které Fischer [12] člení na technické a společensko-politické. Technická kritika poukazuje na to, že mechanická dekonstrukce spočívající v rozčlenění na jednotlivé komponenty nevypovídá o chování celku a kvantifikace nutně vyžaduje řadu odhadů založených na nejistých předpokladech. Odborné posouzení se tak dá poměrně snadno zpochybnit, což vyvolává nedůvěru veřejnosti vůči vědě a vědeckým poznatkům jako takovým. Tyto pochybnosti vychylují těžiště celého problému „přijatelného rizika“ z oblasti racionální vědecké technokratické argumentace do společenské a politické sféry.

Ukázalo se tedy, že (zejména) v západní demokratické společnosti spočívá analýza technologického rizika jak v jeho empiricky podpořeném odhadu, tak i ve vnímání přijatelného rizika spojeného s danou technologií společností. Analytici rizik mají problémy především s druhou „větví“ analýzy, tedy s jejich vnímáním společností. Společností, tedy pracovníci a dotčení obyvatelé, posuzují rizikovost zejména velkých a složitých technologických systémů spektrem svých historicky podmíněných zkušeností s tím, jak se chovají instituce, které o těchto systémech rozhodují. Každá jednotlivá událost a každé jednotlivé rozhodnutí je ve skutečnosti zasazeno do kontinua společensko-ekonomického procesu, a ten je integrálním rozměrem rozsáhlého technologického komplexu [12].

O tom, že hodnocení technologických rizik založené pouze na scénářích selhání technologie a materiálů nemůže postačovat, svědčí i poznání, že velmi významnou složku mezi příčinami

technologických havárií představuje lidský faktor, ať už v individuální nebo institucionální podobě. Prakticky na všech velkých technologických haváriích posledních padesáti let se přinejmenším v některé fázi jejich vzniku nebo průběhu podílel lidský faktor – například Bhópál, Černobyl, havárie tankerů. Totéž platí dokonce i pro některé přírodní pohromy: dopady povodní 1998 a 2002 by mohly být daleko menší, kdyby veřejná správa včas proti hrozícímu nebezpečí přijala potřebná opatření. Institucionální a manažerské faktory (selhání institucí a managementu) se tak samy stávají součástí rizik, stejně jako jejich podcenění v technokraticky jednostranném hodnocení rizik na bázi posouzení spolehlivosti technologií a materiálů. Tento fakt samozřejmě dále přispívá k nedůvěře veřejnosti vůči technokratickému pojetí hodnocení rizik.

Je tedy zřejmé, že mínění veřejnosti nelze ignorovat, na druhé straně ale nelze ani očekávat, že laická veřejnost je schopna porozumět komplexní problematice technologických rizik, kterou vlastně nedokáže v jejím celku obsáhnout ani vysoce kvalifikovaní odborníci – specialisté. Problém tedy nelze vyřešit ani organizací jakýchsi informačně participačních fór, kde se přizvaní odborníci snaží veřejnosti osvětlit, jaká rizika jsou s technologickým řešením spojena a jak je technické řešení proti nim zabezpečeno. A už vůbec nevede k výsledku jako „participaci“ použít přesvědčovací kampaň.

Namísto jednostranného vysvětlování potažmo přesvědčování navrhuje Fischer [12] otevřít proces hodnocení rizik ne-expertům. Laici musí být integrováni do procesu jako součást diskuse společenských a institucionálních záležitostí a problémů, na nichž kvantitativní hodnocení technických rizik spočívá.“ Vymezení okruhu „ne-expertů“ by mělo zahrnovat společenské aktéry, kteří užívají výstupy posuzovaných rizikových technologií (například odběratelé chemikálií, kteří tyto technologie potřebují (producenti nebezpečného odpadu) a také ti, kteří přímo v prostředí těchto technologií pracují (zaměstnanci podniku provozujícího rizikovou technologii). Poslední jmenovaný okruh „ne-expertů“ nabývá zvláštního významu, pokud vezmeme v potaz již zmíněný fakt, že v případě složitých technologických komplexů bývá kritickým faktorem jejich bezpečnosti jejich obsluha a údržba.

Přímo dotčení „ne-experti“ mohou také pomoci vyřešit známá problematická místa hodnocení metodou nákladů a užitků (CBA) a multikriteriálních analýz, tedy nástrojů běžně pro hodnocení rizik užívaných. Mohou totiž svojí osobní zainteresovanou volbou pomoci stanovit, jaké rizika jsou ještě přijatelná v konfrontaci s očekávaným užitkem a mohou též přispět ke stanovení vah významnosti jednotlivých faktorů multikriteriálního hodnocení. I pak ale zůstává nezodpovězená zásadní otázka, kolik jsme ochotni vynaložit prostředků do zabezpečení technologie, které (snad) odvrátí nebezpečí obětí na lidských životech v případě havárie. Aktivní účast lidí přímo zainteresovaných a obeznámených s nejrůznějšími místními specifiky „zdola“ může též pomoci modifikovat obecná bezpečnostní opatření tak, aby odpovídala například místním klimatickým a institucionálním podmínkám a zvyklostem, disciplíně pracovníků atd.

Konstruktivní hodnocení technologií (Constructive Technology Assessment, CTA) je metoda vyvinutá holandskou Organizací pro hodnocení technologií. Představuje pokus prolomit začarovaný kruh nekomunikace mezi techniky a veřejností. Metoda usiluje o otevření návrhu technologií tak, jak se vyvíjí. Subjekty zainteresované na užití výstupů technologie („stakeholders“) se účastní jejího vývoje v jednotlivých fázích navrhování / projektování [18,19]. Tím se těžiště problému posuzování rizik posouvá do oblasti mediace, tedy zprostředkování komunikace mezi technickými experty a zainteresovanými subjekty. Do popředí se tak dostává funkce mediátora, který musí být schopen překlenout profesní a zájmové bariéry mezi experty a potenciálními interesanty a vytvořit prostředí inkluzivní komunikace [20].

Žádoucí forma participačního procesu pro posuzování rizik spojených se složitými technologickými systémy se tedy týká především pečlivě vybraného okruhu účastníků a vyžaduje mediaci. Teorie komunikativního plánování navazující na Habermasovskou inkluzivní komunikaci požaduje, aby účastníci měli rovný přístup k informacím a aby jim tyto informace byly podány jim srozumitelnou formou, a aby jejich práva a pozice v procesu vyjednávání byla rovná. Dosáhnout toho ideálního komunikačního prostředí je ale v praxi vlastně nemožné: účastníci nikdy nemají rovnou vyjednávací pozici, někteří z nich jsou na dalších nějak závislí a jejich zdroje informací i schopnost porozumět zjištěním je také nerovná. Jejich participace má tedy charakter politického zápasu, v němž se střetají někdy velmi různé hodnoty zastávané jeho účastníky. Odstranit nebo alespoň zmírnit komunikační bariéry a vytvořit prostředí vzájemného pochopení a spolupráce je velmi obtížná, ale potřebná role mediátora [21]. Tak jak je tomu u všech forem participace na rozhodovacích procesech, nejedná se o nějaký demokratický luxus ani o populistické ponížení přísně vědeckých a racionálních postupů, ale o nezbytné opatření, které může zajistit udržitelnost přípravy velkých, technologicky a časově složitých a zdrojově náročných projektů vůči nestabilnímu politickému prostředí, v nichž se tato příprava odehrává.

5. Opatření ke snížení rizik a k odstranění následků katastrof a havárií

Obecně lze opatření členit na ta, jimiž se snažíme snížit rizika přírodních katastrof nebo selhání technologických systémů vedoucích k haváriím, a na opatření k odstranění či alespoň zmírnění následků takovýchto katastrof a havárií, tabulka 1.

Tabulka 1. Opatření na snížení dopadů při realizaci rizik.

Opatření	Aktivní	Pasivní
preventivní – snížení rizik	<p>technická – návrh a technické zabezpečení technologie</p> <p>organizační – opatření pro zabezpečení bezrizikového provozu</p> <p>procedurální – hodnocení EIA, SEA, CTA</p> <p>„měkká“ – institucionální – robustnost a odolnost institucí, institucionální učení</p> <p>„měkká“ – participace, komunikace a informace pro veřejnost</p>	<p>technická – náhradní nouzové infrastruktury</p> <p>prostorově plánovací – strategické a územní plánování – prostorová dekoncentrace rizikových zařízení, prostorové umístění (minimalizace expozice obyvatel, materiálních hodnot v případě katastrofy / havárie)</p>
následná – odstranění / zmírnění následků	<p>organizační – dostupnost pomoci postiženým, evakuace zasaženého území</p> <p>„měkká“ – informační systém pro veřejnost</p>	<p>organizační – vyklizení zasaženého území, využití náhradních nouzových infrastruktur a dalších kapacit</p> <p>technická – asanace zasaženého území, likvidace havarovaného systému</p>

Ve vztahu preventivních a následných opatření ovšem platí obecný princip, podle kterého je prevence vždy efektivnější nežli následná opatření. V praxi ale často dochází zejména v reakci na proběhlou katastrofu či havárii spíše k rychlým, nákladným a pro veřejnost viditelným opatřením. Preferují se „tvrdé“ projekty k ochraně území a populací před důsledky před dlouhodobými opatřeními spočívajícími v eliminaci rizikových faktorů, jež k pohromě přispívají. Okázalými opatřeními vlády a další orgány veřejné správy dávají (ex post) najevo svoji akceschopnost a schopnost zvládat rizika. Pro koncipování opatření se užívá zpravidla týchž postupů za účasti týchž institucí a mechanismů, jež de facto selhaly v případě právě proběhlé pohromy, a týchž rozhodovacích mechanismů, jež se ukázaly jako dysfunkční. Působí zde setrvačnost institucí, které preferují známé, i když nepříliš účinné nebo málo efektivní před rizikem, že budou muset samy změnit své zaužívané praktiky [22]).

V dalším textu se budeme věnovat především nástrojům, které mají vliv na prevenci – snížení rizik katastrof a havárií, a to nástrojům mimo vlastní technologický komplex a jeho organizační zabezpečení, tedy procedurálním, institucionálním a prostorově plánovacím.

5.1. Institucionální učení

Jako institucionální učení se popisuje proces, v němž instituce / organizace prostřednictvím svých příslušníků akumulují poznatky, zkušenosti a znalosti získané z probíhajících aktivit. Akumulací různých typů vědění svých příslušníků si organizace vytvářejí nové porozumění dané problematice. Výsledkem je, že organizace dlouhodobě mění svoje chování a dosahují vyšší efektivity své činnosti. Pro vytváření znalostí a vědění v managementu rizik mají klíčový význam poznatky z průběhu a odstraňování důsledků katastrof a havárií. Jejich analýza a vyhodnocení jsou zdrojem pro poučenější a efektivnější prostorové plánování v zájmových územích tak, aby tato území byla lépe připravena a efektivněji uzpůsobena možným dalším rizikovým případům. Poučení a přenos informací z jednotlivých případů tak mohou zásadním způsobem ovlivnit přístup k zvyšování odolnosti a posilování pružnosti pro obdobné případy rizik a tím i účinnost příslušných opatření.

5.2. Prostorové plánování jako nástroj ovlivňování rizik v území

Prostorové plánování obsahuje postupy používané především ve veřejném sektoru k ovlivňování rozmístění činností v prostoru do budoucnosti. Jeho cílem je dosáhnout racionálního a udržitelného uspořádání území pomocí rozmístování jednotlivých činností v území (funkcí) a zajišťování jejich vzájemných vazeb a dosažení rovnováhy mezi stavebním rozvojem a ochranou životního prostředí, sociálních a ekonomických cílů. Působí na mezinárodní (EU), přeshraniční, národní, regionální a místní úrovni [23]. Jeho nástroji v České republice jsou

- regionální politika vázaná na strukturální fondy EU,
- strategie rozvoje krajů a strategické plány měst,
- územní plánování.

Postižení komplexity rizik událostí, které spolupůsobí při vzniku pohrom i jejich dopadů na sídla, jejich systémy a infrastruktury vyžaduje multiprofesní přístup a spolupráci. Toto je (mělo by být) institucionalizováno právě strategickým / prostorovým / územním plánováním. Prosazení principu pružné odolnosti přitom může nacházet a uplatňovat výrazně efektivnější řešení a opatření, nežli je tradiční snaha „jednorozměrné“ ochrany, stoprocentní pro stanovenou intenzitu pohromy.

5.3. Strategické plánování

Strategické plánování lze považovat za velmi účinný nástroj pro posilování robustnosti a flexibility území, systémů a infrastruktur v území. Strategické plánování se totiž zabývá formulací strategických rozvojových cílů a klíčovými tématy a kritickými faktory pro jejich dosažení. Výstupy strategického plánování jsou implementovány do jednotlivých akčních plánů a projektů.

Strategické plánování probíhá ve dvou navzájem propojených rovinách: substantivní a procedurální. Substantivní rovina se zabývá cílovou formou a funkcemi v území a zkoumá environmentální, sociální a ekonomický dopad změn, která tento cíl naplňují. Procedurální rovina strategického plánování pak hledá cesty, jak dosáhnout naplnění cílů v součinnosti aktérů změn – vládních a správních orgánů, podnikatelů a investorů, občanů a jejich sdružení.

Jako každé plánování, i strategické plánování je orientováno do budoucnosti, což je spojeno s řadou nejistot týkajících se jak substantivní, tak i procedurální roviny. Plán jako formální výstup strategického plánování je spíše formálním vyjádřením strategických záměrů vzniklých interakcí aktérů plánování. V průběhu implementace ale působením změn vnějšího fyzického, sociálního a ekonomického prostředí dochází k modifikacím strategie, takže se ve výsledku strategie, a tudíž i cíl, odlišuje od původního plánu. Dosahování dlouhodobých strategických cílů je výrazně ovlivněno dílčími oportunními rozhodnutími, které mohou, ale také nemusejí být kompatibilní s formálně vytčenými cíli. Úspěšnost či neúspěšnost strategického plánování ve smyslu dosahování dlouhodobých strategických cílů tedy nelze posuzovat pouze mírou jejich naplňování; spočívá spíše v tom, do jaké míry probíhalo rozhodování na taktické a operativní úrovni s vědomím a odkazem na tyto cíle [24]. Toto je v souvislosti s managementem rizik extrémně důležité.

Strategické plánování může snížit rizika vzniku pohrom prioritací jejich prevence:

- podporou volby a posilováním zastoupení technologií a krajinných úprav vykazujících menší rizika havárií / katastrof,
- upřednostňováním a posilováním robustnosti / flexibility jednotlivých vybraných kritických systémů / infrastruktur,
- koncepcí takového prostorového uspořádání prostorových systémů a infrastruktur, aby byly vůči důsledkům pohrom co nejodolnější.

Strategické plánování tedy může identifikovat prevenci pohrom jako strategický cíl rozvoje, jako klíčové téma, anebo považovat robustnost a flexibilitu prostorových struktur a infrastruktur za obecné kritérium pro všechny záměry v akčních plánech a projektech.

5.4. Územní plánování

Významným nástrojem k posílení pružné odolnosti sídel a osídlení je územní plánování. Jeho smyslem je dosáhnout lepšího prostorového uspořádání než by bylo uspořádání vzniklé spontánně [25]. Podle ISDR [4] je územní a strategické regionální plánování dokonce přirozeným rozšířením (!) managementu rizik tím, že pro něj vytváří koordinační platformu. V praxi ale bývá provázanost mezi územním plánováním a managementem rizik v území jen velmi volná. Územní plánování ale nemůže pokrýt celé spektrum aktivit managementu rizik, vyjádřené zkratkou PPRR – Prevention, Preparedness, Response and Recovery (prevence, připravenost, schopnost reagovat a obnova) [26].

V České republice je územní plánování upraveno zákonem č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) v platném znění a jeho prováděcími vyhláškami. Stavební zákon vymezuje nástroje územního plánování:

- politika územního rozvoje – republikové priority územního plánování pro zajištění udržitelného rozvoje,
- územně plánovací podklady – územní studie a územně analytické podklady krajů a obcí – slouží ke zjištění a vyhodnocení stavu a vývoje území a k prověření a posouzení možných řešení problémů v území,
- územně plánovací dokumentace – zásady územního rozvoje krajů, územní plány pro obce a regulační plány pro části obcí – obsahující požadavky na uspořádání a regulace využití území na regionální a místní úrovni,
- územní řízení – jako podklad pro územní rozhodnutí nebo územní souhlas – obsahuje požadavky na umístění stavby nebo zařízení, jejich změny nebo změny jejich vlivu na okolní území,
- územní opatření – opatření obecné povahy, umožňující budoucí žádoucí rozvoj v území nebo odstranění důsledků katastrof nebo jejich rizika,
- úprava vztahů v území – brání spekulaci s pozemky určenými pro veřejně prospěšné stavby a stavby ve veřejném zájmu anebo kompenzuje újmu vlastníkům nemovitostí, vzniklou v důsledku územního plánování.

Nástroje územního plánování slouží především k ochraně veřejného zájmu v území. K tomu územní plánování jednak využívá limity využití území vyplývající z různých zákonů sledujících ochranu jednotlivých specifických veřejných zájmů, jednak v územně plánovací dokumentaci vytváří vlastní regulativy regulující způsob a míru / intenzitu využití území a fyzický tvar budov a dalších staveb. Ochrana veřejného zájmu v územním plánování se týká všech záměrů na změnu využívání území, tedy například nových staveb a přestaveb budov, komunikací a technického vybavení, zakládání polí, lesů, vodních ploch, terénních úprav apod. Pro některé specifické případy veřejného zájmu územní plánování může tento zájem aktivně prosadit vůči vlastníkům pozemků dotčených tímto veřejně prospěšným zájmem tím, že v územně plánovací dokumentaci vymezí tento záměr jako veřejně prospěšnou stavbu (zejména dopravní a technické infrastruktury), veřejně prospěšné opatření (například protipovodňová opatření, prvky územního systému ekologické stability) anebo území určené k asanaci. V těchto případech pak je možno na základě územně plánovací dokumentace uplatnit právo vyvlastnění. V dalších případech vzniká pro prosazení veřejného zájmu předkupní právo ve prospěch nositele předmětného veřejného zájmu.

Územní plánování využívá dva základní prostředky k dosažení odolnosti sídel, sídelních systémů a infrastruktur vůči možným rizikům přírodních katastrof anebo technologických havárií: rozmístění aktivit (funkčních ploch, infrastruktur) a uspořádání fyzických struktur. Pro rozmístění aktivit v území vymezuje územní plánování v územně plánovací dokumentaci plochy s rozdílným způsobem využití (funkční plochy) a vyhrazuje plochy a koridory pro umístění veřejně prospěšných infrastruktur a dalších staveb nebo opatření ve veřejném zájmu. Vhodným rozmístěním jednotlivých ploch a koridorů lze snížit rizika ohrožení přírodními katastrofami či technologickými haváriemi zejména pro zvláště citlivé funkce, jako jsou zdravotnická a základní školská zařízení, zařízení sociální péče a bydlení.

5.5. Limity využití území

Jako vnější omezení do územního plánování vstupují limity využití území v podobě bezpečnostních a ochranných pásem, popřípadě další limity využití území vyplývající z různých zákonů a dalších předpisů.

Bezpečnostní pásma jsou vymezována pro případy, ve kterých je reálné nebezpečí poškození a znehodnocení v případě havárií technologií. Týkají se například:

- zařízení a vedení energetického plynu, ropných produktů a chemikálií (zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon),
- výroba a sklady výbušnin a trhavin (vyhláška ČBÚ č. 99/1995 Sb., o skladování výbušnin),
- pro zajišťování obrany České republiky – zabezpečování objektů důležitých pro obranu státu před účinky nepředvídatelných stavů, havárií nebo poruch anebo z důvodů ochrany života, zdraví nebo majetku osob (zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky, ve znění pozdějších předpisů).

Ochranná pásma jsou zákonnými normami vymezena pro zamezení rizik negativních dopadů využívání území na plochy, struktury a infrastruktury požívající ve veřejném zájmu zvláštní ochranu. Příkladem jsou ochranná pásma:

- vodních zdrojů – podzemních a povrchových, I. a II. stupně; mimoto jsou vymezeny velkoplošně chráněné oblasti přirozené akumulace podzemních vod (CHOPAV) (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů),
- přírodních léčivých zdrojů (OPPLZ) – léčivých vod a léčivých rašelin, I. a II. stupně (zákon č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon)),
- památkových území a památkových objektů (zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů),
- zařízení a vedení technické infrastruktury – zásobování vodou, odvodnění (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů), zásobování energiemi – elektřina, plyn, centrální dodávka tepla, ropné produkty (zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů),
- hospodaření s odpady (zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů),
- telekomunikace (zákon č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů),
- zařízení a trasy dopravy – dráhy, pozemní komunikace, přístavy, letiště (zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů); ochranná pásma leteckých staveb – letišť a leteckých zabezpečovacích zařízení – jsou stanovena Předpisem L 14 (Ministerstvo dopravy 2009),
- pietní ochranná pásma kolem pohřebišť a krematorií (zákon číslo 256/2001 Sb., o pohřebnictví a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů).

Vedle ochranných pásem jsou v souladu s příslušnými předpisy vymezovány další limity využití území závazné pro umístování aktivit v územním plánování:

- pro ochranu lesa – lesy hospodářské, zvláštního určení a ochranné; pásma ochrany lesa (zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů),
- pro ochranu vod – normativy pro nejmenší vzdálenosti individuálních zdrojů vody (studní) od zdroje možného znečištění, provozní pásma vodního toku (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů),
- pro ochranu přírody a krajiny – obecnou – územní systém ekologické stability (ÚSES), přechodně chráněné plochy, významné krajinné prvky, přírodní parky; zvláště chráněná území velkoplošná – národní parky, chráněné krajinné oblasti (CHKO), území NATURA 2000; zvláště chráněná území maloplošná – národní přírodní rezervace, přírodní rezervace, národní přírodní památky, přírodní památky (zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů),
- pro geologickou ochranu a ochranu nerostného bohatství – chráněná ložisková území (CHLÚ), dobývací prostory, poddolovaná a sesuvná území (zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů),
- pro ochranu proti povodním – záplavová území, území určená k rozlivu povodní a území ohrožená zvláštními povodněmi (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, Hlava IX),
- pro ochranu zvláštních zájmů státu – vojenské újezdy a vojenské prostory,
- pro ochranu památek – území archeologického zájmu, archeologická naleziště, archeologické památky, památková území (památkové rezervace a památkové zóny), památkové objekty (zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů),
- pro ochranu zemědělského půdního fondu – podle bonitace půd (zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů).

5.6. Bezpečnostní plánování

Prevence závažných havárií (zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií) vymezuje kritéria pro vymezení zdrojů ohrožení – objektů / zařízení nakládajících s nebezpečnými látkami. Zdroje ohrožení se podle množství nebezpečné látky v tunách klasifikují do skupin A a B. Vypracovává se

- plán fyzické ochrany – pro zdroje ohrožení skupiny A i B. Obsahuje bezpečnostní opatření obsahující analýzu možností neoprávněných činností a provedení případného útoku na objekt, režimová opatření, fyzickou ostrahu a technické prostředky,
- vnitřní havarijní plán – pro zdroje ohrožení skupiny B,
- vnější havarijní plán a zóna havarijního plánování pro zdroje ohrožení skupiny B.

Součástí bezpečnostního plánování je též registr povodní a sesuvů.

5.7. Umíst'ování jaderných zařízení

Pro umíst'ování jaderných zařízení jako technologie se závažnými riziky se zvláště nebezpečným odpadem platí zvláštní předpis v podobě Vyhlášky č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení. Vyhláška zapracovává standardy Mezinárodní agentury pro atomovou energii a příslušné směrnice rady Euratomu 2009/71/Euratom, kterou se stanoví rámec Společenství pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení a 2013/59/Euratom, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy ochrany před nebezpečím vystavení ionizujícímu záření. Vyhláška upravuje výčet vlastností, charakteristiky území a požadavky na proces posuzování a obsah dokumentace pro umístění jaderného zařízení.

Pro umístění jaderného zařízení se posuzují výskyty přírodních vlastností a jevů (seismicity, porušení zlomem v zemské kůře, povodně, oběhu podzemní vody, dalších geodynamických jevů parametrů základových půd, klimatických a meteorologických jevů, biologických jevů a přírodních požárů); jevů, které mají původ v činnosti člověka (pádu letadla a jiných objektů, výbuchů a požárů, které mají původ v činnosti člověka, a jejich zplodin, kolize s ochranným nebo bezpečnostním pásmem, vlivu jaderného zařízení, které je již v území umístěno, silných vibrací, elektromagnetické interference, vířivého elektrického proudu, negativních projevů letecké, silniční, železniční a vodní dopravy, působení produktovodů a energetického vedení, znečištění ovzduší, horninového prostředí, povrchových a podzemních vod a provozu zařízení, ve kterém se nacházejí nebo z nichž se uvolňují látky snadno hořlavé, výbušné, toxické, dusivé, s korozivními účinky nebo radioaktivní); a jiných jevů, které mohou negativně ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení jaderného zařízení.

Pro jednotlivé výskyty a jevy se stanoví vzdálenosti, do kterých se tyto výskyty a jevy berou v potaz. Zvláštní požadavky se stanoví na rozsah a způsob posuzování území k umístění hlubinného úložiště a území k umístění přípovrchového nebo podzemního úložiště.

6. Ex-ante hodnocení rizik projektů a rozvojových koncepcí

6.1. Posuzování vlivů na životní prostředí (EIA)

Reakce vlád na obavy veřejnosti z technologických rizik a s nimi spojených a z nich vyplývajících hrozeb zejména v oblasti životního prostředí spočívala především v zavedení procedury EIA (nejprve v USA od roku 1969, na mezinárodní úrovni tuto problematiku upravuje Úmluva o posuzování vlivů na životní prostředí přesahující státní hranice, která byla v roce 1991 sjednána Evropskou hospodářskou komisí OSN, u nás od roku 1992). Pro země EU upravila proces EIA Směrnice 85/337/EEC, novelizovaná Směrnicí 97/11/EC. V České republice je posuzování vlivů záměrů na životní prostředí (EIA) upraveno zákonem č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí.

Proces posuzování vlivů záměrů na životní prostředí je založen na systematickém zkoumání a posuzování jejich možného působení na životní prostředí. Smyslem je zjistit, popsat a komplexně vyhodnotit předpokládané vlivy připravovaných záměrů na životní prostředí a veřejné zdraví ve všech rozhodujících souvislostech. Cílem procesu je zmírnění nepříznivých vlivů realizace na životní prostředí.

EIA se týká staveb s rizikem negativního vlivu na životní prostředí, kdy musí proces EIA předcházet před získáním povolení stavby. EIA spočívá v ex ante posouzení možných dopadů

záměru na změnu v území a vyžaduje se především pro projekty velkého rozsahu a technologie spojené s výrazným impaktem na životní prostředí jak jsou například stavby, komunikace, výrobní haly, těžby nerostných surovin, provozy – nově budované, ale i jejich změny, tj. rozšiřování, změny technologií, zvýšení kapacity apod.

V rámci EIA se posuzují vlivy plánovaných staveb a zařízení na veřejné zdraví a na životní prostředí (vlivy na živočichy a rostliny, ekosystémy, půdu, horninové prostředí, vodu, ovzduší, klima a krajinu, přírodní zdroje, hmotný majetek a kulturní památky a jejich vzájemné působení a souvislosti).

Proces EIA je veden buď krajským úřadem, nebo Ministerstvem životního prostředí, a to například v závislosti na tom, jak velké území by mohlo být plánovaným záměrem dotčeno, nebo zda jde o zvláště chráněné území apod. Příslušnému úřadu zašle investor oznámení o záměru a tím je proces EIA zahájen.

Úplnému procesu EIA podléhají jen záměry, které jsou uvedeny v příloze č. 1 k zákonu č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí – v kategorii I. U těchto záměrů probíhá celá EIA vždy povinně – jsou to například rafinerie ropy, jaderné elektrárny, zařízení na zpracování, přepracování, konečné zneškodnění nebo uložení vyhořelého jaderného paliva, železárny, ocelárny, výroba neželezných surových kovů z rudy, koncentrátů nebo druhotných surovin, získávání asbestu, průmyslová chemická výroba, zařízení pro odstraňování nebo recyklaci nebezpečných odpadů, čistírny odpadních vod od 150 tis. ekvivalentních obyvatel, železniční dráhy, dálnice, letiště se vzletovou a přistávací dráhou nad 2,1 km, dobývací prostory pro těžbu uranu, ropy nad 500 t/den, zemního plynu nad 500 tis. m³/den, povrchovou těžbu na ploše nad 25 ha.

U jiných záměrů z kategorie II přílohy č. 1 k zákonu proběhne povinně alespoň tzv. zjišťovací řízení. Jeho účelem je rozhodnout, zda záměr bude podléhat posuzování vlivů na životní prostředí nebo ne – to jsou například dobývací prostory pro hlubinnou těžbu, odkaliště, výrobní azbestu a azbestových výrobků, celulózky, zařízení k chovu hospodářských zvířat od 50 dobytčích jednotek o 500 kg živé hmotnosti, splavnění vodních toků, sjezdovky. V případě, že úřad rozhodne o tom, že se záměr dále posuzovat nebude, vydá o tom rozhodnutí, které mohou spolky (existující minimálně 3 roky anebo které získají podporu alespoň 200 podpisů) napadnout odvoláním v zákonné 15 denní lhůtě. Následně připadá v úvahu i soudní přezkum – správní žaloba.

Vedle záměrů uvedených v příloze č. 1 k zákonu č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí podléhají posouzení EIA také záměry, kterou mohou mít významný vliv na příznivý stav nebo celistvost evropsky významné lokality nebo ptačí oblasti (systém Natura 2000), resp. jestliže orgán ochrany přírody ve svém stanovisku takový významný vliv nevyloučil.

Ve zjišťovacím řízení se uplatní kritéria charakteristiky záměru (jeho rozsah, kumulace jeho vlivů s vlivy jiných známých záměrů, využívání přírodních zdrojů, produkce odpadů, znečišťování životního prostředí, rizika závažných nehod nebo katastrof a rizika pro veřejné zdraví); umístění záměru (parametry území, které může být ovlivněno záměrem) a předpokládané vlivy na obyvatelstvo a životní prostředí.

Proces EIA probíhá v těchto fázích:

- oznámení – kdo hodlá provést nějaký záměr, ten je o tom povinen předložit oznámení zpravidla krajskému úřadu; pokud se jedná o „podlimitní“ záměr, úřad do 15 dnů oznámí, zda bude podléhat zjišťovacímu řízení; pokud se jedná o záměr, který podléhá posouzení podle přílohy č. 1 k tomuto zákonu, musí oznamovatel vždy uvést nástin studovaných

hlavních variant a stěžejní důvody pro jeho volbu vzhledem k vlivu na životní prostředí; úřad zveřejní informace o oznámení,

- zjišťovací řízení – zda záměr bude podléhat posuzování vlivů na životní prostředí nebo ne,
- vypracování dokumentace – investor zadá vypracování autorizované fyzické osobě v oblasti posuzování vlivů na životní prostředí, úřad ji zveřejní v informačním systému EIA,
- pořízení odborného posudku – nechává zpracovat úřad opět autorizovanou fyzickou osobou (musí jít o jinou osobu, než která zpracovávala oznámení či dokumentaci) a poté jej také zveřejní na úřední desce,
- veřejné projednání za účasti zpracovatelů dokumentace a posudku,
- závěrečné stanovisko úřadu – slouží jako odborný podklad pro další související rozhodnutí.

Tím, že odborné posouzení je předloženo k vyjádření veřejnosti a že o projektu probíhá veřejné slyšení, EIA usiluje o vyvážení technokratického pohledu, politického rozměru a hodnot sdílených dotčenou komunitou. Předmětem posouzení a hodnocení je pouze jeden konkrétní projekt; neposuzuje se tedy synergický dopad více změn v území a neuvažuje se ani synergie řady drobných změn, které v součtu mohou představovat výraznou změnu vyvolávající značné riziko a ohrožení (například masové spalování plastů a dalších nevhodných topiv v individuálních topeništích zejména v inverzních polohách a obdobích, kobercová zástavba rodinnými domy na malých pozemcích minimalizující zasakování dešťových srážek do půdy apod.). Praxe aplikace EIA v jednotlivých zemích se navíc velmi navzájem liší v závislosti na tzv. kultuře vládnutí (governance culture), tedy na stabilitě a kontinuitě činnosti správních orgánů, zodpovědnosti a koncepčním přístupu politiků, angažovanosti a uvědomění občanů a komunit.

6.2. Posuzování vlivů koncepcí na životní prostředí (SEA)

Pro komplexní posouzení souhrnného vlivu rozvojových strategií a koncepcí změn v území byla vyvinuta procedura hodnocení vlivu koncepcí na životní prostředí (Strategic Environmental Assessment, SEA). Ta má původ a předchůdce v Area-wide Impact Assessment Guidebook vydaném federálním ministerstvem bydlení a rozvoje měst USA (U. S. Housing and Urban Development Department) v roce 1981. Evropská unie upravuje SEA Směrnicí SEA 2001/42/EC, která vyžadovala začlenění procedury SEA do národních právních systémů do roku 2004. Procedura SEA se uplatňuje pro ex-ante hodnocení strategických, koncepčních a územně plánovacích dokumentů. I zde je pro aplikaci SEA podmínkou existence záměru, který je velkého rozsahu a/nebo je spojen s výrazným impaktem na životní prostředí.

V České republice je proces SEA upraven zákonem číslo 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů. Cílem procesu je zmírnění nepříznivých vlivů záměrů obsažených v koncepcích na životní prostředí.

V rámci procesu SEA jsou posuzovány koncepce, které stanoví rámec pro budoucí povolení záměrů uvedených v příloze č. 1 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, zpracovávané v oblasti zemědělství, lesního hospodářství, myslivosti, rybářství, nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami, energetiky, průmyslu, dopravy, odpadového hospodářství, telekomunikací, cestovního ruchu, územního plánování, regionálního rozvoje a životního prostředí včetně ochrany přírody, a dále koncepce, u kterých podle stanoviska orgánu ochrany přírody nelze vyloučit významný vliv na předmět ochrany

nebo celistvost území NATURA 2000, tedy evropsky významné lokality nebo ptačí oblasti; tyto koncepce podléhají posuzování vždy (Natura 2000 je celistvá evropská soustava území se stanoveným stupněm ochrany, která umožňuje zachovat přírodní stanoviště a stanoviště druhů v jejich přirozeném areálu rozšíření ve stavu příznivém z hlediska ochrany nebo popřípadě umožní tento stav obnovit. Na území České republiky je Natura 2000 tvořena ptačími oblastmi a evropsky významnými lokalitami.). Pokud je dotčené území tvořeno územním obvodem jedné nebo několika obcí, které stanoví využití území místního významu, nebo pokud se jedná o změnu koncepce, podléhají tyto koncepce posouzení v případě, že se tak stanoví ve zjišťovacím řízení.

Proces SEA je úzce propojen s územním plánováním, konkrétně s pořizováním politiky územního rozvoje a zásad územního rozvoje, kdy posouzení vlivu na životní prostředí probíhá vždy paralelně s pořizováním, a pořizováním územního plánu, kdy SEA probíhá paralelně s pořizováním, pokud je plánován záměr uvedený v Příloze číslo 1 zákona anebo pokud orgán ochrany přírody a krajiny nevyloučí významný vliv na předmět ochrany nebo celistvost evropsky významné lokality nebo ptačí oblasti.

Základní kroky posouzení podle zákona zahrnují

- zpracování oznámení o zahájení prací na tvorbě nebo změnách koncepce, které zpracuje předkladatel koncepce a předloží příslušnému úřadu, úřad pak oznámení zveřejní,
- provedení zjišťovacího řízení zjišťujícího význam posuzované koncepce, její vliv na udržitelný rozvoj území včetně sociálně ekonomických aspektů a případné závažné problémy životního prostředí a veřejného zdraví; pro zjištěné vlivy se posuzuje jejich pravděpodobnost, doba trvání, četnost a vratnost vlivu, kumulativní a synergická povaha vlivu, přeshraniční povaha vlivu, rizika pro životní prostředí a veřejné zdraví při provedení ÚPD (při katastrofách, haváriích), počet obyvatel, který by mohl být zasažen a důležitost a zranitelnost území (přírodní charakteristika, kulturní dědictví, znečištění prostředí, kvalita a využívání půdy),
- zpracování vyhodnocení vlivů koncepce na životní prostředí, obsahující popis a zhodnocení předpokládaných přímých a nepřímých vlivů provedení i neprovedení koncepce a jejích cílů, a to pro celé období jejího předpokládaného provádění,
- zapojení veřejnosti, které zahrnuje zveřejnění informací a dokumentů, vypořádání připomínek a veřejné projednání,
- stanovisko k posouzení vlivů provádění koncepce na životní prostředí a veřejné zdraví vydané na základě podaných vyjádření a veřejného projednání.

Závěrečné stanovisko je nutným podkladem pro schválení koncepce.

7. Závěr

Naléhavost problematiky managementu rizik, tedy jejich preventivního snižování a zvládnutí pohrom v případě naplnění rizika v podobě přírodní katastrofy nebo technologické havárie, narůstá. Důvodem je nástup nových velmi výkonných technologií, jež ale mohou mít řadu velmi závažných nežádoucích impaktů, a v posledních desetiletích též důsledky klimatických změn v podobě rostoucí četnosti a rozsahu přírodních katastrof. Rostoucí míra nejistoty o rozsahu a dopadech možných pohrom a o jejich pravděpodobnosti znepokojuje širokou veřejnost, která ztrácí důvěru ve schopnost vědy a odborných expertů jako jejích představitelů rizika identifikovat a ve schopnost a připravenost vlád pohromy zvládat. Pokusem o odpověď

na tyto výzvy bylo již v poslední třetině minulého století systematické komplexní hodnocení rizik na bázi modelování scénářů, s cílem dosáhnout technicky přijatelného rizika. Takovéto technokratické pojetí nicméně nebere v potaz společenský a politický rozměr rizik, a tudíž obavy a nedůvěru veřejnosti nemohlo rozptýlit. Další vývoj hodnocení rizik tedy směřuje k integraci „ne-expertů“ do procesu již i ve fázi návrhu potenciálně rizikových technologií popřípadě opatření pro případ přírodních katastrof.

Tento přístup se jen částečně promítl do standardních nástrojů, které se k hodnocení rizik jako základu k jejich managementu uplatňují v běžné praxi.

Hodnocení rizik projektů a rozvojových koncepcí v běžné současné praxi vyspělých zemí představují procedury EIA a SEA, které vznikly za účelem prevence poškození přírodních zdrojů, a tudíž jsou zaměřeny především na vlivy na životní prostředí. „Ne-expertní“ veřejnost do těchto procedur vstupuje ve fázi dokončeného a zveřejněného odborného posudku vyhodnocujícího vlivy záměru nebo koncepce na životní prostředí, a to formou veřejného projednání posudku a připomínek k němu. Účast potenciálních stakeholderů, například uživatelů nebezpečných technologií, v procesu jejich návrhu se nepředpokládá.

Prostorové plánování jako potenciálně velmi efektivní nástroj managementu rizik v území je v dosavadní praxi orientováno spíše k vytváření podmínek pro žádoucí změny v podobě například ekonomického růstu a blahobytu (strategické plánování), respektive k odstranění možných kolizí a střetů v území, včetně prevence nejzávažnějších důsledků v území v případě pohromy – formou limitů využití území (územní plánování). Účast veřejnosti v územním plánu je upravena předpisem a má formu připomínek a veřejného projednání dokončených návrhů územně plánovací dokumentace. Bezpečnostní plánování se zaměřuje na prevenci a zvládání nejzávažnějších havárií; příslušné dokumenty vypracovávají bezpečnostní experti.

Praxe obecně opomíjí význam „měkkých“ faktorů, jež lze shrnout pod pojem institucionálního učení, tedy posilování kapacity dotčených institucí / organizací využít vlastních i sdílených zkušeností pro adekvátní opatření k předvídání a zvládání rizik.

Literatura

- [1] CLINE, P. B. The Merging of Risk Analysis and Adventure Education. *Wilderness Risk Management*. 5 (2015), 1, pp. 43–45.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. Praha: CVUT 2011.
- [3] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Riziko>
- [4] ISDR. *Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*. New York: United Nations 2004.
- [4] EM-DAT. <https://www.emdat.be/database>
- [5] ALEXANDER, D. E. Resilience and Disaster Reduction: An Etymological Journey. *Natural Hazards & Earth System Sciences* 13 (2013) 11, pp 2707-2716.
- [6] DAVOUDI, S. ET AL. Resilience: a Bridging Concept or a Dead End? *Planning Theory & Practice* 13 (2012) 2, pp. 299-333.
- [7] MANYENA, S. B. The Concept of Resilience Revisited. *Disasters* 30 (2006) 4, pp. 434-450.

- [8] DAVIS I., ALEXANDER, D. Recovery from disaster: Abingdon, Oxon. New York Routledge: Taylor & Francis Group 2016.
- [9] BECK, U. *Riziková společnost* (originál: Risikogesellschaft), Praha: SLON Praha 2004, 2011.
- [10] SLOVIC ET AL. Facts and Fears: Understanding Perceived Risk. In: *Social Risk Assessment: How Safe Is Safe Enough?* New York: Plenum 1980, pp. 75-98.
- [11] FISCHER F. Risk Assessment and Environmental Crisis: Towards an Integration of Science and Participation. *Industrial Crisis Quarterly* 5(1991) 2, pp. 113-132
- [12] PERROW, C. Normal Accidents. In: *Critical Studies in Organization and Bureaucracy*. Philadelphia: Temple University Press 1984, pp. 287-305
- [13] BOARDMAN, N. E. *Cost-benefit Analysis: Concepts and Practice*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall 2006.
- [14] CAMPBELL, H. F., BROWN, R. *Incorporating Risk in Benefit-Cost Analysis. Benefit-Cost Analysis: Financial and Economic Appraisal using Spreadsheets*. Cambridge: Cambridge University Press 2003.
- [15] HUESEMANN, M. H., JOYCE A. *Technofix: Why Technology Won't Save Us or the Environment, Chapter 8 – The Positive Biases of Technology Assessments and Cost Benefit Analyses*. Gabriola Island: New Society Publishers 2011.
- [16] COPPOCK, R. *Social Constraints on Technological Progress*. Hampshire: Gower 1984.
- [17] SCHWARTZ, M., THOMPSON, M. *Divided We Stand: Redefining Politics, Technology And Social Choice*. Hertfordshire: Harvester & Wheatsheaf 1990.
- [18] SCHOT / RIP. The Past and Future of Constructive Technology Assessment. *Technological Forecasting & Social Change* 54 (1997), pp. 251–268.
- [19] HABERMAS, J. *Theorie des kommunikativen Handelns*. Frankfurt am Main: UH 1981.
- [20] FRIEDMANN, J. *Planning in the Public Domain*. Princeton: Princeton University Press 1987.
- [21] KORNAKOVA M., MARCH A., GLEESON B. Institutional Adjustments and Strategic Planning Action: The Case of Victorian Wildfire Planning. *Planning Practice and Research* 33 (2018) 2, pp 120-136.
- [22] EC. *The EU Compendium of Spatial Planning Systems and Policies*. Brussels: EU, pp. 24-25.
- [23] FALUDI, A. Výkon územního plánování. *Urbanismus a územní plánování* 1/2002, pp 12-18
- [24] HALL, P. *Urban and Regional Planning* 4th ed. London: Routledge 2002.
- [25] SAPOUNTZAKI, K, WANCZURA, S, CASERTANO, G. ET AL. Disconnected Policies and Actors and the Missing Role of Spatial Planning throughout the Risk Management Cycle. *Natural Hazards* 59(3) 3, pp. 1445-1474.

PŘEHLED ZÁSAD FORENZNÍHO INŽENÝRSTVÍ

OUTLINE OF PRINCIPLES OF FORENSIC ENGINEERING

Dana Procházková^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: Forenzní inženýrství dle současného poznání je inženýrství, které je založeno na kvalifikované práci s riziky ve prospěch bezpečnosti. Předložený článek je věnován zásadám forenzního inženýrství spojeného s technickými díly a územím. Cílem předmětného inženýrství je pomocí kvalifikovaného řízení rizik zajistit bezpečnost jak technických děl, tak území a lidské společnosti v jejich okolí. Pro zajištění bezpečnosti technických děl i území je použito třístupňové řízení, tj.: řízení zacílené na bezpečí rozvoj (strategické a dlouhodobé); řízení nouzové (taktické střednědobé i krátkodobé); a řízení krizové (operativní krátkodobé). Všechny stupně mají stejný cíl, tj. zajistit dostatečnou úroveň bezpečí veřejných aktiv, avšak s ohledem na podmínky, za kterých jsou aplikovány, využívají různé nástroje, zdroje, síly a prostředky. Vzhledem k dynamickému vývoji světa je řízení rizik ve prospěch bezpečnosti založeno na: monitoringu rizik procesů, které se v průběhu času odehrávají jak v technickém díle, tak v jeho okolí; a na kvalifikovaném systému řízení bezpečnosti, který má připravena opatření a zajištěny zdroje, síly a prostředky pro jejich aplikaci, a to pro všechny možné předvídané nepřijatelné podmínky technického díla či jeho okolí.

Klíčová slova: riziko; bezpečnost; bezpečí; technické dílo; řízení rizik; vypořádání rizik; systém řízení bezpečnosti.

Abstract: The forensic engineering is according to the present cognition the engineering type that is based on competent work with risks in good of safety. The present paper is engaged in principles of forensic engineering connected with technical facilities and territory. The aim of this engineering is by help of competent risk management to ensure the safety of both, the technical facilities and the territory and human society in their vicinities. For ensuring the safety of both, the technical facilities and the territory, it is used three degreeed managements: management aimed to security and development (strategic, long term); emergency management (tactic, middle term and short term); and crisis management (operation, short term). All these management degrees have the same goal, i.e. to ensure the sufficient level of public assets security, however, with regard to conditions under which they are applied, they use different tools, sources, forces and means. With regard to dynamic world development, the risk management in the good of safety is based on: the monitoring the risks of processes that during the time are in motion in both, the technical facility and its vicinity; and on competent safety management system, which has prepared measures and ensured sources, forces and means for their application; namely for all possible foreseeable unacceptable conditions of technical facility or its vicinity.

^{*)} doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

Key words: risk; safety; security; technical (technological) facility; risk management; trade-off with risks; safety management system

1. Úvod do problematiky rizik a bezpečnosti

Je skutečností, že všechna lidská společenství i všechna lidská sídla jsou čas od času postihována škodlivými jevy (pohromami). Rizika s nimi spojená jsou proměnná v čase i prostoru a závisí jak na proměnnosti pohrom, ke které dochází v důsledku dynamického vývoje světa, tak na zranitelnosti lidí a veřejných aktiv, která lidé potřebují k životu, a v neposlední řadě také na možnostech lidí při budování ochranných systémů. Proto vznikla disciplína forenzní inženýrství jako inženýrství sledující rizika (risk engineering), jejímž cílem je řídit rizika tak, aby technická díla i lidská sídla na všech úrovních byla bezpečnými systémy [1-4]. V důsledku dynamického vývoje světa jde pochopitelně o dynamickou disciplínu, která zohledňuje jak fakt, že pohrom je velké množství a v důsledku rozmanitosti jejich podstaty jejich dopady nejsou stejné, tak fakt, že území a lidská společenství, která je obývají, se odlišují vlastnostmi a proměnnými možnostmi, což se projevuje různou zranitelností aktiv a různými možnostmi lidí v čase a prostoru. Proto veličina riziko je místně a časově specifická, a při řízení a ovládání rizika je třeba předmětnou skutečnost zvažovat.

Od starověku v celé historii lidstva na různých místech světa jsou zřetelným příkladem rozvoje inženýrství (techniky) vojenské systémy, a to jak dobovačné, tak ochranné. Jejich nedostatky a selhání ukazují mnohé historické události. Sledování historie z pohledu vývoje nástrojů zajišťujících bezpečí a rozvoj lidských komunit ukazuje, že každé lidské společenství v době minulé pečovalo na své úrovni znalostí a zkušeností o svá sídla a jejich materiální, technické, ekonomické a sociální zázemí, tj. provádělo jistá opatření a činnosti pro své bezpečí, tj. cíleně pracovalo na bezpečnosti. K zásadnímu rozdílu v pojetí došlo v polovině 90. let minulého století [5], kdy se přešlo od konceptu „bezpečný stát zajišťuje bezpečí pro lidi“ ke konceptu „bezpeční lidé zajišťují bezpečný stát“, tj. prioritou při volbě opatření a činností se stalo bezpečí lidí.

V současné době se v souvislosti se zajištěním bezpečí a dalšího rozvoje pro lidskou společnost stále častěji diskutuje problematika kritických aktiv, kterými jsou kromě lidí a přírodních zdrojů i kritické objekty a kritické infrastruktury, které představují složité kyber-socio-technologické systémy [6]. Technická díla jsou výsledkem lidského intelektu a jejich aplikace v praxi umožňuje lidem rozvoj a přežití nástrah přírody. Využití v praxi je spojeno s jejich rozšířením v území, což se mnohdy děje pomocí infrastruktur. Předmětem práce je jak území, tak technická díla, která jsou přínosná pro lidstvo, tj. nejsou řešena díla, kterými dochází ke zneužití technologií.

Technická díla objektová i síťová byly, jsou a budou veřejným aktivem, protože zajišťují dennodenní potřeby občanů, tj. energii, vodu, jídlo, informace apod. a závisí na nich přežití lidí při kritických situacích. Představují otevřené systémy vzájemně propojených systémů, které popisujeme modelem systém systémů - zkratka SoS [7]. Jsou v dynamicky proměnném světě, který je ovlivňován jak procesy, které probíhají nezávisle na člověku, tak procesy, které člověk vytváří vědomě či nevědomě svou činností a chováním.

U procesů, které se odehrávají nezávisle na vůli a chování člověka, má člověk pouze možnost zmírňovat nepříjemné dopady na sebe a aktiva, na kterých je závislá jeho existence a kvalita života. Šanci má však jen tehdy, když předmětné procesy důkladně pozná a najde opatření a

činnosti, kterými zmírní dopady procesů, které poškozují jeho nebo aktiva, na nichž je závislý. U procesů, které člověk vyvolává svým chováním a činnostmi, má člověk šance vyšší, protože může cíleným chováním a cílenými činnostmi vytvářet jen procesy, které zlepšují kvalitu jeho života a zároveň významně nenaruší prostředí, na němž je existenčně závislý, má možnost snižovat nebezpečnost objektů, infrastruktur i procesů. Šanci však má opět jen tehdy, když bude mít znalosti a když znalosti a zkušenosti správně a cíleně využije.

Cílem odborníků, kteří respektují veřejný zájem, je zavádět do praxe jen bezpečná technická díla, která jsou zabezpečena vůči všem vnějším i vnitřním pohromám, a to včetně lidského faktoru i pohromám, které jsou spojené s vnitřními vazbami a toky, a s propojeními technického díla s okolím, a zároveň neohrožují ani sebe, ani své okolí, tj. jsou bezpečná. Jelikož svět i technická díla se v čase mění, je důležité stále pečovat o jejich koexistenci.

Práce je věnována základům řízení bezpečnosti technických děl zacílené na bezpečné území a bezpečnou lidskou společnost. Přitom vychází z výsledků, které byly získány kritickým hodnocením současného poznání a zkušeností. Pro zvládnutí bezpečnosti technických děl si vyspělé státy cíleně vytvořily třístupňové řízení (řízení zacílené na rozvoj, nouzové a krizové), jehož stupně mají stejný cíl, avšak s ohledem na podmínky, za kterých jsou aplikovány, využívají různé nástroje, zdroje, síly a prostředky [8].

Základem pro řízení bezpečnosti technických děl i jejich okolí je především analýza a ocenění rizik spojených se vzájemnými propojeními; tj. při identifikaci rizik je třeba použít i průřezová kritéria. Posuzování kritičnosti jednotlivých systémů i jejich souborů není triviální záležitostí, protože v různých situacích jednotlivé systémy i celek mají různou roli aktivní, reaktivní, kritickou nebo tlumící (ne však aditivní). Např. existence více variant dodání elektřiny do určitého místa snižuje kritičnost energetické infrastruktury, ale zvyšuje náklady apod.

Protože připuštění existence rizik a zavedení práce s riziky s cílem zajistit bezpečí a rozvoj člověka do praxe znamená nový pohled na problémy reality a na způsob jejich řešení, je třeba postupovat způsobem, který do vědecké praxe zavedl francouzský vědec Descartes, což znamená dle konceptu založeného na práci s riziky, že se problémy reality musí nově strukturovat a dílčí problémy spolehlivě řešit (dnes jde o realitu, kterou představují vzájemně propojené systémy různé podstaty). Práce tudíž respektuje koncept OSN „Resilient Nation“ [9], tj. koncept, který je založen na předpokladu, že výskyt pohrom, zranitelnost lidí a dalších veřejných aktiv a velikost dopadů pohrom na aktiva lidského systému se nebude v čase snižovat, ale spíše zvyšovat, a proto pro zajištění bezpečí a rozvoje lidí je důležitá funkcionalita vysoce spolehlivé veřejné správy, bezpečná technická díla a bezpečné infrastruktury. Jelikož legislativa vyspělých zemí vymezují pojem kritická infrastruktura a do něho zahrnují jen některé infrastruktury, např. [10], je třeba uvést, že životně důležité pro lidi jsou i zelené infrastruktury, infrastruktura výchovy a vzdělávání lidí a také infrastruktura výzkumu. Důležitost předmětného konceptu se v materiálech OSN dokumentuje také na potravinové bezpečnosti. V předmětné souvislosti se uvádí zlaté pravidlo pro schopnost přežití národa „*čím více potravin a průmyslových výrobků si národ umí vyprodukovat sám, tím méně je v krizích zranitelný*“.

Dále uvedené výsledky vychází ze systémového pojetí entity, která se nachází v dynamicky proměnném světě. Aplikace systémového pojetí vytváří nástroj, který pomáhá rozvíjet společný jazyk, který umožňuje specialistům z různých oborů a technologií vzájemně komunikovat. Jeho metodologie je založena na dvou klíčových principech:

1. Realita je chápána jako celek a celek je víc než suma prvků (sledují se prvky, vazby mezi prvky a sprážením mezi prvky spojená s toky mezi prvky).

2. Systém je definován jako soubor propojených entit. Systémy jsou vždy v interakci se svým okolím. Proto je důležité znát, co patří do systému a co patří do okolí. Vědci definují hranici systému pomocí souboru kritérií, která musí entita splnit, aby patřila do systému.

Základem řízení bezpečnosti světa i technických děl je model, který umožňuje identifikaci, analýzu a ocenění rizik všeho druhu, tj. i průřezových, která jsou spojená se vzájemnými propojeními v celku i jeho okolí. Cíl práce s riziky je zajistit bezpečná území, kde žijí lidé, a proto je nutné, aby byla zajištěna koexistence technických děl s územím po celou dobu životnosti technických děl.

Práce se opírá o současné poznání. Navazuje na dřívější publikace autorky, jejichž seznam je v práci [11], které byly zpracovány na základě kritického vyhodnocení poznatků v dostupných stovkách odborných prací a zkušeností autorky z praxe. Předmětné poznatky jsou dále doplněny znalostmi získanými kritickou analýzou odborných prací, které se zabývají riziky v předních odborných časopisech a knihách. Jde především o práce, které jsou cíleně shromažďované evropskou agenturou ESRA (European Safety and Reliability Association), prezentované na světových konferencích ESREL od r. 1990 a následně publikované ve formě tištěných a elektronických knih, jejichž seznam je v práci [11], a také na specifických odborných konferencích, z nichž některé byly pořádány nebo spolupřátány VUT i ČVUT a jejich výsledky jsou v recenzovaných sbornících.

2. Souhrn znalostí a zkušeností

Odborné práce i nákladné projekty EU z posledních let jako např. CASCADE, CIPRnet, EDEN [12] ukazují, že:

- pro zajištění bezpečného otevřeného systému, tj. i celku skládajícího se z území s technickými díly a příslušného lidského společenství, je nutné dané území a jeho obyvatele řádně poznat tím, že se analyzují a vyhodnotí historické pohromy v souvislostech, přičemž se zvažují jak zranitelnosti aktiv, tak lidské schopnosti a možnosti v dané době,
- každá země EU si musí vytvořit systém ochrany aktiv, včetně technických děl takový, který navazuje na její historicky zavedené systémy ochrany, protože z pochopitelných důvodů není možné navrhnout a zavést jeden univerzální systém ochrany technických děl pro všechny země EU (každá unifikace vyžaduje čas, finance, nástroje pro změny a přizpůsobení lidí, a nemusí být přijatelná z hlediska národních tradic a kultur).

Vzhledem k uvedeným skutečnostem je třeba, aby každá země budovala systém řízení bezpečností, který zajišťuje jak ochranu lidí a životního prostředí, tak ochranu technických děl, základních infrastruktur a dodavatelských řetězců. Daný cíl lze efektivně dosáhnout jen kvalifikovaným přístupem a kvalitním řízením aktivit, zdrojů, sil a prostředků, což zajistí pouze dobré vzdělání.

Syntéza současného poznání zvažující dynamický vývoj světa [6] ukazuje, že neexistují uzavřené neměnné technologické ani jiné systémy v neměnném okolí. Při úvahách o bezpečnosti je třeba zvažovat nejen proměny prostředí a materiálů v čase, ale i skutečnost, že všechny technické, sociální i organizační systémy se mění v čase výskytem pohrom majících velikosti větší než projektové [4]. Při výskytu nadprojektových pohrom vznikají kritické podmínky, na které nejsou technická díla konstruována a dochází k závažným selháním funkcí technických děl, která působí závažné ztráty lidem, ekonomice, životnímu prostředí i technickým dílům samotným.

Provedené analýzy dopadů pohrom, a to hlavně havárií a selhání [4] ukazují, že pro bezpečí a rozvoj lidí, je třeba s kritickými podmínkami počítat. Z důvodu omezených možností lidí, lidé jsou schopni technologické objekty vybudovat jako bezpečné systémy jen pro jistý interval podmínek, a pro případ jiných podmínek pak musí vytvářet nástroje, kterými sníží ztráty, újmy a škody na všech veřejných aktivech (tj. i na technických dílech a infrastrukturách, které poskytují výrobky nebo služby, a to ať jsou veřejné nebo soukromé).

2.1. Základní pojmy

Protože v České republice dosud nedošlo ke sjednocení pojmů v oblastech spojených s bezpečností a k jejich navázání na pojmy, které používají odborné asociace, OSN, OECD, EU, IAEA, WB, tak uvedeme základní z nich. Předmětná terminologie vychází z konceptu:

- v území, objektech i komunitách probíhají procesy, jejichž výsledky jsou jevy, přičemž některé jevy mají dopady, které nejsou příznivé pro člověka a aktiva, na nichž je člověk závislý, a proto předmětné jevy od r. 1811 v našich zemích nazýváme pohromy (což odpovídá anglickému ekvivalentu „disaster“),
- dopady pohrom na člověka a aktiva, na nichž je závislý, jsou tím větší, čím je člověk a aktiva zranitelnější a méně odolné,
- antropogenní ochranná opatření spočívají ve snižování zranitelnosti lidí a aktiv, na nichž jsou lidé závislí, a také ve zvyšování odolnosti lidí a aktiv, na nichž jsou lidé závislí,
- strategické, proaktivní a systémové řízení a provedení antropogenních opatření je prováděno inženýrstvím zacíleném na rizika (risk engineering).

V oblasti spojené s riziky existují tři pojmy, které jsou jistým způsobem propojeny, a mají zcela vymezený a vysoce rozdílný význam. Jde o pojmy: nebezpečí, ohrožení a riziko.

Nebezpečí (angl. Danger) označuje stav lidského systému, při kterém vznik újmy, škody či ztráty na chráněných aktivech (zájmech) má vysokou pravděpodobnost; tj. je téměř jisté, že újma, škoda nebo ztráta vznikne [7,11]. Jde o označení možnosti vzniku újmy, ztráty či škody na jednom aktivu či více aktivech. Nebezpečí je určeno vlastnostmi látek, které se nachází v zařízení, objektu či území, anebo vlastnostmi procesů, které probíhají v zařízení, objektu či území. Je bezprostřední, když vývoj nezadržitelně směřuje k pohromě, a tím k vyvolání nouzové situace; a je plíživé, když vývoj směřuje k pohromě nenápadně a bez zřejmých příznaků [7,11]. Nebezpečí pro člověka znamenají jak velké jevy (např. živelní pohromy, průmyslové havárie, ekologické či sociální pohromy), tak zdánlivě malé jevy z denního života (pád tašky ze střechy, pád rampouchu nebo sněhu ze střechy, nerovný chodník apod.). Nebezpečí je tudíž míra současného stavu.

Ohrožení (angl. Hazard) vyjadřuje potenciál pohromy působit újmy, ztráty a škody na chráněných aktivech v daném místě, který je určený normativně. Jde o normativní míru nebezpečí, která je spojená s danou pohromou. Pro potřeby strategického plánování se nejčastěji počítá se stoletou pohromou, tj. ohrožení je velikost pohromy, která se vyskytne jedenkrát za sto let nebo přesněji má periodu návratu 100 let; u speciálních technických děl (přehrad, jaderné elektrárny, průmyslové komplexy s nebezpečnými technologiemi, mosty, tunely apod.) se pak z důvodu bezpečnosti zvažuje ohrožení jako velikost tisícileté či deseti tisícileté pohromy [7,8,11].

Riziko (angl. Risk) spojené s danou pohromou, činností či procesem je pravděpodobná velikost škod, ztrát a újmy na chráněných aktivech, které v daném místě vzniknou při výskytu pohromy mající velikost normativně stanoveného ohrožení, která je normovaná na stanovenou

jednotku území či jednotku počtu jedinců a jednotku času [7,11]. Rozdíl mezi nebezpečím a rizikem spočívá v tom, že nebezpečí je určité (označuje aktuální stav) a riziko je jen očekávaná možnost.

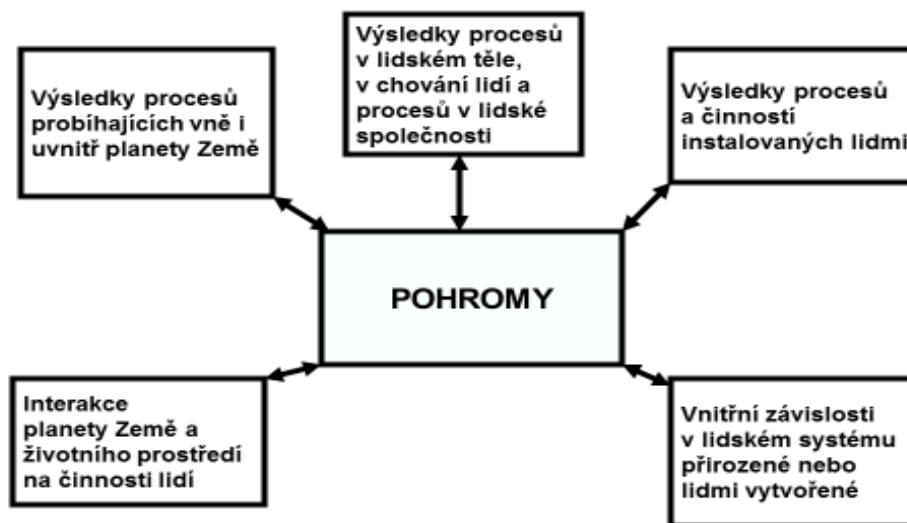
Dominantním zájmem naší doby je riziko – jde nám o odvrácení ztrát a škod na chráněných aktivech, a to nejen okamžitých, ale i těch očekávaných v bližší nebo vzdálenější budoucnosti; a proto se často mluví o analýze rizik, řízení rizik, zvládnání rizik, vnímání rizik atd. V předmětné oblasti panuje mezi sektory lidských činností dosud velká nejednotnost, která brání objektivnímu porovnávání míry rizika v prostoru i čase. Jedním z problémů je skutečnost, že v některých případech se zvažuje jen jeden chráněný zájem (jedno aktivum), tj. určuje se dílčí riziko, a v jiných případech se zvažuje více chráněných zájmů (aktiv) a určuje se integrované riziko (součet nebo jiná agregace dílčích rizik) či integrální riziko (vycházející ze systémové podstaty entity, tj. rizika jsou spojená s prvky, vazbami a toky v systému). Podrobné údaje o problematice jsou shrnuty v práci [11].

Bezpečnost představuje soubor antropogenních opatření a činností, kterými lidé brání sebe nebo aktiva, na kterých jim záleží proti škodlivým jevům všeho druhu. Bezpečnost a riziko jsou v určitém vztahu, ale nejsou komplementárními veličinami, např. aplikací varovacích systémů zvýšíme bezpečnost, ale riziko nesnížíme. Antonymem bezpečnosti je kritičnost.

2.2. Zdroje rizik

Na základě současného poznání jsou pohromy výsledky pěti procesů, které probíhají v lidském systému, obrázek 1 [7,8,11]. Podrobné jednotným způsobem provedené studium pohrom v ČR i v Evropě v rámci projektu FOCUS [13] ukázalo jejich rozložení a vlastnosti a také odhalilo nedostatky v jejich řízení. Hlavní nedostatky v současném řízení pohrom jsou:

- přístup All-Hazard-Approach [14] není systematicky aplikován, tj. při zjišťování bezpečí lidí, území i objektu nejsou zvažovány všechny pohromy možné v dané entitě,
- pohromy způsobené člověkem jsou řešeny odděleně od přírodních, technických a dalších, a tím vznikají problémy mezi bezpečností (safety) a zabezpečením (security) entity. Jejich špatné logické pochopení se pak projevuje i ztrátami lidských životů [4],
- dopady a velikost některých pohrom (hlavně v sociální oblasti) jsou podceňovány, což vede ke snížení obranyschopnosti entit,



Obr. 1. Procesy, jejichž výsledkem jsou pohromy v lidském systému.

- systémové, strategické a proaktivní řízení není v řadě případů entit (a to včetně technických děl) implementováno do praxe,
- není sledována koexistence základních životodárných systémů, které mají různou podstatu,
- existují závažné mezery v řízení rizik, inženýrství rizika a ve vyjednávání s riziky (např. neberou se v úvahu všechna důležitá aktiva, proměnnost zranitelností aktiv v čase a prostoru),
- strategie nejsou založeny na dlouhodobých prioritách respektujících veřejný zájem, jejich cíle jsou ovlivňovány politiky nebo lobby,
- postupy aplikace a orientace strategií nejsou pravidelně ověřovány na základě kvalitního monitoringu, což zamezuje přizpůsobení prováděných opatření a činností změnám entit,
- chybí rozumná strategie pro řízení pohrom, tj. pravidla optimalizace opatření s ohledem na konkrétní podmínky a možnosti entity, jelikož např. kvalitní opatření vůči jedné pohromě jsou kontraproduktivní vůči jiné pohromě, která je také možná v entitě [15],
- řízení pohrom často nerespektuje cyklus výskytu pohrom (velké pohromy se vyskytují zřídka a nepravidelně, proto rozhodování a řízení se musí opírat o dostatečně dlouhé časové řady – teorie o černých labutích nebo královských dracích sice utěšují tvůrce strategií, ale nepředstavují racionální řešení problémů),
- chybí důraz na řešení problémů entit spojených s konkrétními riziky, je jen mnoho diskusí o problémech,
- nedostatek zdrojů pro implementaci lidských potřeb,
- nedostatek nástrojů pro zajištění finanční stability EU, která by umožnila vysokou úroveň prevence závažných pohrom,
- nedostatek nástrojů řízení, které podporují ochranu obyvatelstva a udržitelný rozvoj.

Faktem je, že se stále objevují nové zdroje pohrom (jde hlavně o projevy možných propojení mezi systémy v reálném světě), a tím roste počet pohrom. Některé z pohrom mohou lidé zvládnout pomocí preventivních opatření, pro jiné je třeba mít připravena opatření odezvy, zmírňující opatření a standardní zdroje s tím, že pro velké pohromy je třeba mít připraveny nadstandardní zdroje, síly a prostředky [7,8,11].

Na základě současného poznání je třeba věnovat specifickou pozornost rizikům, spojeným s chováním člověka, a to především při řízení a rozhodování [8,11]. Tzv. organizační havárie jsou dle současného poznání způsobeny jednou nebo několika dále uvedených příčin: řídicí pracovník přecenění vlastní rozhodnutí; neznalost a nezkušenost řídicího pracovníka; neschopnost řídicího pracovníka zajistit včasné a správné předání zásadních informací; malé oprávnění řídicího pracovníka při řešení problémů; řídicí pracovník podcenění závažnost situace; řídicí pracovník při rozhodování nerespektuje zákonitosti přírodní, technické, ekonomické či sociální. Proto je důležité neustálé vytváření kultury bezpečnosti [4,6,11].

2.3. Rizika, jejich řízení a vypořádání

Riziko je nyní dominantním konceptem v naší společnosti. Je spojeno se složitými podmínkami nebo faktory jako jsou: nejistá přírodní ohrožení; nejistoty, které zahrnují věda a technologie a jejich působení na zdraví a kvalitu života; zranitelnost lidí a nedostatek

konzistentního vysvětlení životních strastí a jejich významu; a také lidské hry se strachem, šancemi a možnostmi.

Přijatelná úroveň rizika je subjektivní. U známých a častých pohrom je lidmi vnímaná úroveň rizika blízká skutečné míře rizika. U málo častých a málo známých pohrom je lidmi vnímaná úroveň rizika jako neskutečná a vzdálená. Vnímání rizika ovlivňují i jiné faktory – např. u činností, které děláme dobrovolně (horolezectví, skoky na lyžích apod.), předpokládáme, že úroveň rizika je zanedbatelná. Přijatelnost rizika ve skutečnosti je výsledkem porovnávání několika typů přijatelnosti – technická přijatelnost (spolehlivost a složitost technologií, strojů a zařízení), ekonomická přijatelnost (náklady) a socio-politická přijatelnost (vnímání rizik).

Obecně lze tvrdit, že přijatelné riziko se stanovuje na sociálním a znalostním základě a přitom se zvažují sociální, ekonomické a politické faktory. To mimo jiné znamená, že úroveň přijatelného rizika pro bohaté země či entity je vyšší než pro chudé, protože redukce rizika něco stojí. Proto také platí, že přijatelná úroveň neznámá bezpečnou úroveň rizika, tj. že pravděpodobnost vzniku ztrát, škod a újm na chráněných aktivech je malá až zanedbatelná.

Riziko je místně specifické a určuje se z velikostí místních ohrožení, která vytváří možné pohromy v daném místě s ohledem na míry zranitelnosti místa vůči konkrétním možným pohromám. Z uvedených skutečností vyplývá, že pro kvalifikované řízení území či jiného subjektu je důležité znát riziko, a to v pochopitelném vyjádření. V praxi veřejné správy se osvědčilo vyjádření rizika ve formě údaje, že na základě analýzy a hodnocení rizik v území bylo zjištěno, že na specifikovaném úseku:

- je třeba 5 miliardů každý rok na nápravu škod, způsobených existujícím rizikem,
- každých 10 let zemře 10 lidí v důsledku sledované pohromy,
- každých 5 let škody na majetku způsobené pohromou přesáhnou 5 miliard.

Z právě uvedeného vyplývá, že abychom určili riziko, musíme pochopitelně nejdříve znát velikost ohrožení pro každou pohromu, která je důležitá pro bezpečné území a bezpečnou lidskou společnost a pak zranitelnosti území vůči každé vybrané pohromě, která je předmětem našeho zájmu. Proto postupy pro stanovení velikosti rizik respektují jak podstatu jevů, které jsou jejich zdrojem (tj. charakteristiky a fyzikální podstaty pohrom), tak parametry prostředí, ve kterém se jevy vyskytují. Pro určení ohrožení se používají jak metody založené na matematické statistice, mlhavých množinách, přístupech operační analýzy apod., které inherentně předpokládají určitý model výskytu jevů, tj. nepřipouštějí, že tyto jevy jsou mimořádné, tak i metody založené na scénářích dopadů pohrom simulovaných nebo empirických, viz údaje shrnuté např. v pracích [6-8,11,15,16].

Při úvahách v praxi zvažujeme buď jednoduchý případ, a to průběh realizace rizika probíhá stále stejným způsobem, anebo složitější případ, který zvažuje dynamiku vývoje, dle které průběh realizace rizika je proměnný, a to jak v závislosti na změnách parametrů pohrom, tak i v závislosti na momentálních místních a časových podmínkách chráněných aktiv. V prvním případě určujeme jakousi střední hodnotu a její oprávněnost pro použití v praxi spojujeme s podmínkou, že je zvažován nejméně příznivý případ (nacházíme ho v normách a standardech založených na deterministickém přístupu). Druhý přístup odpovídá více skutečnosti, a proto se zvažuje při přípravě všech podkladů pro strategické řízení - určují se variantní scénáře realizace rizika a pravděpodobnosti jejich výskytu; a z nich se jasným matematickým přístupem určuje střední hodnota a její rozptyl (nacházíme ho v normách a standardech založených na pravděpodobnostním přístupu). První případ používáme v souvislosti s výstavbou složitých technických děl při jejich projektování, druhý pak při inspekcích [4,6,11]. Cílem řízení a vypořádání rizik v každém případě je zajistit, aby nebezpečí spojená s realizací rizika byla přijatelná.

2.3.1. Druhy rizik

Historie odhadu rizika je velmi dlouhá a srovnatelná s historií bankovníctví a pojišťovnictví. Např. bez znalosti rizika nelze pojišťovat, nelze poskytovat úvěry, bankovní záruky a jiné finanční služby. Pro posuzování rizik byl vyvinut bezpočet pomocných pracovních pomůcek, metodických návodů, uživatelských příruček a software. Jejich struktura je značně vertikálně a horizontálně diferencována a vyčerpávající klasifikace je obtížná.

Na základě současných znalostí jsou rizika pro potřeby řízení bezpečnosti území, objektu či lidské komunity [7,11] stanovena správně a mají zřejmou vypovídací hodnotu, jestliže jsou stanovena:

- s ohledem na všechna definovaná chráněná aktiva (zájmy),
- definovaným postupem,
- na základě kvalifikovaného datového souboru se stanovenou vypovídací hodnotou a hranicí homogenity,
- na základě kvalifikovaného zpracování kvalifikovaného souboru dat pro dané zadání.

Rizika se liší podle toho:

- jaká jsou zvolena chráněná aktiva, zda je sledován jeden chráněný zájem (a pak jde o dílčí riziko), anebo soubor chráněných zájmů (a pak jde o integrované nebo integrální / komplexní riziko),
- jaké pohromy, tj. zdroje rizik se berou v úvahu. Pro některé úlohy postačuje omezený počet pohrom, např. jen těch, které mohou mít nepřijatelné dopady ve sledovaném prostoru třeba dvakrát za sto let apod.

Dílčí rizika jsou rozmanitá, např. zdravotní rizika, technologická rizika, riziko požáru atd. Pro výpočet dílčích rizik již existuje řada právních předpisů, norem a standardů a s nimi souvisejících podpůrných software. Např. dílčí rizika, která se musí zohlednit, při žádosti o projekty EU, anebo pro zajištění úspěšnosti projektů PPP (Public Private Partnership), se dělí do sedmi skupin [7,11]:

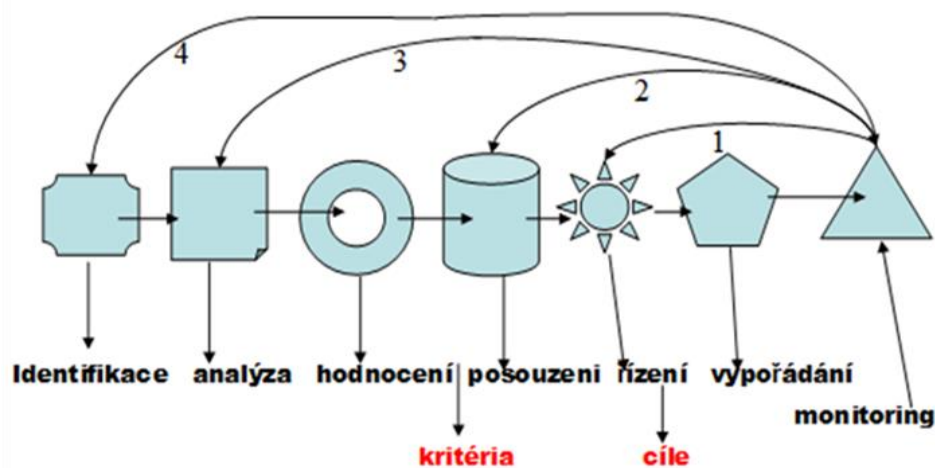
1. Bezpečnostní rizika spojená s chováním a činnostmi lidí.
2. Stavebně-technologická a projekční rizika.
3. Kreditní rizika.
4. Tržní rizika.
5. Vnější rizika spojená s přírodními pohromami.
6. Provozní rizika.
7. Rizika spojená s řízením a rozhodováním.

Každá základní skupina dílčích rizik se dále dělí na další dílčí rizika [7,8]. Výběr z těchto rizik pro konkrétní případ se provádí podle formulace problému a podle stanovených cílů, které jsou v daném případě sledovány, a podle pohrom, které se zvažují jako zdroje rizik.

2.3.2. Koncept práce s riziky

Koncept práce s riziky, tj. procesní model je zobrazen na obrázku 2. Další modely jsou uvedeny v práci [7], popř. v pracích, které jsou v předmětné práci citovány.

Podle úvah současných filosofů, rizika ve společnosti mají svoji objektivní i subjektivní stránku, navíc nestojí mimo kulturní a hodnotové souvislosti (nejsou v tomto směru ani „čistě vědeckým“ problémem a zasluhují pozornost i z hlediska občanské participace). I když moderní společnost uplatňuje onu pohodlnou strategii pojištění a odškodnění, nelze na ni plně spoléhat, neboť některá rizika jsou schopna zasáhnout podstatu sociálního systému, což platí pro některá rizika bezpečnostní. Proti „zvědečtění bezpečnostní politiky“ nelze nic namítnout, pokud dokážeme být reflexivní, což znamená především odhadovat důsledky jednotlivých aktů a nepodléhat iluzi o možnosti „dokonalého řešení“. Spoléhání veřejnosti na experty (a vědecké instituce) může přivodit oslabení schopnosti podílet se aktivně na řešení problémů a dokonat tak odtržení privátního a veřejného (což se pak projeví jako inherentní riziko, na kterém expertiza ztroskotá). Podle odborných koncepcí při vypořádání s riziky mají dle svých možností povinnosti a odpovědnosti všichni zúčastnění (tj. všechny zájmové skupiny).



Obr. 2. Procesní model práce s riziky. Kritéria = podmínky, které stanovují, kdy je riziko přijatelné, podmíněně přijatelné nebo nepřijatelné. Cíle označují žádoucí stavy. Čísla 1,2,3,4 označují zpětné vazby, které se používají, když monitoring ukáže, že nejsou splněny stanovené požadavky na bezpečnost.

Lidé proto mají mít možnost zúčastnit se rozhodování o vypořádání rizik, projevit své potřeby a názory, a to bez obavy z postihů. Obvykle je snaha o zapojení co největšího počtu lidí (i za cenu zvýšených nákladů na počátku procesu), dosahování konsensu a shody. Je to také respektování odlišných názorů a vyjasňování pozic a záměrů různých skupin i jednotlivců. Jestliže zapojujeme do procesu rozhodování veřejnost tak zapojujeme všechny zúčastněné, podle jiných materiálů tzv. podílníky (stakeholders) nebo také dotčené osoby a skupiny. Podílníkem je ten (jedinec, skupina, organizace), kdo může ovlivnit nebo kdo může být ovlivněn (pozitivně i negativně) výsledkem rozhodnutí, plánu, programu nebo i procesem, který k výsledku vede.

Problém nastává v odborných záležitostech, ve kterých podklady pro rozhodování jsou založené na hodnoceních, která jsou složitá a pro řadu normálních občanů nepochopitelná. Situace v těchto případech je proto často válkou lobbistů různých skupin, které usilují o zakázku. Proto je třeba, aby se postupy hodnocení opíraly o legislativu a aby kritéria výběru konkrétních řešení byla zaměřena na veřejně prospěšné cíle (tj. veřejný zájem), umožňovala transparentnost rozhodování při výběru správného řešení s ohledem na zdroje, síly a prostředky veřejné správy, které má k dispozici.

2.3.3. Řízení rizik

V rozhodování o rizicích se řeší dále uvedená dilemata:

- vztah mezi riziky a přínosy (často větší přínos pro lidi znamená zvýšené škody a ztráty pro ekosystémy),
- časový konflikt mezi současnými a budoucími potřebami lidí,
- sociální konflikt (vztah potřeb jedince a celku).

Je obtížné řešit inverzní problémy pro složitost systémů. Zkušenosti ukazují, že když se stanoví a utřídí nějaké příznaky spojené s riziky, vynoří se příznaky nové. Z toho vyplývá, že praktický přístup k řízení udržitelnosti musí být iterační, interaktivní a adaptivní [7,8]. To znamená, že žádná opatření řízení a vypořádání rizik nejsou trvalá, ale jen dočasná, a proto lidé, a zvláště vytvářené řídicí systémy lidské společnosti, musí podmínky monitorovat a antropogenní opatření činnosti a opatření přizpůsobovat situaci.

Cílem strategického, tj. komplexního řízení je za každé situace zajistit ochranu životů, zdraví a bezpečí lidí, majetku, životního prostředí, infrastruktur a technologií, které jsou nezbytné pro přežití lidí, tj. vždy mít schopnost zajistit mobilizaci a koordinaci využití zdrojů (energie, pracovní síla, výrobní schopnosti, jídlo a zemědělství, suroviny, telekomunikace aj.), koordinaci činností takových, jako je systém vyrozumění, systém záchrany a zdravotnické služby, které snižují dopady pohrom a také kontinuitu činnosti státní správy a dodržování zákonů.

Pro cíle lidské společnosti, tj. především pro její bezpečí a udržitelný rozvoj je nutno vzájemně kombinovat opatření a činnosti na snižování zranitelnosti, na zvyšování pružné odolnosti (resiliency) a schopnosti adaptace, které respektují všechna základní chráněná aktiva (veřejná i podniková) v jednotlivostech i celku. Současným nástrojem založeným na znalostech a zkušenostech je na všech úrovních řízení implementovat proaktivní systém řízení bezpečnosti, ve kterém se upraví práce s riziky do takové formy, která respektuje všechna chráněná aktiva a bere v úvahu existující a prokázané vnitřní závislosti. S ohledem na současné poznání je třeba provádět a sledovat výzkum vnitřních závislostí, které zprostředkovávají sekundární a další dopady pohrom na životy, zdraví a bezpečí lidí [7,8].

Na základě současného poznání a zkušeností musí být svět chápán systémově a pro zajištění bezpečí a rozvoje lidí musí lidská uskupení, tj. obce, kraje, státy a společenství států dobře pracovat s riziky. Pro práci s riziky je třeba zvažovat: koncept světa v systémovém pojetí; pojmy důležité pro chápání a řízení bezpečnosti; zdroje rizik a chápat jejich dopady na chráněná aktiva; metody pro hodnocení a posuzování rizik; způsoby řízení rizik; způsoby inženýrského vypořádání rizik; a způsoby práce s riziky v čase.

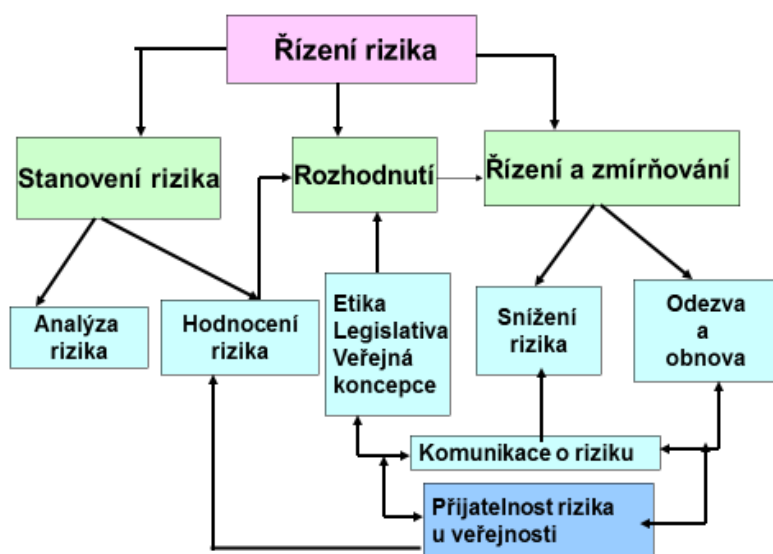
Jak již bylo řečeno, rizik však existuje velké množství, protože jejich zdrojů je velké množství. Navíc rizika stále přibývají a lidská společnost nemá zdroje, síly a prostředky, aby tomu zabránila, tak musí cíleně řídit rizika. Aby řízení bylo úspěšné, tak se musí zaměřit na prioritní rizika a jejich aspekty, jak požaduje typ řízení TQM (Total Quality Management), který je základem norem v Evropě [17]. Řízení rizik entit není záležitostí, ani jednotlivce, ani jednoho sektoru, jak ukazuje obrázek 3. Předmětný obrázek ukazuje základní strukturu řízení rizik, další členění je v práci [7]. Ze základní struktury je zřejmé, že:

- stanovit riziko mohou odborníci, kteří mají znalosti, data a schopnost aplikovat vhodné metody,

- rozhodnout o riziku mohou jen ti, co mají příslušné oprávnění (tj. právně určený subjekt veřejné správy nebo v případě technického díla právně určený subjekt podniku, jemuž entita patří,
- řízení a zmírňování, tj. vlastní aplikace opatření a činností vedoucí ke zvládnutí rizika mohou jen odborníci, kteří mají příslušné znalosti, schopnosti, vybavení, zdroje a prostředky.

Obrázek 3 ukazuje, že veřejnost by měla být platným účastníkem při vypořádání rizik, protože jde o její bezpečí a kvalitu života. Vyjednávání s riziky vychází ze současných možností lidské společnosti a spočívá v rozdělení opatření a činností na vypořádání rizik do kategorií, ve kterých se příslušná část rizika zajistí tak, že:

- preventivními opatřeními se sníží nebo odvrátí realizace rizika,
- účelovými preventivními opatřeními odezvy a připraveností (varovné systémy a jiná opatření nouzového a krizového řízení) se zmírní dopady, tj. sníží nebo odvrátí se nepříjemné dopady při realizaci rizika,
- pojištěním se zajistí zdroje na krytí možných ztrát a škod při realizaci rizika,
- přípravou rezerv a záloh na odezvu a obnovu se zajistí přežití lidí a kontinuita provozu území, objektu či organizace,
- přípravou plánu pro odezvu na nepředvídané situace (Contingency Plan) se zajistí odezva na realizaci rizik neřiditelných nebo příliš nákladných, anebo málo častých.



Obr. 3. Základní rámec pro řízení rizik.

Řízení rizik zacílené na bezpečnost objektu je zobrazeno na obrázku 4 [7]. Přejít od klasického řízení rizik (obrázek 3) na řízení rizik zacílené na bezpečnost (anglicky Risk Governance), znázorněném na obrázku 4 v praxi znamená:

- stanovit synergické vztahy mezi riziky, zranitelností a bezpečím,
- modelovat proces rozhodování správy organizace s ohledem na rizika, nejistoty a neurčitosti (viz podpůrné systémy rozhodování),
- specifikovat rámcové právní podmínky a ochranná opatření,

- zlepšovat činnosti institucí (institucionální změny).

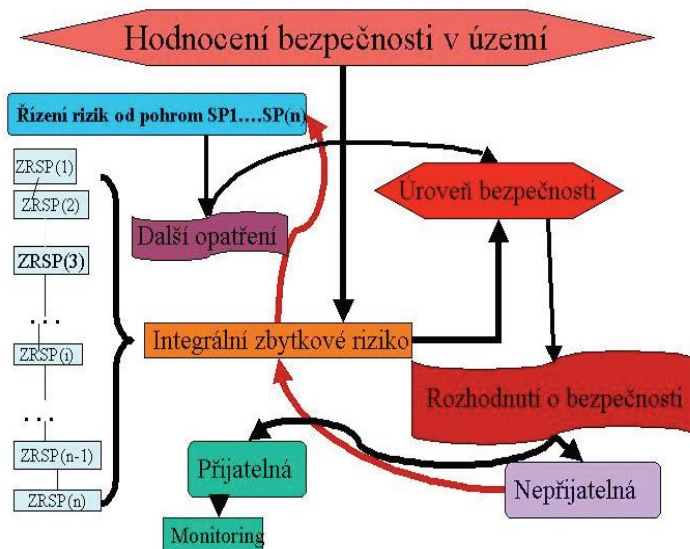
Základním rozdílem mezi řízením rizik (obrázek 3) a řízením bezpečnosti (obrázek 4) je v tom, že v druhém případě se rozhodování provádí na základě míry bezpečnosti, která se stanovuje podle integrovaného rizika, které zvažuje všechny specifické pohromy (tj. pohromy, které mohou způsobit ztráty, škody a újmy na sledovaných aktivech) a bere se v úvahu princip předběžné opatrnosti

Při práci s riziky je důležité aplikovat výsledky poznání, tj. aby řízení dosáhlo cílů, je nutné:

- používat jen podklady získané na základě kvalifikovaných dat, která splňují požadavky na reprezentativní datové soubory (úplnost, ocenění nejistot, vypořádání s neurčitostmi v datech pomocí specifických matematických přístupů),
- aplikovat správné metody rozhodování, které jsou adekvátní problému.

Dle zásad uvedených v pracích [4,6-8,11] platí, že pro:

- strategické řízení entity, které z pohledu zajištění existence je zacílené na bezpečnost, je třeba používat integrální riziko, a pro jeho zjištění ověřené reprezentativní datové soubory, ověřené metody pro zpracování dat a ověřené metody pro rozhodování, protože na tomto úseku je důležitá dlouhodobá udržitelnost,
- střednědobé (taktické) řízení možno používat integrované riziko, a pro jeho zjištění méně přesná data, metody zpracování dat i metody rozhodování (je možné použít software) s tím, že při rozhodování se budou respektovat záměry dané strategickým řízením,
- operativní řízení je možno používat dílčí rizika a na základě cíleně získaných znalostí a zkušeností použít naučené a procvičené postupy a nouzové situace zvládnout s tím, že se především soustředíme na životy a zdraví lidí a na další chráněná aktiva v technické entitě a jejím okolí.



Obr. 4. Model řízení bezpečnosti entity.

Pro klasické řízení rizik i pro řízení rizik ve prospěch bezpečnosti je nutné:

1. Rozumět procesu vzniku pohrom a podmínkám, ve kterých proces probíhá.

2. Znat, ve kterých místech pohroma může vzniknout a jaké může mít fyzikální a jiné charakteristiky.
3. Identifikovat ohrožení, které představuje v daném místě pohroma dle stanovených standardů.
4. Stanovit dopady pohrom o velikosti ohrožení na chráněné zájmy.
5. Eliminovat nepřijatelné dopady pohrom v případech, ve kterých to jde za přijatelných nákladů.
6. U zbylých dopadů vypočítat pomocí prognostických modelů pravděpodobnost jejich realizace s tím, že se vezmou v úvahu i možná selhání preventivních opatření.
7. Vypočítat možné škody na chráněné zájmy v konkrétním území podle chráněných zájmů, které jsou skutečně v území a na základě pravděpodobností určit výši rizika.
8. Identifikovat a realizovat zmírňující opatření s ohledem na lidi, majetek a životní prostředí tak, aby byla ALARP (tak malá, jak je rozumně možné dosáhnout).
9. Prokázat, že byla provedena všechna opatření k zabránění a zmírnění dopadů pohrom.

Přijatelné riziko pro technické dílo i jeho okolí lze dosáhnout snížením ohrožení od konkrétních pohrom, což však jde jen u pohrom, které souvisí s činností člověka, a především snížením zranitelnosti technického díla, která je předmětem hodnocení rizika.

Na základě práce [4] bezpečný systém je chápán jako systém, který je zabezpečen vůči všem vnitřním a vnějším pohromám včetně lidského faktoru, tj. všem škodlivým jevům, a který ani při svých kritických podmínkách neohrožuje sebe a své okolí, tj. prostor, ve kterém žijí lidé. To znamená, že bezpečnost systému je vlastnost systému, která je nadřazena spolehlivosti. Proto parametry, které určují kvalitu systému, jsou uspořádány do pořadí:

- bezpečnost, tj. schopnost systému předcházet kritickým stavům systému (aktivní bezpečnost využívá prvky řízení; pasivní bezpečnost využívá ochranné prvky) a při jejich výskytu neohrozit existenci ani sebe, ani svého okolí,
- spolehlivost, tj. schopnost systému poskytovat požadované funkce za daných podmínek, v dané kvalitě a v daném časovém intervalu,
- dostupnost, tj. schopnost systému poskytovat požadované funkce při výskytu procesu, který danou funkci využívá,
- integrita, tj. schopnost systému poskytovat časově korektní a platná hlášení uživatelům o poruchách systému,
- kontinuita, tj. schopnost systému poskytovat požadované funkce bez přerušení během vyvolání procesu,
- přesnost, tj. schopnost systému zajistit požadované chování systému v požadovaném rozmezí.

U velmi složitých kyber-socio-technologických systémů majících formu systémů systémů přistupuje k uvedeným parametrům další parametr kvality, kterým je interoperabilita, tj. schopnost propojených systémů plnit správně a včas v daném místě a čase požadované úkoly v požadované kvalitě. Tvorba a provoz bezpečného systému jsou podstatně náročnější na znalosti, zdroje, síly a prostředky, a proto v běžné praxi jsou používány zabezpečené systémy, které jsou v případě potřeby doplněny organizačními opatřeními, která zajišťují ochranu veřejných aktiv, když předmětné systémy ohrožují sebe a své okolí.

Řešení žádného úkolu není možné uskutečnit izolovaně, tj. bez ohledu na okolí. Proto se dnes provádí strategické řízení, jehož základní principy jsou ukázány na obrázku 5. Obrázek 5 ukazuje základní mezníky, které rozhodují o tom, zda chování entity je bezpečné nebo nebezpečné při výskytu nebezpečné situace.



Obr. 5. Mezníky rozhodující o bezpečném nebo nebezpečném chování entity při výskytu nebezpečné situace.

2.4. Specifika složitých technických děl

Námi sledované složité kyber-socio-technologické systémy zahrnují jednak složité objekty a jednak infrastruktury, které mohou pracovat samostatně a dohromady pak plní zcela jedinečný úkol, který je vzdálený od úkolů jednotlivých složitých systémů (např. systémy pro výrobu, distribuci a spotřebu elektřiny, plynu apod.). Podle prací uvedených v [4] jsou pro ně důležité dvě systémové vlastnosti, a to interaktivní složitost a těsná spojení. Složité interakce jsou neplánované, neočekávané a většinou neznámé sekvence, které nejsou bezprostředně srozumitelné. Složité interakce v systémech systémů mají za následek nejednoznačná rozhodnutí, nestabilní preference a konfliktní cíle. Těsná spojení jsou nutnou podmínkou k eskalaci nežádoucích jevů vedoucích až k selhání či havárii. Charakterizují se jako proces, který je časově závislý, má malé časové rezervy, je invariantní (v procesu je jediné pokračování – B musí následovat po A), a v důsledku předmětných charakteristik je u něho omezený prostor pro improvizaci.

Interaktivní složitost a těsná spojení mezi prvky v sociotechnickém systému mohou vést ke kritické situaci v důsledku systémového selhání. To znamená, že riziko se tak stává systémovou vlastností. Kvůli složitosti a vysoké propojenosti sledovaných objektů je systematická analýza zranitelnosti a robustnosti s ohledem na selhání obtížná, a proto se používají výsledky simulací. Bezpečnost je definována jako nefunkční požadavek a je spojena s vynořujícími se vlastnostmi systému. Zvažované nefunkční vlastnosti nemohou být přiřazeny k jednotlivým komponentám systému. Vynořují se jako integrující výsledek

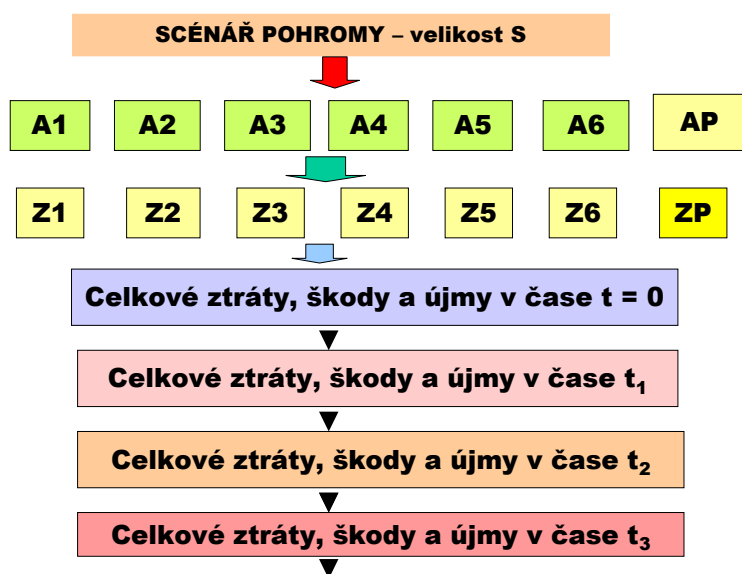
chování systému. Proto požadavky na bezpečnost jsou formulovány na úrovni celého socio-technologického systému a poté sestupným procesem na dílčí systémy. Výsledek působení pohromy o jisté velikosti závisí na okamžitém stavu systému.

3. Nástroje forenzního inženýrství

Výzkum zacílený na zajištění bezpečných technických děl a jejich bezpečného okolí [4,6,11] vyšel z poznání chování složitých technických děl za různých podmínek na základě sběru a zpracování konkrétních dat s použitím kritického myšlení a metod inženýrství zacíleného na práci s riziky. Jeho výsledky jsou reálné nástroje a postupy, kterými lze buď zabránit realizaci nepřijatelných rizik, anebo zmírnit jejich dopady na veřejná aktiva, tj. i na technická díla.

3.1. Výsledek výzkumu

Na základě současných znalostí přímé škody, ztráty a újmy na aktivech umíme určit, když vybereme správný scénář pohromy. Neumíme správně určovat škody, ztráty a újmy spojené s vazbami a toky ve složitých systémech [4]. Proto v případě potřeby zajistit bezpečnost závažných objektů stanovíme expertním způsobem řadu relevantních scénářů prioritních pohrom. Jejich rizika určíme způsobem zobrazeným na obrázku 6 a expertním způsobem stanovíme ochranná opatření s tím, že největší váhu budou mít údaje pro scénáře s největší pravděpodobností výskytu, která bude stanovena na základě posouzení případových studií sestavených pro možné situace na základě reálných dat.



Obr. 6. Vývojový diagram pro stanovení rizik pro potřeby strategického řízení bezpečnosti; A – aktiva a Z ztráty, škody a újmy na aktivech; označení: 1- životy a zdraví lidí, 2- bezpečí lidí, 3 – majetek, 4 – veřejné blaho, 5 – životní prostředí, 6 – infrastruktury a technologie, P – privátní.

Úkolem řízení rizika je najít optimální způsob, jak vyhodnocená rizika snížit na požadovanou společensky přijatelnou úroveň, případně je na této úrovni udržet. Proto je třeba se dohodnout na tom, jaké požadavky bude výstup z hodnocení rizika splňovat a při vypořádávání rizik je

nutné se snažit tyto požadavky dodržovat a případné nedodržení odůvodnit. Na základě poznání moderní způsob práce s riziky požaduje:

- riziko stanovovat během celého cyklu životnosti objektu (umístování, projektování, výstavba, provoz,
- stanovení rizika zaměřovat na požadavky uživatelů a úroveň poskytovaných služeb,
- stanovovat rizika podle kritičnosti dopadů na procesy, poskytované služby a na aktiva, která stanovuje veřejný zájem,
- nepřijatelná rizika zmírňovat prostřednictvím nástrojů řízení rizik, tj. pomocí technických a organizačních návrhů, standardizací operačních postupů nebo automatizovanou kontrolou.

Postup v případě, že riziko není přijatelné dle údajů shromážděných v práci [7] spočívá v: vyhnutí se riziku (tj. nezačít nebo nepokračovat v činnostech, které jsou zdrojem rizika), když to jde – u přírodních pohrom to nejde; odstranění zdrojů rizik, tj. zabránění vzniku pohrom, když to jde – u přírodních pohrom to nejde; snížení pravděpodobnosti výskytu rizika, tj. výskytu větších pohrom (např. snížením množství nebezpečných chemických látek v podnicích), když to jde – u přírodních pohrom to nejde; snížení závažnosti dopadů rizika, tj. příprava zmírňujících opatření jako jsou varovací systémy, systémy odezvy a obnovy; sdílení rizika, tj. rozdělení rizika mezi zúčastněné a pojišťovny; či retence rizika.

Podle Mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO) kvalifikované řízení rizik musí respektovat:

1. Řízení rizik musí být nedílnou součástí systému řízení sledované entity.
2. Řízení rizik musí být obsaženo v každém procesu rozhodování sledované entity.
3. Řízení rizik se musí explicitně zabývat nejistotou a neurčitostí v procesech a podmínkách sledované entity a jejího okolí.
4. Řízení rizik musí být systematické a strukturované.
5. Řízení rizik musí vycházet z nejlepších dostupných informací.
6. Řízení rizik musí být dynamické a vhodně reagovat na různé změny.
7. Řízení rizik musí být uzpůsobeno každé instituci.
8. Řízení rizik musí mít na zřeteli vliv člověka (lidský faktor).
9. Řízení rizik musí mít schopnost neustálého zlepšování.

Rizika se ovládají na základě:

- aplikace technických opatření, která se realizují pomocí: výběru vhodných materiálů pro stavby a zařízení; způsobů konstrukce staveb a zařízení; vložení pasivních bariér, které zabrání jevům jako rozlet úlomků nebo rozptylu nebezpečné látky při ztrátě soudržnosti zařízení nebo stavby (např. obálky různých typů); vložení záložních zařízení a systémů, tj. několika zařízení majících stejnou roli a popř. používajících různé fyzikální principy k dosažení plnění úkolu; či vložení ochrany důležitých prvků),
- řídicích systémů různých typů, které podle výsledků kontinuálního monitoringu upravují provoz,
- organizačních opatření, jejichž cíle jsou: ochránit zaměstnance, pracovní a popř. i okolní prostředí od škodlivých dopadů; a také stavby a zařízení objektu od velké destrukce,

protože technologické celky nejsou levné a pro zachování schopnosti rozvoje území jsou jejich výrobky žádoucí.

Podle výsledků v praxi nejvyšší účinnost (až 80%) mají opatření technická [4,7].

Bezpečnost technických děl není jen záležitost technická, je směsicí aspektů bezpečí a spolehlivosti a vysoce souvisí s provozní spolehlivostí technického systému, která se popisuje zkratkami RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Security) nebo ARSS (Availability, Reliability, Safety, Security), přičemž platí:

1. Availability (dostupnost) je schopnost systému poskytovat služby, když se požadují.
2. Reliability (spolehlivost) je schopnost systému fungovat tak, je zamýšleno, tj. plnit úkoly tak, jak mu byly předepsány.
3. Safety (bezpečnost) je schopnost systému fungovat tak, že nepůsobí škodlivě na sebe a na okolí.
4. Security (bezpečí) je schopnost systému ochránit se před nežádoucími vnějšími a vnitřními vlivy.

Je si třeba uvědomit skutečnost, že splnění požadavků RAMS zajistí provozní bezpečnost, ale ne integrální bezpečnost [11], která je žádaná OSN [5] z důvodu zajištění bezpečí a rozvoje lidské společnosti.

Zajištění bezpečného technického díla je výsledkem fungování procesu řízení bezpečnosti (uspořádaného souboru opatření a činností), který je souborem procesů, jež mají pod kontrolou všechny faktory, které by mohly vést ke vzniku škody, ztráty či újmy na systému a jeho okolí. Ze systémového hlediska se bezpečnost skládá z následujících komponent:

1. Informační činnost pro podporu rozhodování, protože stav bezpečí je výsledkem racionálního rozhodování a dobrých informací. Je však třeba počítat s vlivy na rozhodování o bezpečí jako jsou různá omezení (institucionální, právní, organizační), vlivy médií a veřejného mínění a dimenze politické (zájmové skupiny, ideologie) a technologické.
2. Struktura technického systému, což jsou zařízení, technologie a organizační složky.
3. Lidé jako subjekty bezpečnosti (experti a manažeři bezpečnosti), lidé jako objekty bezpečnosti (ochrana a prevence).
4. Procedury spojující lidi a strukturu.
5. ***Výběr vhodné strategie na zmírňování rizika je tudíž velmi komplexní a kritický úkol.*** Nejde jen o snížení pravděpodobnosti výskytu selhání, ale také o zlepšení podmínek provozních aktiv, jejichž selhání může vést k velkým provozním nákladům. Nesprávná strategie snižuje produktivitu a výnosnost technologického systému. Výběr strategie zmírňování rizika je proto typický multikriteriální rozhodovací problém. Nejlepší strategie pro řízení rizika se musí vybrat z možných alternativ. Musí být vzato v úvahu množství kritérií, z nichž některá jsou konfliktní [4,7,8], např. obrázek 7.
6. Aby se zabránilo iniciaci velkých rizik, která při realizaci působí velké ztráty a škody lidem a dalším veřejným i privátním aktivům, tak základním cílem řízení technologických celků není dosáhnout velkého množství výrobků, ale i prevence ztrát na svých i veřejných aktivech, a proto se hledá konsensus mezi řízením rizik a řízením aktiv objektu. Jde o nalezení způsobu, kterým se nevyvolávají rizika, která způsobí ztráty a škody na veřejných i privátních aktivech, které budou de facto vyšší než užitky ze zvýšené výroby.

7. Protože při orientaci na prevenci ztrát dle [18] nejde jen o snížení pravděpodobnosti výskytu selhání, technologického systému, ale také o zlepšení podmínek provozních aktiv, tak SMS (systém řízení bezpečnosti) technologických objektů musí být flexibilní a musí být zacílen na interoperabilitu veřejných a privátních aktiv.



Obr. 7. Příklad základního konfliktu při řízení kritických objektů – sestaveno s uvážením představy v [18].

Jak již bylo řečeno, heterogenita a těsná propojení systémů v technologických objektech a infrastrukturách jsou příčinou obtížného popisu a emergentního chování předmětných systémů [4,6]. Klasické analytické metody nemají schopnost poskytnout dostatečný pohled kvůli složitosti systémů. K tomu je třeba hluboké porozumění a holistický přístup [6,11].

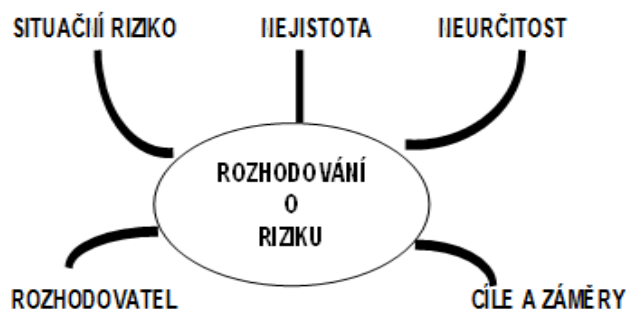
Kromě inherentní složitosti předmětných systémů jsou důležitá jejich propojení, označovaná jako interdependences. Zvláštní význam mají emergentní propojení, která vzniknou jen za specifických podmínek. Právě tyto nepředvídatelné závislosti jsou příčinou kaskádovitých selhání, anebo nežádoucích domino efektů a jiných nežádoucích jevů, které jsou důsledkem různých synergií a kumulací, a které jsou největší hrozbou pro dnešní společnosti.

Modely řízení bezpečnosti složitých technologických objektů a infrastruktur jsou teprve v počátku. Musí mít inherentní charakteristiky jako dynamické nelineární chování, spleť pravidla interakcí, která jsou výsledkem jejich otevřenosti a vysoké propojitelnosti. Dále musí respektovat mnohaúrovňové vnitřní závislosti a nedostatek rozhraní v požadované: diverzité podstaty poskytovaných služeb; koexistenci více časových stupnic; a úrovni vyřešení úkolu

Je také skutečností, že i o riziku se rozhoduje s *rizikem* (technická záležitost – přesnost procesu měření a získávání dat), *nejistotou* (metodologická záležitost – spolehlivost teoretických východisek, identifikace a měření proměnných) a *neurčitostí* (konceptuální záležitost – rozpoznání a identifikace problému), obrázek 8.

Nejistota obecně je odchylka mezi modelem a realitou. Náhodnou nejistotu lze popsat metodami matematické statistiky, když máme k dispozici dostatečné množství dat. Znalostní nejistoty způsobené nedostatkem kvalitních dat nebo důsledky náhlých změn podmínek v technickém díle či jeho okolí lze postihnout jen specifickými postupy, založenými na metodách operační analýzy nebo expertními odhady [11].

Proto ke zvýšení „nebezpečnosti / kritičnosti“ rozhodnutí o rizicích technických děl obecně přispívají *složitost a rozmanitost cílů* (často jsou konfliktní), *citlivost rozhodnutí na změny*, *neurčitost klíčových proměnných a rozdílné pohledy na situaci*.



Obr. 8. Rizika spojená s rozhodováním o riziku.

3.2. Požadavky normy ČSN ISO 31000

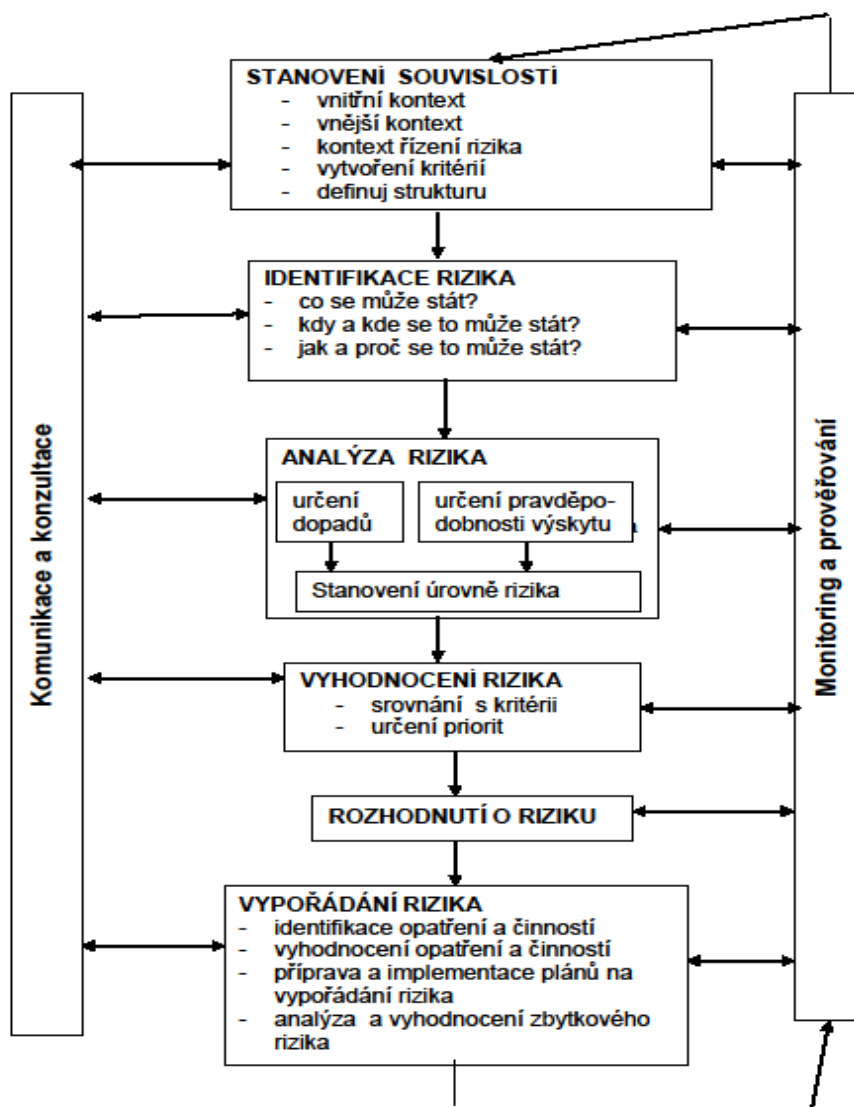
Základní systém pro řízení rizika stanovuje norma ČSN ISO 31000 [19]. Předmětná norma je mezinárodní a stanovuje řadu principů, které je třeba naplnit, aby bylo řízení rizik efektivní. Doporučuje, aby organizace rozvíjely, implementovaly a kontinuálně zlepšovaly rámec, jehož účelem je integrovat proces pro řízení rizik do svého celkového vedení, strategie a plánování, managementu, procesů podávání hlášení, politik, hodnot a kultury. Norma se opírá o projektové a procesní řízení v entitě. Její model je na obrázku 9.

Podle citované normy kvalifikované řízení rizik:

- vytváří hodnoty, protože přispívá k prokazatelnému dosahování cílů jako zlepšení zdraví, bezpečí, kvality životního prostředí, účinnosti procesů a činností atd.,
- je nedílnou součástí procesů, které probíhají v systému, protože za ní odpovídá řídicí struktura systému a je nedílnou součástí všech procesů, z nich složených projektů v objektu i řízení změn,
- je součástí rozhodovacích procesů v systému, čímž pomáhá rozhodovat podle důležitosti a rozpoznávat alternativní způsoby řešení problémů,
- je realistické, protože se explicitně zabývá nejistotou i neurčitostí jak v podmínkách, v nichž se systém nachází, tak v procesech, které v objektu i vně probíhají,
- je systematické, uspořádané a včasné, čímž zajišťuje účinnost opatření a činností,
- je založeno na nejlepších dostupných informacích, což zajišťuje aktuální řešení založené na znalostech,
- je přizpůsobené systému, tj. je místně specifické, což zaručuje jak hospodárnost, tak účinnost,
- bere v úvahu lidské a kulturní faktory v systému, což ovlivňuje jeho přijatelnost u zúčastněných,
- je transparentní a komplexní, což zvyšuje jeho spolehlivost,
- je dynamické, opakovatelné a reaguje na změny v systému, což zaručuje jeho aktuálnost a napomáhá neustálému zlepšování a rozvoji systému.

Rámec řízení rizik zahrnuje:

1. Pochopení systému a jeho souvislostí. V oblasti vně systému je třeba sledovat především kulturní, politické, právní, finanční, technologické, ekonomické, přírodní a konkurenční aspekty prostředí. V oblasti vnitřní se jedná především o kvalitu zdrojů a znalostí (např. kapitál, čas, lidé, procesy, systémy a technologie), informační systémy, informační toky a rozhodovací procesy (jak oficiální, tak neoficiální), vnitřní zainteresované strany, hodnoty, kultura a řídicí struktura systému.



Obr. 9. Schéma pro řízení rizika [7].

2. Politiku řízení rizik. Politika řízení rizik určuje vazby mezi řízením rizik, cíli systému a dalšími politikami (je upřednostněna nebo je na posledním místě při rozhodování; jak se řeší konflikty; jaké metody řízení se používají; jaké nástroje podporují řízení rizik atd.

3. Stanovení odpovědnosti za opatření a činnosti spojené s řízením rizik.
4. Zdroje nutné pro řízení rizik včetně znalostí, dovedností, zkušeností a kompetencí.
5. Stanovení mechanismů pro interní komunikaci a podávání zpráv o rizicích a jejich zvládnání.
6. Stanovení mechanismů pro externí komunikaci a podávání zpráv o rizicích a jejich zvládnání.

Pro implementaci řízení rizik je nutné:

1. Stanovit vhodnou strategii a politiku zařadit je do všech procesů v systému.
2. Proces řízení rizik začlenit do všech významných úrovní a funkcí systému, tj. musí být součástí všech předpisů a směrnic pro procesy v systému.

Kritéria pro posuzování rizik vychází z:

- charakteru a druhu následků, které se mohou vyskytnout včetně jejich měření,
- způsobu stanovení pravděpodobnosti výskytu rizika,
- časového rámce následků a pravděpodobnosti výskytu rizika,
- způsobu určení úrovně rizika,
- úrovně, pod níž je riziko přijatelné nebo tolerovatelné,
- úrovně rizika, od níž je třeba zajistit cílenou odezvu,
- možnosti kombinace více rizik.

Analýza rizika znamená kritické studium kauzálního vztahu příčiny – dopady. Hodnocení rizik znamená porovnání úrovní rizik získaných analýzou rizik s kritérii pro posuzování rizik. Hodnocení rizika z pohledu prevence, připravenosti, odezvy a obnovy musí obsahovat:

- identifikaci ohrožení; specifikaci jevů (nebo scénářů), které ohrožují; specifikaci četnosti výskytu jevů (nebo scénářů), které ohrožují; odhad důsledků jevů (nebo scénářů), které ohrožují (ve kterých je zahrnuto i působení místní zranitelnosti); odhad rizika z kombinace důsledků jevů (nebo scénářů), které ohrožují a četností výskytu; ocenění kroků pro odhad rizika a provedení odhadu rizika; ocenění výsledků odhadu rizika pro potřeby rozhodnutí,
- standardy a normy pro regulaci projektování a provozování lidských činností; postupy a systémy řízení bezpečnosti; a popř. další,
- jakým způsobem jsou cíle řízení rizika nastaveny, zda: cíle o úrovni rizika jsou kvalitativní nebo kvantitativní; splňují technické standardy; standardy řízení jsou systémové; a další.

Zvládnání rizik dle podkladů uvedených v [7] znamená v případě, že riziko není přijatelné, provést:

- vyhnoutí se riziku (tj. nezačít nebo nepokračovat v činnostech, které jsou zdrojem rizika), když to jde – u přírodních pohrom to nejde,
- odstranění zdrojů rizik, tj. zabránění vzniku pohrom, když to jde – u přírodních pohrom to nejde,
- snížení pravděpodobnosti výskytu rizika, tj. výskytu větších pohrom (např. snížením množství nebezpečných chemických látek v podnicích), když to jde – u přírodních pohrom to nejde,

- snížení závažnosti dopadů rizika, tj. příprava zmírňujících opatření jako jsou varovací systémy, systémy odezvy a obnovy,
- sdílení rizika, tj. rozdělení rizika mezi zúčastněné a pojišťovny,
- retenci rizika.

Při výběru opatření na zvládnání rizik je třeba zajistit, aby náklady na zvládnutí rizik nepřevýšily možné škody vyvolané realizací rizika.

Pro posuzování účinnosti řízení rizika se používá index, který hodnotí výkonnost řízení rizika – RMI (Risk Management Index). Jedná se o kvalitativní míru, která je založená na cílech, které si řízení rizik vytyčilo. Někdy se též používají indikátory, u kterých se požaduje, aby byly transparentní, robustní, reprezentativní a snadno pochopitelné pro uživatele (veřejnost, politici, veřejná správa apod.).

Řízení rizik je třeba aplikovat na celé technické dílo, celou organizaci, která technické dílo spravuje, a to v mnoha oblastech a na mnohých úrovních, v kteroukoli dobu a také při řízení projektů a činností.

3.3. Validita zvládnutí rizika při použití norem a standardů

Další používané normy spojené s rizikem v technické praxi jsou: ČSN IEC 300-3-9; ČSN OHSAS 18001; ČSN EN ISO 12100; ČSN EN ISO 12 100-1; ČSN EN ISO 14121-1; ČSN EN 1050:2001; ČSN EN ISO 12100-1; ČSN EN ISO 12100-2; ČSN EN ISO 9000 atd. Normy a standardy ukládají požadavky, které jsou oprávněné. Nestanovují však často způsob, jak požadavky splnit, tj. jaká data a jaké metody použít a platí jen pro jisté podmínky. Proto při aplikaci norem a standardů si musíme uvědomit, co standardy pokrývají. V daném směru jsou obvykle založené na zásadách teorie pravděpodobnosti. Proto si musíme uvědomovat, že v žádném případě nepokrývají všechny možné varianty. Při použití normálního rozdělení platí, že:

- interval (medián- σ , medián + σ) pokrývá 68.5 % případů,
- interval (medián - 2σ , medián + 2σ) pokrývá 85.4 % případů,
- interval (medián - 3σ , medián+ 3σ) pokrývá 99.8 % případů.

To znamená, že používané varianty neplatí pro celý rozsah možných podmínek. Proto u důležitých technických děl je nutno provádět všechna hodnocení spojená s riziky a bezpečností jako místně specifická, tj. vycházet z logických základů metod a systémového pojetí entity; aplikace různých kódů a software, které nejsou místně specifické, mohou za kritických podmínek vést k selhání technických děl [6,20].

V praxi při práci s riziky spojenými s technickými díly se stále používají jen tradiční metody, jako jsou Kontrolní seznam, HAZOP, FMEA, FMECA, QRA apod. [7,11,16], protože pro ně existuje řada software. Jak bude v dalším odstavci doloženo, předmětné metody při práci s riziky nerespektují systémový charakter technického díla při dopadech vnějších pohrom, úmyslných vnějších aktů (např. korupce na správních úřadech s cílem oslabit konkurenceschopnost technického díla), teroristických činů apod., což potvrzují šetření US EPA [21]. To znamená, že platí, že předmětné metody lze použít s ohledem na bezpečnost technických děl jen při řešení některých úloh, ve kterých nejde o integritu bezpečnosti technického díla; všeobecně použitelné metody jsou správně aplikované metody What, If [7,11] a místně specifické kontrolní seznamy, které jsou sestavené experty.

4. Nástroje pro zajištění koexistence technických děl a okolí

Na základě poznatků uvedených v pracích [4,6,11] by technická díla měla být konstruována a provozována podle následujících zásad:

- každé technické dílo je systém systémů, který se v čase mění,
- v důsledku změn v technickém díle a okolí může dojít ke konfliktu, který nebyl očekáván,
- technické dílo i okolí jsou postihovány pohromami s tím, že velké pohromy se vyskytují zřídka a nepravidelně, a proto jejich možné velikosti nejsou odhalitelné metodami založenými na teorii pravděpodobnosti,
- pohromami pro technické dílo se stávají i vazby a spřažení, a to jak ty, které jsou úmyslně vytvořené z důvodu cíle, který dílo plní, tak i ty, které vzniknou neplánovaně tím, že v důsledku pohromy dojde k neočekávaným propojením, která pak vyvolají selhání díla.

V důsledku náhodných i znalostních nejistot je pro každé lidské společenství z pohledu veřejného zájmu, konkurenceschopnosti technického díla a udržitelného rozvoje lidského systému důležité, zda:

- bezpečnost (tj. úroveň opatření a činností ve prospěch bezpečí lidí, tj. i technického díla) v čase roste či klesá,
- ve stanovených časových úsecích je dosahováno plánované úrovně bezpečnosti,
- aplikovaná opatření vedou skutečně ke zvýšení bezpečnosti.

Protože jak technické dílo, tak jeho okolí jsou složité systémy, které se vyvíjí a tento vývoj nemusí být nutně synergický, aplikace přesných matematických metod založených na teoriích, které počítají jen s náhodnými změnami, není schopna určit parametry a jejich proměnnost, jež zajistí bezpečnost technického díla po celou dobu životnosti. Rizikové inženýrství proto zavádí do praxe nástroje, kterými lze zvládnout podmínky, pro něž nebylo technické dílo konstruováno.

Při stanovení rizik je základní aktivitou určení ohrožení, které představuje pohroma / škodlivý jev pro technické dílo. V případě technických děl se často používají k danému cíli techniky HAZOP, FMECA, FTA, ROA (Recursive Operability Analysis, která je méně časově náročná než FTA). V uvedených případech jde o strukturované procedury – organizované přes výrobní proces. Při identifikaci rizik se vyhodnocení škod provádí deterministicky a odhad četnosti výskytu pravděpodobnostně. Právě jejich zaměření na sledování výrobního procesu nedovoluje postihnout selhání na více místech z jedné příčiny [11].

Jelikož většinu rizik nelze odstranit při provozu, leží tíha ochrany technického díla na způsobu řízení bezpečnosti technického díla. Zavádí se pokyny pro provoz při abnormálních situacích: zvážit proměnlivost procesu, tj. odchylky od normálního provozu; příčiny proměnlivosti procesu; důsledky způsobené selháními bezpečnostních funkcí; a ochrana prováděná pomocí: alarmů; zásahu obsluhy; automatickými systémy pro bezpečnost.

Dle [22] existuje více než 60 metodik pro analýzu rizik, které umožňují řízení aspektů bezpečnosti průmyslových objektů. Jsou však místně specifické, a proto vždy před jejich použitím je třeba ověřit, zda jsou pro daný případ vhodné. Analýzy havárií [4,6] ukazují, že při výskytu vnější pohromy nebo chyby lidského činitele může dojít k poškozením na několika místech objektu současně, což stromy událostí založené na výrobním procesu neodhalí.

V práci [21] byly porovnány výše sledované nástroje a byla stanovena vhodnost postupů při práci s riziky v závislosti na cíli, který je v technickém díle požadován. Výsledek je v tabulce 1. Z tabulky vyplývá, že vždy jsou použitelné metody kontrolní seznam, What, If a jejich kombinace. Ostatní metody lze použít jen v určitých fázích řízení rizik zacíleného na bezpečnost technických děl.

Tabulka 1. Použitelnost nástrojů při práci s riziky technického díla; X – označuje použitelnost.

Fáze navrhování a provozu	Kontrolní seznam	What If	Kombinace What If a kontrolního seznamu	HAZOP	FMEA	FTA
Výzkum		X				
Projekt	X	X	X			
Zkušební provoz technického díla	X	X	X	X	X	X
Detailní inženýrské práce	X	X	X	X	X	X
Konstrukce + zahájení provozu	X	X	X			
Rutinní provoz	X	X	X	X	X	X
Modifikace	X	X	X	X	X	X
Vyšetřování nehod a havárií		X		X	X	X
Odstavení z provozu	X	X	X			

O problémech, které jsou spojené s aplikací stromových modelů, pojednává také práce [23], která ukazuje, že velkým nedostatkem aplikace stromových modelů v bezpečnostních a spolehlivostních studiích technických děl je, že technická díla pokládáme za hierarchicky uspořádaná a neuvědomujeme si předpoklady, které používáme při vytváření struktury modelů (tj. to, co zanedbáváme). Jde o předpoklady:

1. Všechny komponenty jsou vzájemně nezávislé. Zanedbávají se vzájemná propojení trvalá i občasná.
2. Systém má strukturu složenou z několika vrstev, které jsou znázorněny jako strom. Zanedbává se, že každý subsystém či komponenta může mít více stavů.

3. Každá úroveň provozu odpovídá jedné konstelaci podmínek. Zanedbává se, že každá úroveň provozu (od perfektního výkonu po totální selhání) je výsledkem složité kombinace konstelací komponent při reakci na momentální podmínky.
4. Oprava poruchy komponenty je okamžitá. Zanedbává se čas potřebný k identifikaci poruchy a k provedení nápravy.

Z důvodu tohoto zanedbání se pak musí v praxi u technického díla používat zálohy.

Když chceme řídit a vypořádat rizika u inženýrských systémů, musíme pochopit jejich složitost. Jde o spřažené / propojené komponenty (systémy), ve kterých jsou zpětné vazby, smyčky a mnoho činitelů. Jejich chování závisí na podmínkách, které jsou rozmanité, a proto nepředvídatelné. Proto jednoduché modely chování těchto systémů, pro které jsou software, nemají schopnost identifikovat všechna rizika, a to hlavně ta, která jsou málo pravděpodobná.

Práce [24] ukazuje, že míra získaného poznání na základě zpracování dat výsledek hodnocení významně závisí na kvalitě dat a zvolené metodě zpracování dat, což potvrzuje výsledky z naší praxe [25].

Problém výběru metod nastává u SoS. Z metodického pohledu řízení rizik SoS představuje koordinaci řady nesourodých procesů, které probíhají současně v různých oblastech a některé jejich výsledky se vzájemně podmiňují, tj. procesy jsou jistým způsobem na sobě závislé, tj. zvládnutí úkolů spojených se zajištěním bezpečnosti je určováno usměrněním opatření a činností v různých částech SoS. Z pohledu daného cíle je nutné, aby každý řídicí orgán SoS chápal každý problém v existujících souvislostech a hledal jeho efektivní řešení v daných podmínkách s ohledem na další systémy, přitom postupoval racionálně a s ohledem na náklady a dostupné zdroje v příslušných oblastech. Uvedené požadavky jsou základním principem SMS pro SoS.

Na základě recentních poznatků a dlouholetých zkušeností s řešením složitých praktických úkolů, při kterých bylo nutno použít praktiky dobré inženýrské praxe, autorka sestavila návrh nástroje na identifikaci a řízení rizik SoS a pro podporu jeho aplikace v praxi jsou uvedeny výsledky testů na reálných datech. Proto na základě znalostí a zkušeností s navrhováním systémů pro podporu rozhodování [7,11] byl logickou syntézou údajů a zkušeností navržen komplexní nástroj pro identifikaci, analýzu, hodnocení a řízení rizik, včetně průřezových, který zaručuje přežití či kontinuitu aktiv při kritických pohromách.

Na základě zkušeností z praxe při práci s rizikem a zranitelností, a to především při hodnocení u technických děl [11], existují omezení při jejich užívání:

- pochopení konceptu metod je obtížné, protože vyžaduje kombinaci několika hledisek,
- nejsou jednotné pojmy a pletou se koncepty zacílené na spolehlivost, zabezpečení a bezpečnost,
- podpory informačních technologií jsou špatně strukturované, protože neodráží systémovou podstatu technického díla,
- uživatelé mají omezené znalosti a schopnosti pracovat např. s informačními technologiemi,
- provedení hodnocení je časově náročné a je i náročné na data,
- procesy hodnocení na sebe nenavazují,
- vedení technických děl se neřídí výsledky hodnocení rizik.

Práce [11] shrnuje výsledky testů nástrojů pro práci s riziky složitých technických děl a doporučuje používat metody: What, If; kontrolní seznamy; Decision Support System; Fischbone Diagram; a Risk Management Plan; jejich popisy jsou v [16].

5. Shrnutí poznatků pro praxi

Jelikož je skutečností, že mnoho zdrojů rizik nelze odstranit, tak pro bezpečí a rozvoj lidí je třeba, aby riziko bylo přijatelné, tak je třeba ho správně řídit. Pro zajištění bezpečí a rozvoj společenství lidí musí správy celků, na které je organizačně roztržiděn lidský systém (tj. správci technických děl i správci území, tj. obce, kraje, státy a společenství států) dobře pracovat s riziky. Pro práci s riziky v každé entitě je třeba vymezit:

- koncept entity a jejich částí v systémovém pojetí,
- základní / prioritní či kritická aktiva entit,
- pojmy důležité pro chápání a řízení bezpečnosti entit,
- zdroje rizik, jejich dopady na chráněná aktiva entity,
- metody pro identifikaci, analýzu, hodnocení a posuzování rizik,
- způsoby řízení rizik,
- způsoby inženýrského vypořádání rizik,
- způsoby práce s riziky v čase.

Výzkum musí pro jednotlivé aktéry připravit datové soubory a nástroje, které budou jak pochopitelné, tak použitelné pro širší odbornou veřejnost. Možná bude třeba vybudovat i poradenskou síť takovou, jakou mají západní země v organizacích TSO (Technical Support Organization).

Na základě současného poznání [11] normativ určující úroveň práce s riziky má sedm položek (obrázek 10), které ovlivňují výsledek práce s riziky technického díla, tj. jeho bezpečnost, a to:

1. Kontext, do kterého jsou zasazena rizika spojená inherentně s technickými díly.
2. Seznam zvlažovaných zdrojů rizik.
3. Typ rizika.
4. Způsoby vypořádání rizik.
5. Procesní model práce s riziky, aplikaci TQM [17] a Coaseho teorému [26].
6. Techniku řízení a vypořádání rizik technického díla.
7. Způsob řízení rizik v čase.

Technické dílo i okolí na sebe neustále působí, přičemž konfliktní situace nastávají zejména ve čtyřech fázích:

- výběr typu technického díla a jeho umístění do území,
- výstavba technického díla,
- provoz technického díla,

- vyřazení technického díla z provozu a umožnění dalšího využití území zabraného technickým dílem.



Obr. 10. Položky, které ovlivňují výsledek práce s riziky technického díla.

Protože jak technické dílo, tak jeho okolí jsou složité systémy, které se vyvíjí a tento vývoj nemusí být nutně synergický, tak aplikace přesných matematických metod založených na teoriích, které počítají jen s náhodnými změnami, není schopna určit parametry a jejich proměnnost, jež zajistí bezpečnost technického díla po celou dobu životnosti. Inženýrské disciplíny pracující s riziky proto zavádí do praxe nástroje založené na heuristickém přístupu pro práci s riziky, kterými lze zvládnout i podmínky, pro něž nebylo technické dílo konstruováno.

Nashromážděná fakta ukazují, že pro zajištění bezpečnosti složitých technických děl je nutno z důvodu složitosti pracovat s riziky specifickým způsobem. Nestačí aplikace norem a standardů, které mají omezenou platnost, je třeba poznat dopady stabilních i možných dočasných propojení mezi prvky, komponentami a systémy technického díla i při abnormálních a kritických podmínkách a podle toho sestavit systém řízení bezpečnosti a způsob jeho fungování v čase. Jelikož během času vznikají rizika nová, je třeba mít pravidelný monitoring rizik, jehož součástí budou i připravená nápravná opatření pro případ výskytu nepřijatelných rizik.

Analýza současné situace ukazuje, že umíme systematicky zvládnout řadu nežádoucích procesů, tj. poruch a selhání technických děl, které dokážeme předem odhalit. Někdy se však vyskytne vzájemné propletení řady zdánlivě nesouvisejících faktorů a v důsledku nelinearit v systému vznikají velmi atypické havárie (často označované jako *černé labutě*, *dračí králové* atd.). Proto nyní připouštíme, že složité objekty, jakými jsou technická díla, jsou z různých důvodů čas od času v nestabilním stavu a vznikají extrémní havárie, kaskády selhání bez zjevné příčiny, neobvyklé jevy apod., tj. připouštíme nejistoty náhodné i znalostní v jejich chování. Z důvodu zajištění jejich bezpečnosti a ochrany lidí:

- zavádíme specifická technická opatření (např. po havárii jaderné elektrárny Fukushima čtvrtý nezávislý zdroj energie a čtvrtý nezávislý zdroj chladiva pro případ odezvy na extrémní pohromu),

- připravujeme řešení odezvy pro možné případy, kdy se realizují rizika z příčin, které nelze odhalit pravděpodobnostními přístupy, a budujeme pro ně náhradní zdroje vody a energie, specifické systémy odezvy a specifický výcvik inženýrů a záchranářů.

V návaznosti na tento fakt, výsledky výzkumu v EU, uvedené v práci [4], ukazují velmi mnoho nedostatků spojených s prací s riziky. Příčiny uvedených nedostatků v oblasti vrcholového řízení států byly identifikovány takto:

- řízení je předurčené politickými a vojenskými aspekty; postrádá lidský rozměr a dává malou podporu obyvatelům EU,
- řízení není prováděno na základě kvalifikovaných dat zpracovaných kvalifikovanými metodami,
- řízení je často určeno fixními ideami bez reálného ohodnocení jejich realizovatelnosti,
- řízení je založeno na představě, že všechno je stacionární, tj. nerespektuje se dynamický vývoj světa, který vyžaduje přípravu na možné extrémní scénáře situací a opatření pro přežití lidí,
- řízení není realizované na základě principu systém řízení bezpečnosti systému systémů v dynamicky proměnném světě.

Ve všech úvahách si je třeba uvědomit známé pravdy, a to:

- riziko je mírou inherentní vlastnosti lidského systému (světa) i každého technického díla, tj. není možné se mu zcela vyhnout,
- zdroje rizik jsou uvnitř i vně technického díla a v procesech, které v technickém díle probíhají a mění se v čase,
- větší riziko znamená zároveň možnost většího zisku i ztrát, a proto riziko vyžaduje duální pohled – pokud chceme získat vyšší zisk nebo jiné přínosy, zvyšujeme i riziko nezdaru a ztrát, a proto úkolem managementu rizik je tyto dvě stránky vyvážit,
- čím přesněji definujeme předmět a cíle technického díla, tím je riziko nižší, protože nejvíce rizik vzniká z nejednoznačných definic předmětu a cílů technického díla,
- dříve identifikované riziko má vyšší šanci na úspěšné vyřešení a naopak, pozdější identifikaci rizika nebo jeho ignorováním a následným řešením nečekaných problémů je technické dílo výrazně poškozováno,
- vše, co není řízeno, dopadá náhodně, většinou však hůře než při aktivním řízení (aktivní řízení rizik znamená trvalé sledování rizika, přípravu a provádění plánů ošetření rizik; zanedbání tohoto principu vede ke zbytečným ztrátám),
- rizika je třeba řídit efektivně. Z pohledu hospodárnosti se zdroji, silami a prostředky nemá smysl se zabývat všemi riziky, ale jen těmi, kde vynaložené úsilí přinese výsledky, jež toto úsilí přesvědčivě převyšují.

Na základě zkušeností autorky, která se v roli recenzenta odborných prací a projektů setkala s výsledky specialistů z oblasti informačních technologií, kteří na křídovém papíře prezentovali barevné obrázky modelů zpestřené blikajícími efekty, jež odporovaly fyzikálním zákonitostem (např. zákonu o zemské přitažlivosti, zákonu útlumu energie se vzdáleností apod.) uvádíme pravidla publikovaná Golombem v r. 1970 [27]:

1. Nevěřte důsledkům 33. řádu u modelů 1. řádu.
2. Neextrapolujte výsledky modelu za hranice jeho platnosti.

3. Nepoužívejte žádný model, dokud neporozumíte zjednodušujícím předpokladům, na kterých je založen.
4. Nevěřte tomu, že model je realita.
5. Nepokoušejte se realitu přizpůsobit modelu.
6. Neomezujte se pouze na jediný model sledovaného jevu nebo procesu. Použití více modelů pro sledovaný jev umožňuje lépe porozumět jeho různým aspektům.
7. Nepoužívejte modely, o kterých se ví, že nejsou správné.
8. Nebud'te zamilovaní do svého modelu.
9. Neaplikujte terminologii oblasti A na problémy oblasti B. Neprospěje to žádné z nich.
10. Nečekejte, že pokud jste problém pojmenovali, tak jste ho také vyřešili.

Zejména je třeba se vyvarovat přístupu, který je možno shrnout do následujících bodů:

1. Pokud máte kladivo, hledáte hřebík.
2. Pokud máte dobré kladivo, vše vypadá jako hřebík.

Dynamické vlastnosti systémů jsou dány dynamickými charakteristikami, které mohou být algebraické nebo experimentální. Každý řídicí systém má pět vzájemně souvisejících struktur: rozhodovací; funkční; organizační; informační; a technické zabezpečení. A každá struktura řeší specifický okruh problémů, tj. jde též o systém systémů. Cílem praktických úloh je pochopitelně najít optimální řešení pro všechny uvedené systémy, jak ukazuje [6].

Poznatky pro kvalitní práci s riziky, zacílenou na bezpečné technické dílo a jeho bezpečné okolí, uvedené výše lze shrnout následovně:

- určit kritické procesy, kritická místa a kritická aktiva technického díla,
- zvážit všechny možné pohromy, které mohou ovlivnit technické dílo (All-Hazard-Approach) [14] a vypořádat se s nimi pomocí aplikace přístupu Defence-In-Depth [28],
- monitorovat a posuzovat rizika v čase a posuzovat úroveň bezpečnosti technického díla a v případě, že není žádoucí reagovat kvalifikovaně na prioritní rizika.

Důležité je si uvědomit, že riziko je nejen proměnné v čase, ale i místně specifické, a tudíž není určitelné nástroji, které byly odvozené jinde pro konkrétní situace a mají softwarové podoby. Zde je nutné respektovat podmínky transferu technologií a nástroj přizpůsobit místním podmínkám. Přizpůsobení místním podmínkám vyžaduje:

- rekognoskaci technického díla a jeho okolí doprovázenou určením kritických procesů, kritických míst a kritických aktiv technického díla,
- stanovení variantních scénářů pro prioritní pohromy (příčiny prioritních rizik), jejichž zdroje jsou uvnitř i vně technického díla a také lidský faktor. Z důvodu výše zmíněného poznání, že použití jednoho software, které respektuje jen výrobní proces, vede k nezváženému dopadu pohromy na několik míst technického díla najednou (v technickém slangu mluvíme o příčinách selhání technického díla z jedné příčiny), je nutné vytvořit scénáře pro technické dílo jako celek s mnoha aktivy, i scénáře pro dobře definované části kolem kritických míst. Na základě všech scénářů stanovit dopady na aktiva technického díla metodou What, If,
- logicky vyhodnotit variantní scénáře a jejich dopady, a přitom vyznačit a posoudit možná propojení.

Pak už lze použít logické rutinní postupy, které jsou shodné u obecných metod, popsané v [7,16], a které jsou obsaženy v modelu na obrázku 9 obsaženém v normě ISO 31 000 [19], a mají softwarové podpory. Z uvedeného je zřejmé, že know how práce s riziky je právě v prvních bodech, které jsou určeny specifikami technického díla. Ze zkušeností z praxe vyplývá, že právě tato část je často podceněná zpracovateli, kteří věří v sílu software. Kvalitní provedení první specifické části práce s riziky vyžaduje spolupráci odborníka, který má zkušenosti s popsánými úkoly a odborníků z technického díla, kteří mají místní znalosti a zkušenosti. Pro podporu praxe, jsou proto v publikaci uvedeny konkrétní příklady jak vzorů úspěšných aplikací nástrojů používaných inženýrskými disciplínami při práci riziky, tak obecné nástroje, které lze použít u každého technického díla, protože je v nich inherentně zabudována proměnnost sledovaných položek v prostoru i čase.

Literatura

- [1] ASCE. *Global Blueprints for Change – Summaries of the Recommendations for Theme A „Living with the Potential for Natural and Environmental Disasters“, Summaries of the Recommendations for Theme B „Building to Withstand the Disaster Agents of Natural and Environmental Hazards“, Summaries of the Recommendations for Theme C „Learning from and Sharing the Knowledge Gained from Natural and Environmental Disasters“*. Washington: ASCE 2001.
- [2] HAIMES, Y. Y. *Risk Modeling, Assessment, and Management*. ISBN: 978-0-470-28237-3. John Wiley & Sons 2009. 1040p.
- [3] KIRCHSTEIGER, Ch. (ed.). *Risk Assessment and Management in the Context of the SEVESO II Directive*. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [5] UN. *Human Development Report*. UN, 1994 New York: UN 1994. www.un.org.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 978-80-01-06180-0. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza a řízení rizik*. ISBN: 978-80-01-04841-2. Praha: ČVUT 2011, 405p.
- [8] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. Praha: ČVUT 2011, 483p.
- [9] UNDP. *Human Development Report*. ISBN: 978-92-1-126413-5. New York: UN 2016, 272p., <http://hdr.undp.org>
- [10] ČR. Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., *o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury*
- [11] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p.
- [12] EU. <http://ec.europa.eu>
- [13] PROCHÁZKOVÁ, D. *Rizika spojená s pohromami a inženýrské postupy pro jejich zvládnutí*. ISBN 978-80-01-05479-6. Praha: ČVUT 2014, 234p.
- [14] FEMA. *Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning*. State and Local Guide (SLG) 101. Washinton: FEMA 1996.

- [15] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metodika pro odhad nákladů na obnovu majetku v územích postižených živelní nebo jinou pohromou*. ISBN 978-80-86634-98-2. Ostrava: SPBI SPEKTRUM XI 2007, 251p.
- [16] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [17] ZAIRI, M. *Total Quality Management for Engineers*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1991
- [18] BORGES, HICKEY, C. Balancing Safety and Performance through QRA and RAM Analyses. In: *Safety and Reliability: Methodology and Applications*. ISBN:978-1-138-02681-0. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 445-452.
- [19] ISO. *Risk Management – Principles and Guidelines*, ISO 31000:2009.
- [20] FEMA. *Promoting Critical Infrastructure Protection by Emergency Managers and First Responders*. Nationwide. 2005. www.usfa.fema.gov
- [21] US EPA. PHA Techniques in Chemical Emergency Prevention & Planning. *Newsletter* 2008, No. 8, pp. 3-6.
- [22] CONTINI, P. M., CONTINI, S., COPELLI, S., ROTA, R., DEMICHELA, M. From HazOp Study to Automatic Construction of Cause Consequence Diagrams for Frequency Calculation of Hazardous Plant States. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-315-64841-5. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 347-355.
- [23] GUANGHAO ZHU, YUFENG SUN & GUANGYAN ZHAO. A Dynamic Fault Tree Method for Availability Assessment of the Repairable Gas Transmission System. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-315-64841-5. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 1897-1903
- [24] SHORTRIDGE, J. E., AVEN, A., GUIKEMA, S. D. Risk Assessment under Deep Uncertainty: A Methodological Comparison. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. www.taylorandfrancis.com, London: Taylor & Francis Group 2015. pp. 847-855.
- [25] ČVUT. *Archiv řešených úloh z oblasti řízení bezpečnosti a krizového řízení*. Praha: ČVUT, fakulta dopravní, ústav bezpečnostních technologií
- [26] COASE, R. H. The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3 (1960), pp. 1-44.
- [27] GOLOMB, S. W. Mathematical Models - Uses and Limitations of Simulation. *Mathematical Journal*, 14 (1970), 4, pp 197 - 198.
- [28] INSAG. *Defence in Depth in Nuclear Safety. INSAG-10*. ISBN 92-0-103295-1. Vienna: IAEA, 1996.

Návaznost na výzkumné projekty: EU „FOCUS - Foresight Security Scenarios – Mapping Research to a Comprehensive Approach to Exogenous EU Roles“; grant ČVUT „OHK2-003/15, Řízení bezpečnosti a ochrana kritických objektů a kritických infrastruktur“; a projekt MŠMT „RIRIZIBE CZ.02.2.69/0.0/0.0/16 _018/000“. Autorka děkuje všem zadavatelům uvedených projektů za vytvoření podmínek, které jí umožnily odbornou práci.

COEXISTENCE OF HUMAN COMMUNITIES AND TECHNICAL FACILITIES

KOEXISTENCE LIDSKÝCH KOMUNIT A TECHNICKÝCH DĚL

Dana Prochazkova^{*)}

Czech Technical University in Prague

Abstract: The paper shows that technical facilities belong to public assets but they have also damaging potential for environment and humankind. Therefore, the human society needs to manage the coexistence of environment, human society and technical facilities during their live cycles.

Key words: disasters; risks; technical facilities; human society; coexistence; resilience.

Abstrakt: Článek ukazuje, že technická díla patří do veřejných aktiv, ale mají též ničivý potenciál pro životní prostředí a lidstvo. Proto lidská společnost musí řídit koexistenci životního prostředí, lidské společnosti a technických děl po dobu jejich životnosti.

Klíčová slova: pohromy; rizika; technická díla; lidská společnost; koexistence; pružná odolnost.

1. Introduction to problem

Present goal of humans is to live at safe space. In agreement with EU [1], UN [2] and professional knowledge, summarized in [3], there is necessary for conservation and sustainable development of human society to create safe territory, safe community, safe state, safe Europe and safe world. Safe space is safe open dynamically variable system, named Human System according to [2].

From professional viewpoint Human System is system of systems (SoS), which is formed by several overlapping open systems, and therefore, its management is not easy [3]. In agreement with Maslow pyramid [4] its assets according [3] are:

- human lives, health and security,
- property and welfare,
- environment,
- technological facilities having the object or net form.

^{*)} doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

Human system security and development is disturbed by disasters (internal or external phenomena that lead or can lead to damages, harms and losses of system assets). Disasters are results of processes, actions and phenomena that are under way in human society, environment, planet system, galaxy and other higher systems. It is fact that human system safety is very affected by human factor, mainly by human management acts that are sources of organizing accidents.

For safe world, we need to negotiate with risks of different origin and kind; i.e. with all disaster types. It is necessary to consider that human capability in combat with disasters is limited, namely to design disaster (disaster size to which the humans systematically perform successful countermeasures). It means that higher disasters and especially extreme disasters threaten the human existence [3]. For human protection it is necessary:

- to realize the better countermeasures against disasters,
- to reduce human assets vulnerability,
- to strengthen the resilience of human cities.

Resilience is the combination of asset capability „withstanding” and “recovering” from disaster [5]. Present attention is concentrated to resilience of cities and states. It is improved by technical and organizational tools; i.e. by technology, organization and education, which work with the priority risks by way directed to human system safety. Tools for work with risks are: empirical, theoretical (analytical – deterministic, probabilistic approach); and expert (complex systems – multi criteria nature, DSS, ...). Present knowledge shows that tools need to be applied proactively, systematically and coherently, so the aim might be reached. It means that it is necessary to apply smart tools for work with priority risks [3].

Special interest at human security formation is concentrated to technological facilities that on one side improve human life quality and on the other they have potential seriously to threaten humans. Present human effort [3] is concentrated to build:

Dependable (reliable) system denoting the system that performs required functions in given place, given time and given quality during the whole life cycle.

Secure system denoting the dependable system that is protected against to internal and external disasters of all kinds.

Safe system denoting the secure system that does not endanger itself and its vicinity under all conditions.

The main quantities following in this field [3] are:

Risk denoting the probable size of losses, damages and harms on protected assets in real system that is calculated for unit of space and unit of time.

Safety denoting the human measures and activities for protection of humans and other public assets (on the system level).

Criticality denoting the limit (boundary) from which the risk impacts are significant up to eliminative for followed system, which means that appurtenant risk needs to be always mastered.

Present knowledge [3] shows that: safety and risk are not complementary quantities because risk reduction means safety increase, but it is not always valid inversely; complementary quantity to safety is criticality because risk level predetermines the criticality.

2. Human management culture

Main problem in safe system formation (at human system and technological facility system) is connected with the system nature of all items in our world. Our knowledge is not sufficient for pulling off unacceptable interdependences on levels: physical; cyber; organisational; and territorial [3]. Very important it is also the human behaviour, i.e. the safety culture and in technological facilities the process safety.

The culture denotes the specific material and spiritual values that the humans create by their activities and by which they enhance life of both, the humans and the whole human society. Society culture is integral system of substances, values and societal norms, which members of given society follow, and which through sharing they transmit to next generation. It is collection of values, symbols, company heroes, rituals and own histories that act upon exterior, and they have big influence on human behaviour at working positions [6]. **Safety culture** means that human at all roles (control worker, employee, employer, citizen or disaster victim) respects the safety culture, i.e. he / she behaves in a way so he / she may not cause to happen the possible risks realisation, and if risk realisation happens, he / she may contribute to the effective response, the protective interests' renovation and to start of further development.

Effective safety culture is fundamental element of safety management. It reflects safety concept and it goes out from values, attitudes and manners of top management workers and from their communication with all involved persons. It is obvious obligation to participate in solving the problems of safety and it promotes so all involved perform safely and so may observe the appropriate legal rules, standards and norms. Safety culture rules need to be incorporated into all activities in each entity and in each territory. Its principles are: outright, open attitude to weak spots, action directed to finding the solution; diversion from the culture of determination of responsibility for fault and punishment of such person; employees, employer and top management behave responsibly, separately and with orientation to team - "the safety culture" is a part of their life; safety standards are accepted and integrated to everyday company life; and safety and health protection form important value for both, the company workers and the whole company.

Safety culture for technological facility means that company undertakes to carry out manufacturing with the highest safety standards. For reaching such aim, it is crucial so it holds established the effective and without disincentives pursued advise of all accidents, incidents, near misses, random events and cases, experiences, doubts and further information and data that might adversely shaped the facility and its vicinity.

In link-up with safety culture there are necessary procedures as loss prevention and process safety. Loss Prevention is systematic approach to prevention of accidents, or at least to reduction of their impacts. It includes means for elimination of sources of risks or for reduction of probability of their realization, and for mitigation of impacts connected with this realization (preventive and consequential measures). Further it includes identification of suitable supervisory measures, identification and application of suitable remedial measures, by help of which it is ensured the safe entity with appropriate level of security and sustainable development that does not pose unacceptable danger for its vicinity [3].

Process safety or better the safety of processes is a branch of safety directed to safety in industry, in which there are series of manufacturing and additive processes that are necessary for setting up of final product of a given industry. Together with production it goes on averting the accidents that have special and characteristic features for a given specific industry. It deals with e.g. prevention of immediate leakage of chemical substances or

energies in harmful amount, and in case if such leakage occurs by reduction of sizes of their impacts and consequences. It does not include the questions of classic safety and protection of workers at work, i.e. it deals with purely technical problems, by which it differs from the system safety that is directed to all public assets.

3. Conclusion for human contribution to safe world

Today’s cognition shows that in all cases, the humans need to apply safety management process directed to ensuring the security and development of system and its vicinity. Due to the world dynamic development, the human security and development may be ensured by *permanent conflict management in human space* [3], especially in case of conflicts between technical facilities and their vicinities at: sitting; building; operation; decommissioning. The image of process for coexistence formation is given in Figure 1.

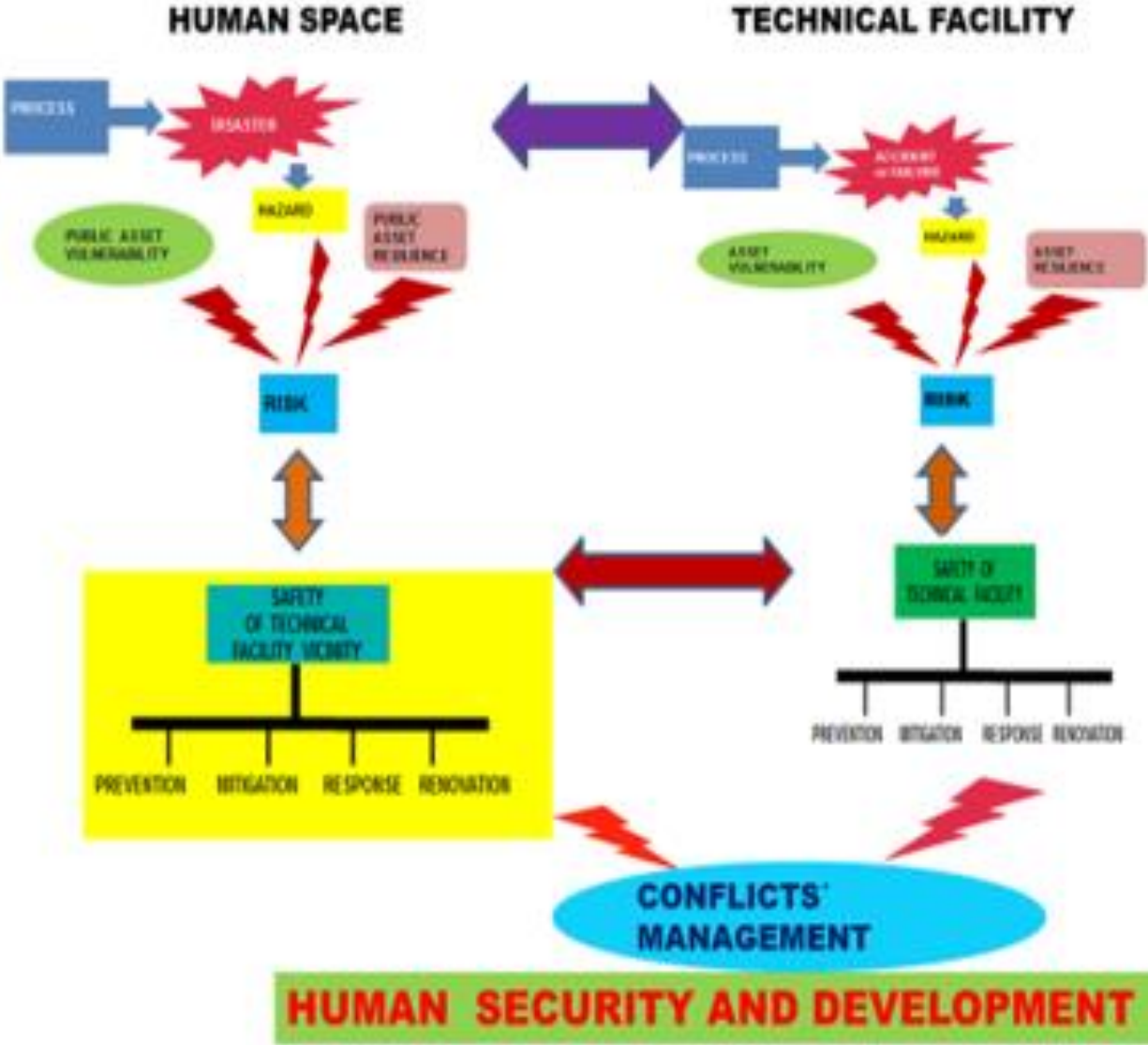


Figure 1. Principle of coexistence is permanent solving the conflicts.

References

- [1] EU. *The Safe Community Concept*. PASR project. Brussels: EU 2004.
- [2] UN. *Human Development Report*. New York: UN, 1994, www.un.org.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Safety of Complex Technological Facilities*. ISBN: 978-3-659-74632-1. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing 2015, 244p.
- [4] MASLOW, A. H. *Motivation and Personality*. New York: Haper 1954, 236p
- [5] WOODS, D. D. Four Concepts for Resilience and the Implications for the Future of Resilience Engineering. *Reliability Engineering & System Safety*, 141 (2015), 5–9.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. The Human Factor and Its Handling. Chapter 7. In: *Advances in Intelligent Vehicles*, Academic Press 2013, ISBN-10:0123971993, pp. 199-224.

Acknowledgement: Author thanks the EU and the MŠMT, project RIRIZIBE, CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002649.

RIZIKA A JEJICH ŘÍZENÍ ZACÍLENÉ NA BEZPEČNOST V DOPRAVĚ

RIZIKA PŘI VZNIKU A ŠETŘENÍ MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ V DRÁŽNÍ DOPRAVĚ

RISKS RELATED TO THE OCCURRENCE AND INVESTIGATION OF EMERGENCIES IN RAIL TRANSPORT

Peter Hrmel^{*)}

České dráhy a.s.

Abstrakt: Mimořádné události v drážní dopravě vznikají vlivem existujících rizik při provozování dráhy a drážní dopravy nebo vlivem vnějšího prostředí. Existují další rizika, která provázejí následné úkony při šetření a likvidaci následku těchto mimořádných událostí. Článek se zabývá vybranými typy mimořádných událostí a poukazuje na rizika, která mohou mít negativní vliv na odstraňování jejich následků. Existující rizika by měla být předmětem pravidelného podnikového proškolení, aby nedocházelo k jejich podcenění a navyšování dopadů mimořádných událostí.

Zvláštní pozornost musí být věnována nehodám s přítomností nebezpečných látek a mimořádných zásilek, kde existuje riziko porušení povinností z přepravy těchto zásilek. K omezení rizik je potřeba zvážit i některé změny v podmínkách přístupu na dopravní cestu a využití používaných aplikací výpočetní techniky.

Klíčová slova: drážní doprava; riziko; mimořádná událost; nehoda; dopady; drážní vozidlo.

Abstract: Extraordinary events in rail transport arise due to the existing risks of rail and rail traffic or due to the external environment. There are other risks that accompany follow-up actions to investigate and eliminate the consequences of these extraordinary events. The article deals with selected types of emergencies and points out the risks that may have a negative impact on the removal of their consequences. Existing risks should be the subject of regular corporate training to avoid underestimating and increasing the impact of extraordinary events.

Particular attention must be paid to accidents involving the presence of hazardous substances and extraordinary items where there is a risk of breaches of the obligations to transport such consignments. In order to limit the risks, some changes in the conditions of access to the transport route and the utilization of used computer applications have to be considered.

Key words: rail transport; risk; extraordinary event; accident; impacts; rail vehicle.

^{*)} Ing., phrmel@seznam.cz

1. Úvod

Česká republika (ČR) disponuje jednou z nejhustších železničních sítí na světě, s vysokou intenzitou vlakové dopravy. Zejména některé tranzitní koridorové tratě jsou vystaveny zatížení, spotřebovávající kapacitu dráhy limitně se blíží maximálním hodnotám

propustnosti dotčených tratí. Ke zmírnění tohoto stavu může do budoucna přispět zvýšení počtu traťových kolejí, kde je to konstrukčně možné. Velká očekávání jsou spojována s uvažovanou výstavbou vysokorychlostních tratí, které, kromě odlehčení zátěže v oblasti osobní dopravy, by měly značně zkrátit přepravní doby mezi významnými městskými aglomeracemi. Snížení tlaku na kapacitu dráhy může mít i pozitivní vliv na snižování rizik železniční dopravy, vyplývajících zejména z chyb lidského činitele u všech zúčastněných na provozování dráhy, drážní dopravy a třetích stran.

Bezpečnost železniční dopravy je v porovnání s ostatními typy infrastruktur na relativně vysoké úrovni. Zejména z konstrukčních a stavebních důvodů je vyloučena řada kolizních situací, které jsou v jiných typech dopravy zcela běžné. Jízda drážních vozidel je omezena konstrukcí železničního svršku, kolejnicemi a výhybkami. Strojvedoucí hnacího drážního vozidla ovlivňuje rychlost vlaku, brzdění a směr jízdy vlaku vpřed nebo vzad. Přejíždění z koleje na kolej je realizováno tím, že tzv. vlakové cesty v dopravních s kolejovým rozvětvením určuje obsluhující zaměstnanec řízení dopravního provozu, výpravčí nebo traťový dispečer [1]. Drážní doprava, jako jediná, vylučuje na své infrastruktuře výskyt individuální dopravy, která je zcela běžná v dopravě silniční, lze ji spatřit na vodních cestách v říční nebo námořní dopravě. Vyloučena není ani kolizní situace s dopravujícími se jednotlivci na vlastních strojích v dopravě letecké. Přístup na železniční dopravní cestu je umožněn pouze subjektům s platnou licencí k provozování drážní dopravy, vydanou Drážním úřadem ČR, po zakoupení kapacity dráhy a po splnění dalších legislativně stanovených podmínek.

2. Legislativní východiska

Provozování dráhy a drážní dopravy v ČR je zasazeno do legislativního rámce, který se v průběhu času vyvíjí a přizpůsobuje požadavkům, doporučením a směrnicím Evropské unie (EU) a schválené státní dopravní politice. Po letech plánovitého řízení státu došlo koncem minulého století k přechodu na tržní hospodářství a potřebě změny v celkové organizaci drážní dopravy ve vlastnictví státu. Po vzoru a na doporučení EU byla monopolní státní organizace České dráhy transformována do několika společností, tvořící páteří systém odvětví železniční dopravy. Současně byla formulována potřeba liberalizace dopravního trhu v ČR, čímž došlo k rozšíření konkurence na tradičně uzavřeném prostoru a vstupu nových firem do množiny společností provozujících drážní dopravu osobní nebo nákladní. V rámci společenských změn v ČR doznala veškerá legislativa postupného posunu ke kapitalistickému volnotržnímu střihu. Tento trend je znatelný zejména v množství novelizací jednotlivých zákonů a vyhlášek. V současné době je problematika drážní dopravy upravována zejména těmito hlavními legislativními dokumenty [2]:

1. Zákon 266/1994 Sb., o drahách ve znění pozdějších předpisů.
2. Směrnice Evropského parlamentu a rady 2004/49/ES.

3. Přípojek C Vyhlášky č. 8/1985 Sb., o Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě (COTIF) ve znění pozdějších předpisů - Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID), v platném znění.
4. Vyhláška MD ČR č. 100/1995 Sb., kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace (Řád určených technických zařízení).
5. Vyhláška MD ČR č. 101/1995 Sb., kterou se vydává Řád pro zdravotní způsobilost osob při provozování dráhy a drážní dopravy, ve znění pozdějších předpisů.
6. Vyhláška MD ČR č. 173/1995 Sb. kterou se vydává dopravní řád drah.
7. Vyhláška MD ČR č. 177/1995 Sb. kterou se vydává stavební a technický řád drah.
8. Nařízení vlády ČR č. 1/2000 Sb., o přepravním řádu pro veřejnou drážní nákladní přepravu, ve znění pozdějších předpisů.
9. Zákon 77/2002 Sb., o akciové společnosti České dráhy, státní organizaci Správa železniční dopravní cesty a o změně zákona 266/1994 Sb. o drahách ve znění pozdějších předpisů.
10. Vyhláška MD ČR č. 376/2006 Sb., o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádných událostí na drahách, ve znění pozdějších předpisů.
11. Nařízení vlády ČR č. 208/2011 Sb., o technických požadavcích na přepravitelná tlaková zařízení.

Pro případ výskytu mimořádné události v drážní dopravě s přítomností nebezpečných věcí je zapotřebí navíc postupovat i s ohledem na další legislativní dokumenty [3], zejména:

1. Nařízení Evropské Komise (ES) č. 1272/2008 ve znění nařízení Evropské Komise (ES) 790/2009 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (Classification, Labelling and Packaging of Substance and Mixtures – CLP).
2. Směrnice 2012/18/EU (SEVESO III) ze dne 4. 7. 2012 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek (V případě vzniku MU v zóně havarijního plánování objektu skupiny A nebo skupiny B dle Zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií ve znění pozdějších předpisů).
3. Zákon 224/2015 Sb., Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů (V případě vzniku MU v zóně havarijního plánování objektu skupiny A nebo skupiny B dle Zákona 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií ve znění pozdějších předpisů).

3. Mimořádné události v drážní dopravě

Provozování dráhy ve vlastnictví státu a organizací drážní dopravy na dotčené infrastruktuře je v ČR pověřena státní organizace Správa železniční dopravní cesty (SŽDC) [4]. Pro účely ohlašování a šetření MU v drážní dopravě je na základě platné legislativy (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/49/ES, Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách, ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky Ministerstva dopravy č. 376/2006 Sb., o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádných událostí na

dráhách, ve znění pozdějších předpisů) vypracován Předpis pro hlášení a šetření mimořádných událostí s označením SŽDC D17 [5]. Tento předpis definuje mimořádnou událost v drážní dopravě jako nehodu nebo incident, ke kterým došlo v souvislosti s provozováním drážní dopravy na dráze nebo pohybem drážního vozidla na dráze nebo v obvodu dráhy a které ohrozily nebo narušily:

- bezpečnost drážní dopravy,
- bezpečnost osob,
- bezpečnou funkci staveb nebo zařízení, nebo
- životní prostředí.

Nehodou je událost, jejímž následkem je smrt, újma na zdraví nebo jiná újma. Vážnou nehodou je nehoda způsobená srážkou nebo vykolejením drážních vozidel, jejímž následkem je smrt, újma na zdraví alespoň 5 osob nebo škoda velkého rozsahu podle trestního zákoníku na drážním vozidle, dráze nebo životním prostředí, nebo jiná nehoda s obdobnými následky. Incidentem je jiná událost s dopady menšími než vážná nehoda a nehoda.

Dle závažnosti dopadů jsou MU v drážní dopravě dále členěny, s ohledem na předchozí definice, na:

- vážné nehody,
- nehody,
- incidenty.

V současné době jsou tyto základní kategorie MU dále členěny podle způsobu, jakým k události došlo, druhu pohybu drážního vozidla, místa události, okolností vzniku, druhu závadného jednání a dalších rozhodujících kritérií pro statistické účely provozovatele dráhy dle tabulky 1. Toto rozdělení představuje efektivní nástroj k pojmenování většiny skutků v souvislosti s pohybem drážního vozidla za účelem sledování trendů vývoje problematiky MU.

Tabulka 1 Rozdělení MU pro statistické potřeby SŽDC [5].

Kód Specifikace MU v drážní dopravě	
MU Skupiny A – Vážná nehoda	
A 1	Srážka drážních vozidel s následkem smrti, újmy na zdraví alespoň 5 osob nebo škody velkého rozsahu.
A 2	Vykolejení drážního vozidla s následkem smrti, újmy na zdraví alespoň 5 osob nebo škody velkého rozsahu
A 3	Srážka drážního vozidla s překážkou v průjezdném průřezu s následkem smrti, újmy na zdraví alespoň 5 osob nebo škody velkého rozsahu.
A 4	Střetnutí drážních vozidel se silničními vozidly, včetně střetnutí drážních vozidel s chodci na úrovňovém křížení dráhy s pozemní komunikací s následkem smrti, újmy na zdraví alespoň 5 osob nebo škody velkého rozsahu
MU Skupiny B – Nehoda – událost, jejímž následkem je smrt, újma na zdraví nebo jiná újma (značná škoda)	

B 1	Srážka drážních vozidel s následky menšími než u vážné nehody
B 2	Vykolejení drážního vozidla s následky menšími než u vážné nehody
B 3	Srážka drážního vozidla s překážkou v průjezdném průřezu s následky menšími než u vážné nehody.
B 4	Střetnutí drážních vozidel se silničními vozidly, včetně střetnutí drážních vozidel s chodci na úrovněm křížení dráhy s pozemní komunikací s následky menšími než u vážné nehody.
B 5	Neobsazeno
B 6	Střetnutí pohybujiícího se drážního vozidla s osobou mimo úrovně křížení dráhy s pozemní komunikací mající za následek smrt nebo újmu na zdraví.
B 7	Požáry nebo výbuchy v drážních vozidlech s následkem nejméně značné škody.
B 8	MU na rozhraní sběrače hnacího vozidla (HV) a trakčního vedení s následky menšími než u vážné nehody.
B 9	Bližší nespecifikované MU, vzniklé v souvislosti s pohybem drážních vozidel s následkem smrti nebo újmy na zdraví.
B 10	Bližší nespecifikované MU, vzniklé v souvislosti s pohybem drážních vozidel s následkem nejméně značné škody.
MU skupiny C – Incident – událost, jejímž následkem je jiná újma než u vážné nehody nebo nehody.	
C 1	Srážka drážních vozidel s následky menšími než u vážné nehody a nehody.
C 2	Vykolejení drážního vozidla s následky menšími než u vážné nehody a nehody.
C 3	Srážka drážního vozidla s překážkou v průjezdném průřezu s následky menšími než u vážné nehody a nehody.
C 4	Střetnutí drážních vozidel se silničními vozidly, včetně střetnutí drážních vozidel s chodci na úrovněm křížení dráhy s pozemní komunikací s následky menšími než u vážné nehody a nehody.
C 5	Neobsazeno
C 6	Nedovolená jízda drážního vozidla za návěstidlo zakazující jízdu s následky menšími než u nehody.
C 7	Požáry nebo výbuchy v drážních vozidlech s následky menšími než u nehody.
C 8	MU na rozhraní sběrače hnacího vozidla (HV) a trakčního vedení s následky menšími než u nehody.
C 9	Lom kolejnice, při kterém došlo k ohrožení pohybujiícího se drážního vozidla.
C 10	Vybočení koleje, při kterém došlo k ohrožení pohybujiícího se drážního vozidla.
C 11	Lom kola nebo nápravy drážního vozidla, při kterém došlo k ohrožení pohybujiícího se drážního vozidla.
C 12	Nezajištěná jízda drážního vozidla s následky menšími než u nehody.
C 13	Ujetí drážního vozidla s následky menšími než u nehody.

C 14	Jízda drážního vozidla při otevřeném přejezdu s následky menšími než u nehody.
C 15	Roztržení vlaku osobní dopavy.
C 16	Selhání návěstních (zabezpečovacích) systémů s následky menšími než u nehody.
C 17	Únik nebezpečné látky při její přepravě s následky menšími než u nehody.
C 18	Ohrožení bezprostředním rizikem úniku nebezpečné věci při její přepravě.
C 19	Blíže nespecifikované MU, vzniklé v souvislosti s pohybem drážního vozidla s následky menšími než u nehody.

4. Zdroje rizik drážní dopavy

Riziko představuje funkci pravděpodobnosti a dopadů. Vznik mimořádných událostí v drážní dopravě je podmíněn stejnými zdroji rizik, jako incidenty s menšími dopady než u nehod a vážných nehod. Rozdělení zdrojů rizik lze provádět několika způsoby. Rizika mohou být stacionární a mobilní, podle původu lze dělit rizika na přírodní a technogenní. V případě drážní dopavy lze uplatnit dělení podle vlastníka rizik, které je patrné z tabulky 2.

Tabulka 2. Rozdělení zdrojů rizik podle vlastníka rizik.

Provozovatel dráhy	Poruchy nebo poškození trakčního vedení Závady napájení trakční proudové soustavy Závady celistvosti a geometrické polohy kolejí železničního svršku Mechanické závady výhybek, kolejových křižovatek a výkolejek Poruchy staničních zabezpečovacího zařízení, Poruchy traťových zabezpečovacích zařízení, Poruchy přejezdových zabezpečovacích zařízení, Poruchy sdělovacích systémů, Chyby lidského činitele provozovatele dráhy Mimořádné události v důsledku závad zařízení nebo pracovníků provozovatele dráhy.
Provozovatel drážní dopavy	Závady hnacích a tažených drážních vozidel, Ložné závady nákladních vlaků, Závady způsobené zákazníky, Kompenzace předchozího zpoždění vlaků, Nedodržení podmínek přístupu na dopravní cestu, Mimořádné události vlivem provozovatele drážní dopavy

Externí osoby a prostředí	Chyby lidského činitele provozovatele drážní dopravy Překážky v dopravní cestě dráhy, Požadavky na součinnost se složkami IZS, Mimořádné události vlivem třetích stran a vnějšího prostředí.
----------------------------------	---

5. Vznik a šetření mimořádné události v drážní dopravě

Mimořádné události vznikají jako důsledek naplnění existujících rizik. Okamžikem vzniku MU dochází k nastolení nové provozní situace, která zahrnuje opatření k šetření a likvidaci dopadů vzniklé MU za současně probíhajícího zbytkového dopravního provozu, který je veden jako kompromis mezi probíhajícím šetřením, odstraňováním dopadů a možností, v okolí vzniklé MU, organizovat drážní dopravu.

Životní cyklus mimořádné události lze rozdělit do několika vývojových etap. Každá etapa lze definovat jako množina činností vztažná k určitému druhu probíhající etapy. Před vznikem mimořádné události je organizace dopravního provozu poznamenána existujícími riziky, korigovanými platnou legislativou, preventivními opatřeními, úrovní kvality personálu. Samotný vznik mimořádné události lze charakterizovat jako počátek specifických podmínek organizace dopravního provozu v závislosti na druhu a rozsahu MU. Jednotlivé etapy mimořádných událostí se často vzájemně překrývají a některé z nich se odehrávají souběžně. Existující rizika přetrvávají i po vzniku MU a s ohledem na případná omezení dopravního provozu dochází k jejich dalšímu navyšování. Provádění záchranných prací má prioritu před ostatními činnostmi a některé úkony šetření MU jsou vykonány, až to umožní okolnosti a stav postižených osob. U některých typů MU dochází k zahájení odklízecích prací bez nutnosti přítomnosti orgánů státního dozoru na místě nehody. U mimořádných událostí s přítomností velitele zásahu HZS SŽDC jsou všechny kroky, potřebné k odstranění následků a zdárnému průběhu šetření MU, koordinovány tímto pracovníkem. Obrázek 1 zobrazuje schéma průběhu jednotlivých etap životního cyklu mimořádné události s uvedením vybraných vyskytujících se činností.

Existující rizika	↓	Rizika na straně provozovatele dráhy	Rizika na straně provozovatele drážní dopravy	Rizika externích osob a prostředí
Vznik MU		Okamžik vzniku MU případně ohlášení poznatků o skutečnosti, že MU nastala		
Záchranné práce		Poskytnutí první pomoci Ošetření raněných Hašení požáru Zamezení úniku nebezpečných látek Evakuace osob z budov a drážních vozidel Provedení nezbytného omezení dopravního provozu		
Šetření		Aplikace svolávacího plánu		

MU	Vyrozumění dotčených osob Oznámení MU DI ČR Ohledání místa MU Zápisy vztažné k šetření MU Dokumentace okolností MU Povolení zahájení odklizovacích prací		
Likvidační práce	Odvolání nadbytečných omezení dopravního provozu Odstranění ostatků zemřelých osob Nakolejení drážních vozidel Odstranění překážek z průjezdného profilu dráhy Vyklizení místa mimořádné události Oprava poškozeného železničního svršku Oprava poškozené trakční proudové soustavy Opravy zabezpečovacích systémů dráhy Ukončení omezení dopravního provozu		
Nápravná a preventivní opatření	Management rizik Školení personálu Kontrolní činnost Úprava legislativy Zajištění provozuschopnosti dráhy	Management rizik Školení personálu Kontrola plnění odpovědnosti dopravce	Spolupráce s IZS Dodržování legislativy Kontrolní činnost Ochrana infrastruktury Školení třetích stran

Obr. 1. Životní cyklus MU s uvedením vybraných činností jednotlivých etap dle [5].

6. Vybraná rizika související s šetřením MU

Zvýšená zátěž dopravního provozu v souvislosti se vznikem a následným šetřením MU v drážní dopravě bývají často zdrojem nových rizik, přechodně se vyskytujících v drážní dopravě. Tato rizika pramení především ze specifické situace, která je vznikem mimořádné události vytvořena a která zásadně mění zaběhlé rutinní činnosti při organizaci dopravního provozu. Provozní zaměstnanci provozovatele dráhy, zejména výpravčí a traťoví dispečeri jsou vystaveni zvýšenému tlaku ze strany orgánů, podílejících se na vyšetřování a odstranění následků MU, dopravců, cestujících a dalších zúčastněných. Tyto stavy s sebou nesou potřebu vyšší koncentrace pozornosti za účelem bezchybného splnění všech úkolů ztížené provozní situace. Není proto divu, že v těchto případech může snadněji docházet ke vzniku chyby lidského činitele a dalšímu navyšování rizik železniční dopravy.

6.1. Určení místa vzniku MU

Po ohlášení vzniku MU na ohlašovací pracoviště je jednou z rozhodujících podmínek pro další úkony na úseku mimořádných událostí určení správné kilometrické polohy místa MU a v případě kolejového rozvětvení i správnou kolej nebo úsek koleje, kde k nehodě nebo incidentu došlo. Při ohlašování vzniku nehody nebo incidentu je správné určení místa klíčové pro další postup vztažený k šetření a likvidaci dopadů MU. Případné odchylky od skutečného stavu představují zvýšená rizika, ohrožující bezpečnost drážní dopravy při likvidaci následků MU v drážní dopravě.

Vzhledem k dynamické složce drážní dopravy a skutečnosti, že MU v drážní dopravě je nehodou nebo incidentem v souvislosti s pohybem drážního vozidla, je možná nepřesnost stanovení místa MU do určité míry přirozená. Oznamující pracovník určuje kilometrickou polohu události pomocí tzv. „hektometrovníků“, které jsou rozmístěny na tratích ve vzdálenosti po 100 metrech s uvedením vzdálenosti od počátku trati. Počátek trati je definován pro každý traťový úsek v Tabulce traťových poměrů a je rozhodující pro řadu důležitých údajů, vztažných k vybavení dráhy, zejména:

- názvy a číslování návěstidel ve stanicích i na tratích
- číslování staničních kolejí a traťových kolejí na dvou a více kolejných tratích
- číslování výhybek, kolejových křižovatek a výkolejek ve stanicích,
- číslování stanovišť obsazených dopravními zaměstnanci ve stanicích,
- další rozhodné identifikační údaje na provozované dráze.

Na základě oznámení místa vzniku MU a rozhodných skutečností o druhu a rozsahu události dochází k určení dalších dopravních opatření, které formulují obsluhující zaměstnanci, zasahující složky IZS, orgány státního dozoru a vyšetřující orgány provozovatelů dráhy a drážní dopravy. Vzniká riziko nesprávného vyhodnocení potřeby dopravních opatření a dalšího ohrožení bezpečnosti, jako například:

- zastavení dopravy na nesprávném traťovém úseku,
- stanovení nesprávného úrovněového křížení dráhy s pozemní komunikací při silničních nehodách,
- rychlostní omezení mimo potřebný úsek trati dotčený šetřením MU.

Tyto závady mohou způsobit ohrožení zasahujících složek IZS a vyšetřovacích orgánů a případných třetích osob, vyskytujících se v blízkosti MU, např. cestující z vlaků osobní přepravy, uvázlých v místě před vzniklou MU apod.

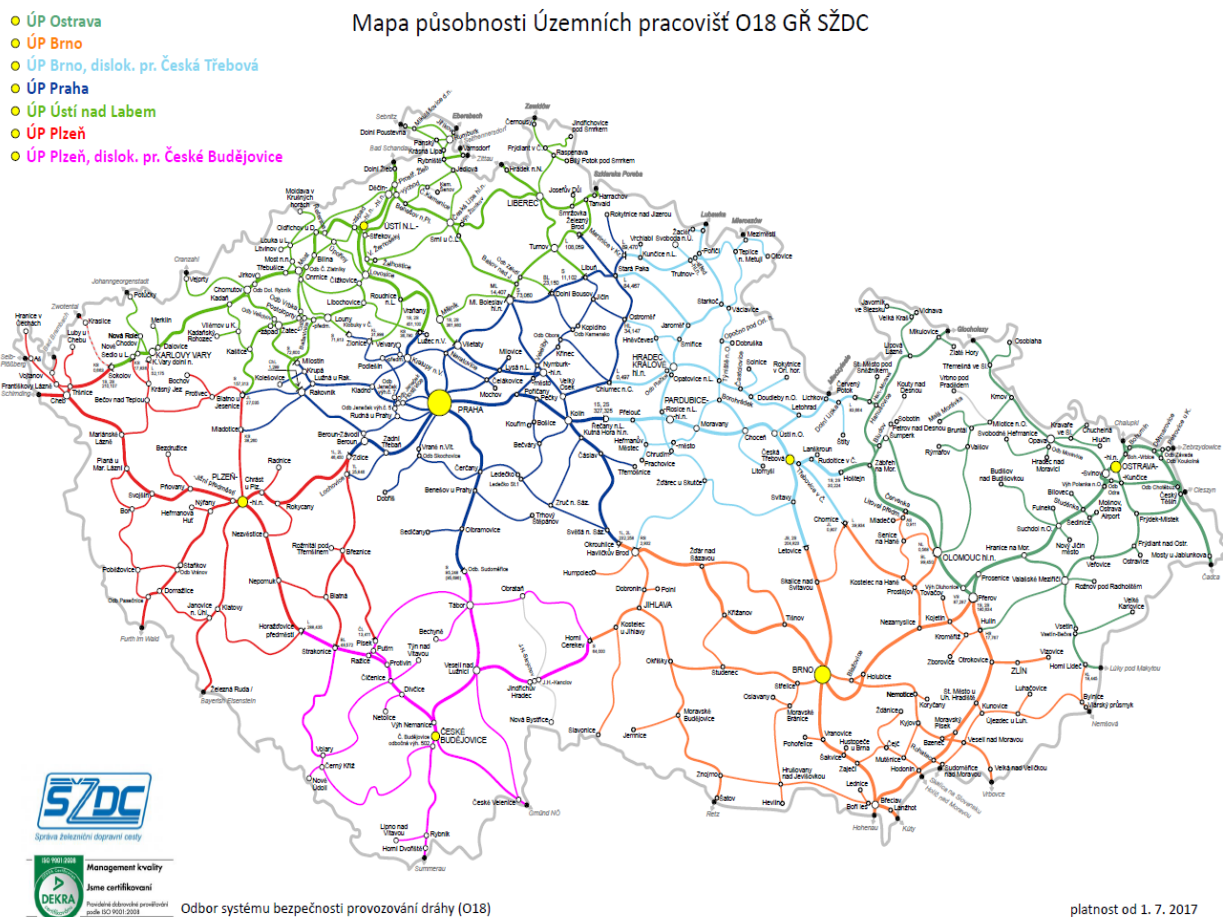
Snížení těchto rizik je možné v případě, že pracovník provozovatele dráhy, přebírající oznámení MU, zjistí včas rozpor uvedené kilometrické polohy místa události na základě indikací zabezpečovacího zařízení nebo konfrontací s jinými pevně definovanými body dráhy, upozorní na tento rozpor oznamující osobu a požaduje upřesnění. Důležité je, při výskytu podobné disproporce, s možnou odchylkou od skutečnosti, zejména při přijímání dopravních opatření, počítat a případné nadlimitní omezení dopravy přehodnotit až na základě výsledků ohledání místa MU vyšetřujícími orgány.

Stávající stav v této oblasti nahrává chybám a omylům, jejichž závažnost je přímo úměrná znalostem místních poměrů. Obsluhující zaměstnanec zjišťuje kilometrickou polohu prvků v kolejišti až na základě náhledu do základní dopravní dokumentace, což může vyvolat nebezpečí z prodlení. Řešením tohoto stavu může být doplnění označení názvů jednotlivých

prvků v kolejišti údajem o kilometrické poloze na příslušné trati. V případě vybavení stanice elektronickým zabezpečovacím zařízením (např. Jednotné obslužné pracoviště elektronického stavědla) je řešením vybavení ovládacího softwaru funkcionalitou, udávající kilometrickou polohu každého prvku v kolejišti po vyvolání menu funkcí daného prvku.

6.2. Dojezdové vzdálenosti

Ohlášením MU na KOPIS územně příslušného kraje dochází k v rámci plošného pokrytí státu jednotkami požární ochrany (JPO) ke garanci dodržení časových limitů pro dojezd k místu požadovaného zásahu v potřebné síle a zahájení požadovaného zásahu. Toto neplatí zcela pro orgány systému bezpečnosti drážní dopravy, které jsou rozhodujícím prostředníkem mezi orgánem státního dozoru a řízením dopravního provozu drah. Z obrázku 2 je patrné rozdělení působnosti jednotlivých územních pracovišť, z čehož jednoznačně vyplývá značná prodleva vzniklá dojezdem na místo MU, nacházející se v okrajové oblasti územní působnosti, případně v hůře dostupných oblastech. Tento systém přináší rizika zhoršené plynulosti dopravního provozu a delší dopady omezujících opatření provozování dráhy, například zastavení provozu, náhradní autobusovou dopravu v postiženém úseku a podobně.



Obr. 2. Mapa působnosti územních pracovišť O18 GŘ SŽDC [6].

Řešení tohoto stavu spočívá v rozšíření personálního zabezpečení těchto územních obvodů a zmenšení jejich územní působnosti např. na principu krajů nebo pracovišť HZS SŽDC.

6.3. Identifikace vzniku MU

Legislativní východiska problematiky mimořádných událostí v drážní dopravě poměrně přesně vymezují, která událost, související s pohybem drážního vozidla, je považována za mimořádnou událost a jak v daném případě postupovat. Personál provozovatelů dráhy i drážní dopravy je povinen postupovat v souladu s vyhláškou MD ČR č. 376/2006 Sb., o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy. Tato vyhláška je implementována do resortního předpisu SŽDC D17 Předpis pro hlášení a šetření mimořádných událostí. Uvedené dokumenty stanovují, že každý zaměstnanec nebo osoba ve smluvním vztahu k provozovateli dráhy nebo drážní dopravy, kteří se svou pracovní činností podílejí na provozování dráhy nebo provozování drážní dopravy, jsou povinni neprodleně ohlásit na určené ohlašovací pracoviště vznik MU, pokud tuto událost sami zjistili nebo se o ní věrohodně dozvěděli.

Schopnost rozpoznat, že událost, která se vyskytla za jízdy drážního vozidla, je mimořádnou událostí, je zejména u personálu provozovatelů drážní dopravy značně rozdílná. Tato skutečnost může vyústit v rozdílnou interpretaci vyskytnuvšího se nebezpečí a v následné zvýšené riziko kolize jiného pohybuujícího se drážního vozidla na stejném úseku dráhy.

V praxi to může například znamenat, že zaměstnanec dopravce najede na překážku v průjezdném profilu dráhy a vzhledem k zanedbatelným dopadům tuto skutečnost neohlásí. V souladu s platnými předpisy se jedná o mimořádnou událost, po jejímž vzniku mělo dojít k zastavení předmětného vlaku, ohlášení vzniklého stavu a provedení opatření k vyšetření MU a odstranění překážky. V situaci, že k těmto úkonům nedojde, vniká riziko setrvání existující překážky v průjezdném profilu dráhy a možnost střetnutí s následným nebo protisměrným drážním vozidlem vlaku, jedoucím po téže koleji, s předem neodhadnutelnými dopady.

K uvedeným skutečnostem dochází z důvodů nedostatečného proškolení personálu o problematice mimořádných událostí v drážní dopravě a bagatelizace situací, které se nevyznačují vysokými dopady. Potřeba včasné jízdy vlaku a dodržování jízdního řádu se stává dalším důvodem, pro který se personál provozovatelů drážní dopravy může dopustit skutku maření šetření mimořádné události a navýšení rizika další MU.

Na správné vyhodnocování událostí v souvislosti s jízdou drážního vozidla je potřeba zaměřit podnikové školení s využitím možností simulace možných situací. Za tímto účelem se jeví jako vhodné použití kamerových systémů k záznamu jízd drážního vozidla a jejich archivace s možností vyhodnocení sporných momentů.

6.4. Nebezpečné věci při MU

Přeprava NL představuje citlivou oblast vzhledem k vlastnostem těchto látek. Dopady jakékoli nehody nebo mimořádné události s účastí NL mohou být navýšeny právě jejich škodlivými účinky na životy a zdraví osob a životní prostředí, destruktivním potenciálem některých látek, hořlavostí, výbušností, toxicitou, reaktivními schopnostmi nebo kombinovaným působením nebezpečných faktorů [7] uvedených v tabulce 3.

Výskyt nebezpečných věcí při železniční přepravě je upravován Mezinárodním právním předpisem pro přepravu nebezpečných látek a směsí po železnici, kterým je Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID – Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail). Je obsažen jako příloha C v mezinárodní úmluvě COTIF (Convention concerning International Carriage by Rail), která sdružuje členské státy do Mezivládní organizace pro mezivládní železniční přepravu (OTIF), podepsané v roce 1980 v Bernu [8].

Tabulka 3. Typy následků havárií nebezpečných látek [7].

<p>Požáry</p>	<p>Požáry skladovaných tuhých látek</p> <p>Požáry nádrží a kaluží (při úniku nebezpečné kapaliny, vytvoření kaluže a následné zapálení)</p> <p>Tryskavé požáry (tzv. Jet-fire), jako výsledek úniku stlačených hořlavých plynů nebo kapalin,</p> <p>Bleskové požáry (tzv. Flash-fire)</p> <p>Požáry doprovázené vzkypěním obsahu nádrže (tzv. Boil-over)</p> <p>Bleve – exploze expandujících par vroucí kapaliny</p>
<p>Výbuchy nebezpečných látek</p>	<p>Výbuchy kondenzované fáze (tuhé látky, plastické trhavinové gely a kapaliny explozivní povahy)</p> <p>Výbuchy směsí hořlavého plynu, hořlavých par nebo hořlavého prachu se vzduchem</p> <p>Výbuchy fyzikální povahy – tlakové nádoby, kotle aj.</p>
<p>Otravy lidí nebezpečnými látkami</p>	<p>Vznik nebezpečí zplodin hoření při již probíhající MU</p> <p>Únik nebezpečných látek do ovzduší</p>
<p>Kontaminace životního prostředí</p>	<p>Úniky přepravovaných látek při MU nebo jako následek poruch na vozech</p> <p>Úniky provozních kapalin železniční dopravní technologie do všech složek</p>

Samotná přítomnost nebezpečných věcí v drážní dopravě zvyšuje rizika dopadů v případě vzniku MU v drážní dopravě v závislosti na druhu nebezpečné věci a typu možných následků havárií, jak je uvedeno v tabulce 3.

Při zařazení nebezpečné věci do železniční přepravy je povinností dopravce tuto skutečnost uvádět v požadavcích na kapacitu dráhy. Provozovateli dráhy se tyto údaje zobrazují v informačních systémech ve „Zprávě o vlaku“, kde je dosažitelná informace o druhu nebezpečné věci. V současné době jsou podmínky přístupu na dopravní cestu nastaveny tak, že dopravce nemusí uvádět množství parametrů přepravované nebezpečné věci.

V případě vzniku vážné nehody v drážní dopravě dochází, kterou může být srážka vlaků, je přítomnost nebezpečné věci, pokud ji neoznámí oznamovatel nehody, zjišťována personálem provozovatele dráhy, zpravidla provozním nebo vedoucím dispečerem operativního řízení, případně pracovníkem na ohlašovacím pracovišti, z údajů v informačních systémech. Zjištěná skutečnost je dále postoupena zasahujícím složkám IZS, pracovníkům provádějícím šetření a zástupcům na nehodě se podílejících dopravců. U vlaků s přítomností cestujících je potřeba vyrozumět touto formou i pracovníky obsluhy vlaku.

Rizika zvyšující skutečností je za stávajícího legislativního stavu absence množství údajů v počtech vozů a celkové hmotnosti nebezpečné věci. Tyto údaje jsou potřebné pro prvotní ohlášení k zajištění bezpečnosti osob a lepší schopnosti reakce zasahujících složek IZS.

Za fatální selhání lze v těchto případech považovat porušení podmínek přístupu na dopravní cestu formou neuvedení přítomnosti nebezpečné věci v informačních systémech provozovatele dráhy.

Opatření ke snížení rizik:

- navýšení povinnosti dopravců o uvádění množstevních parametrů přepravovaných nebezpečných věcí do informačních systémů provozovatele dráhy,
- vybavení HZS SŽDC informačním systémem, přenášejícím údaje o zařazených zásilkách s nebezpečnými věcmi a mimořádnými zásilkami ve vlacích na síti SŽDC,
- namátkové kontroly zaměřené na správnost a úplnost údajů v informačních systémech orgány státního dozoru.

7. Závěr

Mimořádné události v drážní dopravě vnášejí do organizování dopravního provozu nová rizika, která vyplývají ze specifických podmínek, provázejících šetření a likvidaci dopadů MU. K jejich zvládnutí a eliminaci je zapotřebí vysoká úroveň připravenosti obslužného personálu provozovatele dráhy, který musí být schopen adekvátně reagovat na podmínky možných typů nehod a incidentů. K eliminaci častých chyb a nedostatků při oznamování vzniklých mimořádných událostí je potřeba zařadit do pravidelného plánu školení personálu praktické nácviky, zaměřené na úplnost a správnost poskytovaných a poptávaných údajů mezi oznamovatelem a příjemcem zprávy o vzniku MU. Pro zlepšení zpětné vazby mezi zúčastněnými je žádoucí usnadnit obsluhujícím zaměstnancům provozovatele dráhy kontroly rozhodných údajů k určení kilometrické polohy událostí, doplněním všech prvků v kolejišti, zobrazených na reliéfu stanice o kilometrickou polohu předmětného prvku.

V rámci potřeby snižování rizik spojených s přepravou nebezpečných věcí po železnici je žádoucí přehodnotit některé podmínky přístupu na dopravní cestu v oblasti povinných náležitostí požadavků na kapacitu dráhy.

Literatura

- [1] SŽDC. *Portál provozování dráhy*, popis sítě. <http://provoz.szdc.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=797496>>
- [2] MD ČR. *Narizení vlády a vyhlášky v železniční dopravě*. <http://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Legislativa-v-drazni-doprave/Narizeni-vlady-a-vyhlasky-v-drazni-doprave/376-2006-uplneni-k-01-04-2017.pdf.aspx?lang=cs-CZ>
- [3] MŽP ČR. *Právní rámec prevence závažných havárií*. http://www.mzp.cz/cz/pravni_ramec_havarii
- [4] SŽDC. *D1 Dopravní a návěstní předpis (2013)*. <http://provoz.szdc.cz/portal/ViewArticle.aspx?oid=869998>>

- [5] SŽDC. *SŽDC D17 Předpis pro hlášení a šetření nehod (2015)*. <https://www.szdc.cz/documentpublisher/download?documentId=1%3B%23cd1496a8-6232-4e2e-90ea-bb1d838f2972&contentId=0>>
- [6] SŽDC. *Portál provozování dráhy - Mapa působnosti územních pracovišť O18 GŘ SŽDC*. <http://provoz.szdc.cz/portal/Show.aspx?oid=880091>
- [7] DANIHELKA, P. Neobvyklé chování nebezpečných látek. In: *Sborník příspěvků NEBEZPEČNÉ LÁTKY 2006*. ISBN: 80-86634-91-4. Ostrava: SPBI 2006, pp. 19-31.
- [8] MD ČR. *Úmluva COTIF ve znění Vilniuského protokolu*. http://www.mdcr.cz/cs/Legislativa/Legislativa/Legislativa_CR_drazni/umuvaCOTIF.htm

IDENTIFIKACE AKTIV PROVOZU PRAŽSKÉHO METRA A STANOVENÍ JEJICH KRITičNOSTÍ

IDENTIFICATION OF ASSETS OF METRO OPERATION IN PRAGUE AND DETERMINATION OF THEIR CRITICALITY

Tomáš Kertis¹⁾, Dana Procházková²⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Pro zajištění bezpečného chodu technických děl i jejich prvků je nutné nejprve stanovit aktiva, jejich důležitost a zranitelnost vůči kritickým pohromám, které daný objekt mohou postihnout, a poté na základě vyhodnocení určit kritičnost aktiv. Na základě poznání a zkušeností je třeba se soustředit na prioritní rizika a aktiva s nejvyšší kritičností. Z důvodu složitosti reálných objektů a řady nejistot a neurčitostí v jejich chování při velkých pohromách je nutno při stanovení kritických aktiv použít metody expertní. Předmětné výsledky uvedených metod je nutné vhodným způsobem interpretovat a zvolit takové komunikační technologie, aby byl zajištěn co největší informační výkon pro správné rozhodování a další práci s výsledky. Současné znalosti, metody a nástroje umožňují zajištění bezpečnosti technických děl na jisté úrovni, ale z důvodu neustálého rozvíjení technologií, nároků na rozhraní mezi systémy i operujícími subjekty se stále ukazuje, že existují nezajištěná místa. Hlavním cílem práce je stanovení a ověření metody pro identifikaci a práci s aktivy objektu kritické infrastruktury na případové studii, tj. pro bezpečný provoz městské kolejové dopravy (provoz pražského metra).

Klíčová slova: aktiva; kritičnost; bezpečnost technických děl; bezpečnost provozu metra.

Abstract: For ensuring safe operation of technical objects and their parts it is important firstly to identify assets, their importance and vulnerability against critical disasters, which endanger the object, and then to determine criticality based on assessment of previous outcomes. On the basis of current knowledge and experiences it is needed to focus on priority risks and assets with the highest criticality. Because real objects are so complex and there are various uncertainties and ambiguities in their behaviour under big disasters, it is needed to use expert methods for determination of critical assets. It is necessary to interpret outcomes in correct way and select such communication technologies that ensure the highest information power (performance) in order to correct decision making and next proceeding the outcomes. Current knowledge, methods and tools allow to ensure safety of technical objects at certain level, but due to continuous developing technologies, demands on interfaces among systems and operating subjects, it turns out that unsecured places still exists. The main target of the work is

¹⁾ Ing., kertitom@fd.cvut.cz

²⁾ Doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

establishing and assessment of methods for identification and work with assets of technical objects based on the use case, i.e. for safe operation of urban guided transportation – metro operation in Prague.

Key words: assets; criticality; safety of technical objects; safety of metro operation.

1. Úvod

Životy a zdraví lidí, jejich majetek, blaho, životního prostředí a také technologie a kritická infrastruktura jsou základními veřejnými aktivy lidského systému [1,2]. Kritická infrastruktura je důležitým aktivem, protože zajišťuje základní výrobky a služby pro lidi. V České republice je kritická infrastruktura složena z infrastruktur rozdělených do následujících devíti oblastí [1,3,4]: dodávky energie, vodohospodářství, zásobování potravinami a zemědělství, zdravotní péče, doprava, kybernetické, komunikační a informační systémy, bankovníctví a finanční sektor, záchranný systém, veřejná správa. Jednotlivé infrastruktury, i celý jejich komplex složen z technických děl, tvoří komplexní systémy, označované jako systémy systémů. Kritická infrastruktura a její objekty, tj. komplexní systémy systémů, zajišťují funkce uvedených oblastí i v případě kritických podmínek, jako například při výskytu velkých živelních, technologických a jiných pohrom.

Pro zajištění bezpečného chodu jednotlivých infrastruktur a jejich prvků, tj. technických děl, je nutné nejprve stanovit aktiva, jejich důležitost a zranitelnost vůči kritickým pohromám, které daný objekt mohou postihnout, a poté na základě vyhodnocení určit kritičnost aktiv. Na základě poznání, zkušeností a lidských možností je třeba se soustředit na prioritní rizika a aktiva s nejvyšší kritičností.

Z důvodu složitosti technických děl a řady neurčitostí v jejich chování při velkých pohromách, je nutno při stanovení kritických aktiv použít metody expertní.

Předložená práce navazuje na [1,5], které předkládají využití metody kontrolních seznamů a skupiny pěti expertů pro stanovení kritičností aktiv modelové stanice metra se zaměřením na technická aktiva. Stanice metra je složitým technologickým (technickým) prvkem kritické infrastruktury, tj. systému systémů; její bezpečnost, tj. spolehlivost a funkčnost jsou závislé na úrovni řízení, systémech ekonomických, organizačních a dalších. Proto se předložená práce zaměřuje na metodu, která umožní identifikaci aktiv a jejich kritičností i z širšího pohledu a bude aplikovatelná ve více oblastech kritické infrastruktury. Zvolená metoda, tj. vícestupňová metoda DELPHI s expertním týmem, je prakticky aplikována v probíhajícím bezpečnostním výzkumu na identifikaci aktiv bezpečného provozu metra, stanovení jejich důležitostí a zranitelností.

2. Souhrn poznatků o sledovaném problému

Předložená práce analyzuje kritičnosti vztahované k aktivům spojeným s provozem technického díla, v uvedeném případě konkrétně s provozem metra, a k relevantním pohromám, které mohou danou infrastrukturu postihnout. Proto následující odstavce poskytují rešerši základních poznatků a znalosti relevantní k uvedené problematice.

2.1. Kritičnost a riziko

Pojem riziko má v mnoha oblastech rozdílné a nejednotné pojetí, některé definice rizika staví na pravděpodobnosti, jiné pak na očekávané hodnotě nebo nejistoty a neurčitosti [6]. Z hlediska projektového řízení a systému řízení bylo riziko obecně definováno jako „účinek nejistoty“ [7]. Účinek nejistoty, pokud dojde k její realizaci, může nabývat negativních, ale i pozitivních vlastností (tj. příležitosti) [7]. Riziko v inženýrských oborech, jako je řízení rizik systému, řízení spolehlivosti a řízení bezpečnostních rizik, vyjadřuje pravděpodobnou velikost nepřijatelných (tj. nežádáných) dopadů (ztrát, škod a újmy) pohromy o velikosti ohrožení (tj. potenciál pohromy normativně určený) na chráněné zájmy za stanovený časový interval v určitém místě [6]. Zdrojem uvedených rizik jsou přírodní jevy, technologie používané člověkem, velké zásahy do životního prostředí, nežádoucí jevy a konflikty v lidské společnosti. Jedná se o rizika pro člověka, jeho majetek, životní prostředí, kritickou infrastrukturu a v neposlední řadě i pro stát. Rizika lze členit podle toho, jaká jsou pro zvažování rizika zvolená chráněná aktiva a zda je sledován jeden chráněný zájem (tj. dílčí riziko) či soubor chráněných zájmů (integrované riziko) nebo soubor chráněných zájmů, vazby a toky mezi nimi (komplexní riziko / integrální riziko). Dále se rizika dělí podle toho, jaké pohromy, resp. zdroje pohrom, se berou v úvahu (pouze některé pohromy, část jejich scénářů nebo veškeré relevantní pohromy apod.).

V běžné praxi a především u dopravních systémů se počítá většinou s *riziky dílčími a integrovanými*, které bývají vyjádřené součinem pravděpodobnosti výskytu pohromy (resp. incidentu) či četnosti výskytu a velikosti jejich dopadů (ztrát, škod, újmy) na sledované entitě či vybraném souboru entit. Veličin pro výpočet rizika může být dle sledované oblasti mnoho, ale většinou se jedná o součin výše dvou uvedených. V některých případech se vyskytuje i třetí složka, kterou může být míra zranitelnosti nebo nějaký druh zvládnutelnosti dané události (například v oblasti automobilového průmyslu). V chápání rizika tedy pozorujeme mnoho rozdílů a společné je jen to, že riziko vychází z obav z nejisté budoucnosti [6,8].

Pro zajištění bezpečného území, popřípadě větších technologických celků nebo zařízení, je nutné počítat s komplexním rizikem, tj. *rizikem integrálním* založeném na systémovém pojetí reality [2]. Integrální riziko zahrnuje více chráněných aktiv včetně života, zdraví a bezpečí lidí, majetku a veřejného blaha, životního prostředí i technologií a infrastruktur a zahrnuje i vliv propojení mezi uvedenými chráněnými aktivy (anglicky interdependences) [5,6]. Z výše uvedených znalostí a vzhledem ke komplexitě systémů je zřejmé, že integrální bezpečnost lze zvyšovat pouze při zvažování a řízení integrálních rizik, které k pouhému součtu částí (dílčích rizik) počítají i s jejich provázanostmi a toky [8].

Z výše uvedeného vyplývá, že bezpečnost a riziko sice spolu souvisí, ale nejsou komplementárními veličinami. K bezpečnosti je komplementární veličinou kritičnost. Snižováním kritičnosti zvyšujeme bezpečnost sledovaného objektu. Pro účely řízení bezpečnosti se kritičností aktiva (K), tj. čehokoliv co je důležité, chápe nejčastěji jako funkce důležitosti a zranitelnosti sledovaného aktiva nebo i celé entity vyjádřená součinem [9,8]:

$$K = \text{důležitost} \times \text{zranitelnost}.$$

Kritičnost pohromy pro aktivum či entitu lze vyjádřit vztahem:

$$C = S \cdot O \cdot B,$$

ve kterém S je závažnost největšího dopadu pohromy, O je pravděpodobnost výskytu jevu a B je podmíněná pravděpodobnost, že se vyskytne nejzávažnější dopad [8,10].

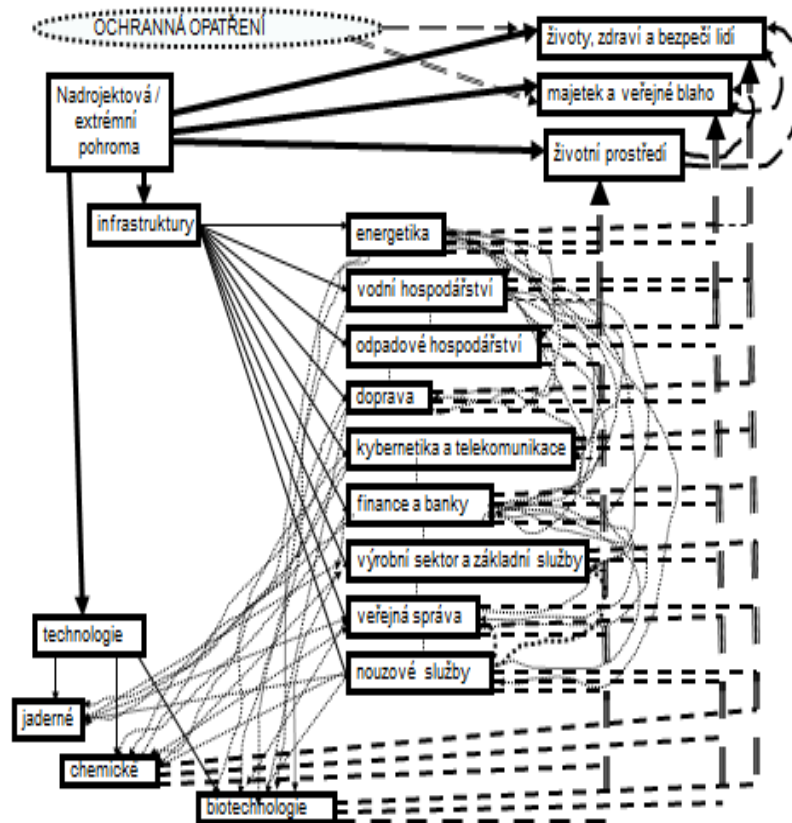
2.2. Aktiva

Aktivem se rozumí fyzická, logická či kybernetická položka, která určuje strukturu a chování sledovaného systému. Výsledky předchozí práce [1,5] poskytují seznamy identifikovaných aktiv stanice metra a systému řízení pražského metra (tj. lidí, majetek včetně technologií, energetické informační a materiálové toky), a to na základě analýz dokumentace. Vzhledem k tomu, že se jedná o otevřený systém systémů, je nutné zvažovat mimo technické části, zvažované v [1,5], také další aspekty, tj. například organizační, finanční, funkční, logické vazby, a další.

Předložená práce je založena na zmíněném předpokladu a předchozí výsledky rozšiřuje z hlediska širšího pohledu problematiky systému systémů. Z výše uvedených důvodů pro účely dalších analýz a uvažujeme následující skupiny aktiv: konstrukce, technika, personál, místa, funkce, vazby a toky, organizace a ekonomika.

2.3. Pohromy

Příčinou rizik jsou pohromy (všeho druhu) a v případě rizik u technologických systémů se jedná také o poruchové stavy v důsledku náhodných či systematických chyb systému [5, 8]. Z výše uvedeného je patrné, že vznik jedné extrémní pohromy může vyvolat řetězec dalších pohrom, tj. sekundární efekty, i celou kaskádu dopadů. Sekundární, terciální a další dopady jsou označovány jako nepřímé dopady. Nepřímé dopady extrémních pohrom jsou znázorněny na obrázku 1.



Obr. 1. Účinky extrémních pohrom na veřejná aktiva [4].

Obrázek 1 ukazuje propojení dopadů extrémní pohromy s různými chráněnými aktivy, které vyvolají další dopady na jiná aktiva, tj. nepřímé dopady, které mají tvar kaskád.

Podle velikosti škod a ztrát na veřejných aktivech a pravděpodobnosti výskytu, tj. na základě analýzy a vyhodnocení rizik pomocí metody matice rizik dle [8], lze pohromy v řízení bezpečnosti kategorizovat do tří kategorií:

1. Pohromy kritické: mohou vyvolat na sledovaném území nebo jeho části kritickou situaci, při které, podle současné české legislativy, může být vyhlášena krizová situace, a tudíž bude třeba dělat obnovu majetku po krizové situaci. Z pohledu řízení bezpečnosti je třeba dělat preventivní a zmírňující opatření v územním plánování, projektování, výstavbě a provozu občanských a technologických objektů i infrastruktury.
2. Pohromy specifické, tj. mohou vyvolat nouzové situace, a proto s nimi musí počítat odezva a připravenost (opatření na zmírnění). Z pohledu řízení bezpečnosti je třeba dělat preventivní opatření v územním plánování, projektování, výstavbě a provozu občanských a technologických objektů i infrastruktury a zmírňující opatření v rámci připravenosti na odezvy.
3. Pohromy relevantní a měly by být zvládnuty běžnými standardními prostředky, tj. prevencí prováděnou v praxi. Z pohledu řízení bezpečnosti dosavadní opatření prováděná v územním plánování, projektování, výstavbě a provozu občanských a technologických objektů i infrastruktury jsou dostatečná, a tudíž je nutná jen pravidelná kontrola jejich účinnosti.

Pohromy se dle příčiny člení do následujících skupin [5,8]:

1. Výsledky procesů probíhající vně i uvnitř Země.
2. Výsledky procesů v lidském těle, v chování lidí a procesů v lidské společnosti.
3. Výsledky procesů a činností instalovaných lidmi.
4. Interakce planety Země a životního prostředí na činnosti lidí.
5. Vnitřní závislosti v lidském systému přirozené nebo lidmi vytvořené.

Pro účely předložené práce byly použité pohromy dle analýzy archivních dokumentů hl. m. Prahy [5]:

- ad 1) povodeň, vichřice, zemětřesení, ztekucení podloží, výstup plynu na zemský povrch,
- ad 2) epidemie, pandemie, občanské nepokoje, teroristický útok, útok za použití chemických, jaderných, radiologických a biologických (CBRNE) zbraní, ozbrojený konflikt, válka,
- ad 3) průmyslová havárie, havárie při přepravě či skladování nebezpečných látek, dopravní nehoda, selhání v oblasti kritické infrastruktury, selhání ekonomiky, selhání územní infrastruktury, selhání kybernetické infrastruktury, selhání služeb, zásobování a spojení, tj. ztráty obslužnosti,
- ad 4) porušení stability podloží vlivem vibrací, kontaminace ovzduší, kontaminace vody, rychlé variace klimatu, migrace velkých skupin lidí,
- ad 5) organizační havárie, porucha toků surovin a výrobků, porucha v toku energií, porucha v toku informací.

3. Data o systému řízení provozu metra

Každý složitější systém se skládá z několika subsystémů, vazeb a toků mezi nimi. Subsystémy lze dělit z hlediska řízení na řízené a řídicí. Vedlejší oblastí jsou systémy zabezpečovací, které plní bezpečnostní funkce, tj. zmírňují rizika, anebo plní důležitou funkci, jejíž výpadek nebo špatné provedení vede k zvýšení rizika nebo přímo k nehodě. Metro, tak jako i jiné systémy řízení městské kolejové dopravy, jsou systémem distribuovaným. Distribuované systémy jsou složeny ze subsystémů (uzlů), které vykonávají dané funkce samostatně bez vazby na druhé, ale jejich propojením lze plnit jiné funkce na vyšších úrovních. Subsystémy distribuovaných systémů tedy vykonávají některé funkce samostatně a jiné funkce až po propojení více subsystémů (uzlů), čímž dostaneme komplexní distribuovaný systém se vzájemnými závislostmi [5].

Systém pražského metra plní dvě základní funkce – dopravní a ochranný. Dopravní systém je řízen ze střediska plánování městské dopravy, ze kterého vychází požadavky v podobě jízdních řádů a požadavků na kvalitu provozu. Uvedené požadavky jsou vstupem do dopravního systému metra, který je určen chováním vlastních subsystémů a také různými vnějšími vlivy. Pomocí řídicích a zabezpečovacích systémů dostáváme na výstupu jistou kvalitu provozu a produkt v podobě dopravního výkonu. V případě režimu ochranného systému metra, na výstupu systému dostáváme funkce snižující dopady pohrom (především v případě ozbrojeného konfliktu a války).

Systém pražského metra lze obecně rozdělit na samostatné provozní subsystémy (stanice, vlaky, infrastruktura), řídicí systémy (vozové počítače, dispečerská ovládací centra, sdělovací technika) a systémy zabezpečovací, které zmírňují dopady při realizaci rizik (zabezpečovací zařízení, návěstidla, automatická stavědla) [5]. Vnější vlivy ovlivňují systémy a mohou způsobit jejich vnitřní chyby, které mohou vést k nebezpečným událostem. Z těchto důvodů se mezi řídicí a řízené systémy instalují systémy zabezpečovací, plnící bezpečnostně relevantní funkce, které využívají vstupů řídicích systémů nebo identifikují nežádoucí poruchy systému či nebezpečné vnější vlivy a vykonají svoji funkci tak, aby řízený systém uvedly do bezpečného stavu, tj. stavu v kterém neohrozí sebe ani své okolí [5].

Níže jsou uvedeny následující zkratky a termíny používané v provozu pražského metra, které předložená práce dále používá [5]:

VDM – Vlakový dispečink metra (odpovědnost za plynulost a bezpečnost provozu metra)

TCHDM – Technologický dispečink metra (odpovědnost za funkci technologií metra)

ASDŘ-T,D – Automatizovaný systém dopravního řízení: pro Technologie; pro Dopravu.

ASDŘ je tedy řídicím systémem, který VDM a TCHDM využívá pro svou činnost.

4. Metody pro analýzu aktiv a pro stanovení kritičnosti

Předmětem analýzy je systém systémů, tj. měkký systém, který nemá přesně definované hranice a rozhraní s jinými systémy, resp. má proměnlivé hranice na různých úrovních abstrakce. Předmětný systém nelze analyzovat přesnými (exaktními) metodami a je nutné jej analyzovat pomocí metody vhodné pro analýzu měkkých systémů [9], tj. proto je nutné vybírat z heuristických metod, konkrétně metod expertních [10].

Expertní metody dle [11] využívají znalosti a praktické zkušenosti expertů v příslušném oboru k získání: odhadů neměřitelných veličin, odhadů údajů, které nejsou k dispozici a jejichž získání by bylo neúměrně náročně, odhadů budoucího vývoje (stavu), návrhu tvůrčích řešení, apod. Typickým využitím expertů jsou v uvedené množině metod úzké specializované problémy, anebo zejména obecné, složité a komplexní problémy (tj. složitě a špatně strukturované, slabě formalizované, jedinečné a neopakovatelné, s nedostatkem či úplnou absencí objektivní kvalitativní informace, apod.) [11]. Expertní šetření probíhá v následujících fázích:

1. Výběr expertů.
2. Získání expertních výpovědí.
3. Vyhodnocení expertních výpovědí.

Kvalita výběru expertů přímo ovlivňuje kvalitu získaných výsledků analýzy. Rozhodujícími vlivy jsou počet expertů (tj. pro statistickou významnost získaných výsledků) a jejich relevantní vlastnosti (např. kompetentnost, kreativita, vztah k tématu, konformita, analytické myšlení a šíře myšlení, konstruktivnost, sebekritičnost, tolerance) [11]. Určení počtu expertů a výběr vhodných vlastností jsou parametry závislé na výběru metody pro získání expertních výpovědí a zároveň tímto ovlivňují náklady na analýzu, tj. finanční i časové.

Získání expertních výpovědí může probíhat více způsoby, a to dle [11] podle: způsobu komunikace organizátorů s experty, úrovně komunikace mezi experty během expertního šetření, opakovanosti zjišťování informací, stupně standardizace. Pro účely předložené práce byla zvolena vícestupňová metoda DELPHI.

4.1. Vícestupňová metoda DELPHI

Vícestupňová metoda DELPHI [10,11] je metodou získání expertních výpovědí s následujícími vlastnostmi [11]:

1. Více kolové anketní šetření se zpětnou vazbou.
2. Systematické zpřesňování názoru skupiny expertů.
3. Anonymita expertů.
4. Zpětná vazba, experti mají před dalším kolem k dispozici skupinový názor i netypické názory.
5. Možnost přihlížet k okolnostem, které si expert dříve neuvědomoval, resp. možnost přehodnocení netypického názoru.
6. Pokud expert trvá na netypickém názoru, musí jej odůvodnit.

Získání výpovědí probíhá ve více kolech, ve kterých dochází k postupnému upřesňování posledních výsledků. Ukončení metody nastává při dosažení "shody" expertů, nebo je-li dosaženo stability individuálních výpovědí [11]. Nevýhodou metody DELPHI je její časová náročnost a vyšší pracnost zpracování otázek se zacílením k požadovaným výsledkům, zpracování anketních dotazníků a interpretace výsledků pro jejich doplnění v dalším kole, resp. stupni odpovědi.

Vyhodnocení expertních výpovědí probíhá dle [11] ve dvou fázích:

- určení skupinového názoru,
- posouzení kvality získaných informací.

Určení skupinového názoru lze provést pomocí kvantitativních (aritmetický průměr, modus nebo medián, rozdělení, statistické charakteristiky – rozptyl, kvantilové rozpětí, intervalové odhady, charakteristiky rozdělení) nebo kvalitativních odhadů (nominální stupnice, převod na bodovou kvantitativní stupnici, formalizace a kvantifikace odpovědí). Její popis je v [10].

4.2 Využití metody DELPHI pro bezpečnostní výzkum provozu metra

Cílem bezpečnostního výzkumu provozu metra je ověření metod pro hodnocení kritické infrastruktury a určení kritičností prvků systému. Předmětný výzkum probíhá uvedenou metodou DELPHI, tj. více stupňového expertního šetření. Prakticky se jedná o anonymní vyplnění několika navazujících dotazníků. Účelem metody je získat sadu anonymních odpovědí expertů s možností zpětné vazby a zvážení i netypických názorů. Výsledky jsou následně zhodnoceny a v rámci možností oslovené skupiny expertů budou navržena možná opatření k nápravě případných zjištěných nedostatků.

Dílčí cíle výzkumu jsou:

- identifikace kritických funkcí metra, míst a zařízení (aktiva),
- určení jejich důležitosti vzhledem k bezpečnosti,
- určení dopadů nepříznivých událostí (zranitelnosti, pohromy, kritičnosti pohrom),
- určení kritičností aktiv, hledání scénářů selhání.

Konkrétní výsledky, tj. kritická místa, identifikované kritičnosti a scénáře, jsou neveřejné, ale jejich zobecněná podoba slouží jako podklad pro další vědeckou činnost. Výsledky jsou zpřístupněné účastníkům výzkumu a lze je využít provozovatelem metra pro zajištění zabezpečení metra.

Výzkum je prováděn formou expertního šetření. Každý expert je dotazován pomocí elektronického formuláře [19], k jeho vyplnění je dotázán e-mailem. Experti odpovídají anonymně tak, že si na začátku zvolí vlastní identifikátor (libovolný číselný kód), kterým se v každém kole identifikují. Dotazování metodou DELPHI je členěno celkem do 3 stupňů:

1. Identifikace aktiv (funkce, místa a části systému metra, která jsou důležitá pro jeho bezpečný provoz).
2. Určení důležitosti a zranitelnosti aktiv.
3. Scénáře dopadů sledovaných pohrom.

Po skončení každého kola dotazování jsou výsledky vyhodnoceny a v případě neshod je provedeno upřesnění a odůvodnění, které v některých případech probíhá v několika iteracích.

Skupina expertů byla volena na základě referencí vybraných zaměstnanců provozovatele metra a vybraných poskytovatelů služeb a dodavatelů klíčových zařízení potřebných pro provoz metra. Každý takto oslovený expert měl možnost doporučit další vhodné experty v následujících oblastech:

- bezpečnost práce a ochrana zdraví personálu,
- ochrana majetku,
- ekonomika provozu,
- ochrana cestujících,
- technická a funkční bezpečnost provozu.

Podmínkou pro výběr experta do expertního týmu je jeho dlouholetá znalost provozu metra s praxí alespoň deseti let v různých oblastech uvedených výše a na různých úrovni řízení, tj.: strategické řízení, taktické a projektové řízení, operativní řízení, technický pracovník, technické práce. Kritérii výběru jsou: praxe v provozu metra, vzdělání, délka praxe v oblasti, délka praxe v různých úrovních řízení. Celkem bylo osloveno 18 expertů, kteří byli před zahájením dotazování požádáni o vyplnění krátkého dotazníku pro určení školy experta (expertíza) [11].

4.3 Stupnice pro určení důležitosti a zranitelnosti

Otázky v rámci výzkumu jsou zaměřeny na jednotlivá identifikovaná aktiva, kde má respondent za úkol ohodnotit důležitost a zranitelnost aktiva dle níže uvedených stupnic pro různé úrovně řízení L1-L5, tj.: za normálních podmínek, abnormálních podmínek, při větších odchylkách, v kritických a extrémních podmínkách. Rozdělení L1-L5 odpovídá modelu, který je založen na principu Defence-In-Depth [12,13,14]:

Bezpečný provoz metra za normálních podmínek (úroveň řízení L1) - zajištění bezpečné stavby a zařízení. Pro zjednodušení uvažujeme provoz na úrovni stanic metra (složitější stanice s kolejovým větvením, bez Ochranného systému metra). Při identifikaci uvažujeme také vazby na sousední stanice a systém centrálního řízení (např. dispečinky).

Bezpečný provoz metra za abnormálních podmínek (úroveň řízení L2) - tj. provoz, ve kterém došlo k selhání nebo mírnější mimořádné události a lze tuto situaci zvládnout běžnými prostředky. Účelem řízení v tomto režimu je rychlá reakce a navrácení systému do normálního provozu, tzn. aplikace funkcí pro detekci selhání, jejich zvládnutí, signalizace, alarmy, sdělovací zařízení, vhodné procesy a reakce zaměstnanců apod.

Bezpečný provoz metra při větších odchylkách / zvládnutí havárií (úroveň řízení L3) - tj. provoz, kde došlo k závažné mimořádné události, kterou nelze zvládnout běžnými dostupnými prostředky, tzn. aplikace ochranných systémů a bariér, které zabraňují vzniku dalších nežádoucích jevů, udržení bezpečného provozu i za změny podmínek, schopnost zajistit normální provoz po aplikaci nápravných opatření (vyčištění, oprava...).

Řízení v případě kritických podmínek (úroveň řízení L4) - tj. řízení / ovládnutí kritických podmínek včetně prevence dalšího vývoje havárie a zmírnění dopadů havárie (vnitřní havarijní plány, nouzové plány, plány kontinuity) - viz povodně 2002.

Řízení v případě extrémních podmínek (úroveň řízení L5) - zmírnění dopadů havárie vně objektu.

Důležitost aktiva určujeme podle hodnotové stupnice v rozmezí 1 až 3:

1. Základní důležitost - ztráta aktiva by měla vliv na kvalitu provozu, ale neměla by přímý dopad na bezpečnost.
2. Důležitější - aktiva v dané úrovni provozu (L1-5) plní důležitou roli a jejich výpadek resp. selhání může, ale nemusí mít dopady na bezpečnost (ke ztrátám dochází například až v kombinaci selhání více aktiv).
3. Velmi důležitá - kritická aktiva, jejichž výpadek má zásadní vliv na bezpečnost, tj. může způsobit eskalaci problému, přechod do vyšší úrovně řízení bezpečnosti (L), má přímé dopady na okolní aktiva systému i veřejná aktiva, dle kritérií pro kritickou infrastrukturu [15,16]:
 - více než 250 mrtvých nebo více než 2500 osob s následnou hospitalizací po dobu delší než 24 hodin,

- ekonomický dopad s hodnotou vyšší než cca 25 mld.,
- omezení poskytování nezbytných služeb nebo jiného závažného zásahu do každodenního života více než 125 000 osob.

Zranitelnosti chápáné jako citlivosti na selhání okolních aktiv resp. Výskytu pohromy určíme dle stupnice:

1. Pohroma / selhání okolních aktiv výrazně neohrožuje funkce sledovaného aktiva.
2. Pohroma / selhání okolních aktiv může poškodit funkce sledovaného aktiva.
3. Pohroma / selhání okolních aktiv vede k výraznému poškození funkce sledovaného aktiva, čímž může vést k eskalaci problému, ztrátám na veřejných aktivech, změny úrovně řízení bezpečnosti provozu, způsobuje kaskádové efekty - tj. selhání se přenáší na jiná aktiva provozu metra.

5. Průběh a výsledky výzkumu bezpečnosti provozu pražského metra

Bezpečnostní výzkum provozu pražského metra je realizován sběrem dat pro následnou analýzu a vyhodnocení ve třech kolech uvedených v předchozí kapitole: identifikace aktiv, určení důležitosti a zranitelnosti, scénáře dopadů vybraných pohrom.

5.1. Aktiva provozu pražského metra

První kolo bezpečnostního výzkumu metodou DELPHI ve spolupráci s experty z řad zaměstnanců Dopravního podniku hl. m. Prahy bylo zaměřené na identifikaci aktiv důležitých pro bezpečný provoz metra v pěti úrovních řízení bezpečnosti. Pro kolekci všech identifikovaných aktiv bylo zapotřebí tří iterací, jelikož experti na základě znalosti z praxe identifikovali více stejných aktiv s jinými názvy anebo neidentifikovali aktiva, která jsou z hlediska řízení bezpečnosti důležitá a zřejmě v systému řízení metra chybí. Otázky, na které experti odpovídali, jsou uvedené v příloze.

Po prvním kole bezpečnostního výzkumu metodou DEPHI byla *identifikována aktiva* v následujících skupinách:

- konstrukce (stavby a konstrukční technologie),
- technika (vzduchotechnika, osvětlení, energetika, dopravní zařízení, dopravní prostředky, informační systémy, signalizační, sdělovací a zabezpečovací zařízení, vodohospodářství a kanalizace, kolejová technika, zařízení Ochranného systému metra, jiné – především pro L2-L3),
- personál (staniční, depa, traťoví a ostatní, dispečink I. až III. stupně),
- místa (veřejné prostory stanice, ostatní veřejné prostory, jiné neveřejné prostory stanice, technologické prostory, prostory dispečinku, tunely, prostory depa),
- funkce (staniční, technologické, personální),
- vazby a toky (informační, energetické, materiálové),
- organizace a ekonomika (jednotky a odbory, předpisy a plány, procesy, vlastnosti řídicích a odpovědných pracovníků, záchranné a bezpečnostní sbory, ekonomika).

Aktiva, která *nebyla dostatečně identifikována* a jsou z hlediska řízení bezpečnosti důležitá, jsou například:

- některé obecné plány pro zvládání kritických podmínek (L3-5), tj. obecné plány kontinuity, plány čištění a dekontaminace apod., simulace mimořádných událostí a trénink,
- ekonomické – fondy, hmotné rezervy, rozpočet pro pravidelné kontroly, přezkoumávání a hodnocení organizačních, technických a procesních parametrů, rozpočet pro zajištění zabezpečení kritických aktiv (tj. pro kontinuální snižování kritičnosti = ochrana a zabezpečení výše uvedených aktiv).

Aktiva byla identifikována pro L1-L3 ve všech skupinách, pro L4 a L5 pouze ve skupině Organizace a ekonomika.

5.2. Zranitelnosti, důležitosti a kritičnosti aktiv

Zranitelnosti a důležitosti aktiv byly identifikované v rámci druhého kola bezpečnostního výzkumu metodou DELPHI ve spolupráci s experty z řad zaměstnanců Dopravního podniku hl. m. Prahy. Pro identifikaci byly použité stupnice uvedené dříve, s omezením na zranitelnosti, které byly v tomto kole identifikovány jako citlivost na selhání okolních aktiv. Výsledek je medián odpovědí expertů, v případě výrazných odchylek byla korekce předmětem další iterace. V případě menších odchylek a v případě lichého počtu odpovědí jsou možné i poloviční hodnoty, tj. 1,5 nebo 2,5 na rozdíl od stupnice uvedené výše.

Z hlediska dílčích kritičností, tj. součin výsledné důležitosti a zranitelnosti aktiva na funkci aktiv okolních, lze na základě výstupů výzkumu uvést jako nejkritičtější následující aktiva:

- osvětlení,
- vzduchotechnika (při řízení L3),
- dopravní zařízení,
- veřejné prostory a zabezpečení únikových východů,
- informační a materiálové toky (především ve vztahu k vzduchotechnice a technickému stavu objektů dopravních prostředků a zařízení),
- v případě L3-L5 potom součinnost a kvality (přípravenost) záchranných a bezpečnostních sborů.

Pro příklad jsou v tabulce 1 uvedené výsledky pro skupinu aktiv Vazby a toky s následujícími definicemi:

Zranitelnost pro okolní aktiva 1-3: 1 - malá, 2 - střední, 3 - velká.

Důležitost 1-3: 1 - základní důležitost, 2 - střední důležitost, 3 – velká důležitost.

Dílčí kritičnost = důležitost x zranitelnost.

Tučně označená aktiva v tabulce 1 mají nejvyšší kritičnost, proto vyžadují vyšší pozornost než ostatní. Dílčí kritičnost závisí na zranitelnosti a důležitosti v jednotlivých režimech provozu L1-L5 a také na tom, při jaké události k výpadku aktiva může dojít, na to se zaměřuje další kolo výzkumu, viz následující odstavec. Výsledky pro ostatní skupiny aktiv a jejich analýzy jsou neveřejné na základě provozovatele metra.

Tabulka 1. Kritičnosti aktiv ze skupiny „vazby a toky“.

Aktiva	Důležitost			Zranitelnost pro okolní aktiva	Dílčí kritičnost		
	L1	L2	L3	L1-L5	L1	L2	L3
komunikace: VDM – strojvedoucí – Staniční a technologický personál	3	3	3	2,5	7,5	7,5	7,5
komunikace: VDM – staniční personál – HZS DP	0	3	3	2,5	0	7,5	7,5
informace z IS směrem k cestujícím	2	3	3	2,5	5	7,5	7,5
technický stav vlaků a objektů – depo – dispečink	2	2	3	3	6	6	9
dálkově spouštěné informační relace z VDM nebo ovládané staničním personálem (tj. ASDŘ – staniční uzly)	3	3	3	2	6	6	6
vzduchotechnika – TCHDM a ASDR-T	1	2	3	3	3	6	9
čerpací stanice -TCHDM a ASDŘ-T	1	2	3	2,5	2,5	5	7,5
dopravní technologie (výtahy) – TCHDM a ASDŘ-T	2	3	3	2,5	5	7,5	7,5
staniční rozhlas – VDM a ASDŘ-D (dálkové volby)	2	3	3	2	4	6	6
kolejové technologie – zabezpečovací zařízení	3	3	3	2	6	6	6
napájecí systémy	3	3	3	2,5	7,5	7,5	7,5
distribuce mezi stanicemi	2	3	3	2	4	6	6
energie pro provoz vlaků	3	3	3	2	6	6	6
distribuce k technologiím ve stanicích	2	3	3	2,5	5	7,5	7,5
distribuce k technologiím v tunelech	2	3	3	2	4	6	6
nouzové napájecí systémy	3	3	3	2	6	6	6
vzduch	1	3	3	3	3	9	9
voda	1	3	3	2,5	2,5	7,5	7,5
odpad	1	2	3	2	2	4	6
provozní materiál ve stanicích	1	2	3	3	3	6	9

5.3 Reálný stavu zabezpečení systému vůči specifickým a kritickým pohromám

Analýza zabezpečení systému vůči specifickým a kritickým pohromám byla předmětem třetího kola bezpečnostního výzkumu metodou DELPHI ve spolupráci s experty z řad zaměstnanců Dopravního podniku hl. m. Prahy. Třetí kolo bylo zaměřeno na určení dopadů pohrom, pro tvorbu jejich scénářů. Otázky třetího kola jsou rozděleny dle tří hlavních cílů tohoto kola:

1. Ověření kritičností pohrom, tj. rozřazení pohrom do skupin relevantní, specifické, kritické. Při vyhodnocení je porovnávána shoda s údaji v tabulce 1.
2. Identifikace nedostatků pro specifické pohromy, tj. zranitelnosti systémů (technologických a řídicích aktiv). Při vyhodnocení je porovnávána shoda s výsledky pro modelovou stanici metra [1].
3. Identifikace slabín v případě kritických pohrom, a hledání ochranných opatření pro zvládnutí kritickým pohrom.

Poslední kolo bylo ve skutečnosti limitované počtem odpovědí expertů a jejich koncentrací v případě většího množství otázek, tj. kvality odpovědí. Ve třetím kole se totiž berou v potaz jak veškerá aktiva, tak i všechny relevantní, specifické a kritické pohromy, což vede k velkému množství kombinací, které musí expert zvažovat. Výše uvedené je limitem metody DELPHI, což vede k závěru, že je zvolená metoda sice vhodná, ale je nutné ji doplnit o další hodnocení, například porovnání shody s modelovými případy, případovými studiemi a následnou diskuzí.

Po porovnání shody výsledků třetího kola s prací [1, 5] zaměřených na aktiva a bezpečnost modelové stanice metra (ne reálného provozu) lze uvést následující zjištění rozdělených dle výše uvedených cílů:

1. V porovnání s výsledky v práci [1,5]:
 - experti nepovažují za relevantní následující pohromy: vichřice; ztekucení podloží; pandemie; epidemie; porucha stability lidské společnosti; ozbrojený konflikt; válka; průmyslová havárie; havárie při přepravě či skladování nebezpečných látek; pohroma v infrastruktuře; pohroma v infrastruktuře služeb, zásobování a spojení; ztráty obslužnosti; porušení; stability podloží vlivem vibrací; rychlé variace klimatu; selhání toků surovin a výrobků. *Předmětné stanovisko je způsobeno tím, že vybraní experti se zaměřují jen na známé skutečnosti a požadavky legislativy a neberou v úvahu, že uvedené vnější pohromy mohou poškodit metro,*
 - za specifické pohromy experti považují:
 - kriminalitu a útok – ve shodě; dle expertů jsou zohledněné v rámci provedených preventivních organizačních opatření v metru,
 - dopravní nehody, tj. havárie v dopravě v pracích [1,5] označené za kritické; dle expertů jsou zohledněné v rámci provedených preventivních technických a organizačních opatření,
 - selhání kybernetické infrastruktury – ve shodě; dle expertů jsou zohledněné v rámci provedených preventivních organizačních opatření,
 - selhání technologií – v pracích [1,5] označené za kritické; dle expertů jsou zohledněné v rámci provedených preventivních technických opatření,
 - kontaminace ovzduší a vody – ve shodě; dle expertů jsou zohledněné v rámci provedených preventivních technických opatření,

- migrace velkých skupin lidí – v pracích [1,5] označené pouze za relevantní; dle expertů jsou zohledněné v rámci provedených preventivních organizačních opatření,
 - organizační havárie, selhání toků energií a informací – v pracích [1,5] označené za kritické; dle expertů jsou zohledněné v rámci provedených preventivních organizačních opatření,
- za kritické pohromy experti považují:
- povodeň – ve shodě; dle expertů jsou zavedena reaktivní opatření,
 - útok za použití CBRN zbraní – ve shodě; dle expertů jsou zavedena reaktivní opatření,
 - pohroma v oblasti kritické infrastruktury – v pracích [1,5] uvedené pouze za specifické,
 - pohroma v územní infrastruktuře – v pracích [1,5] uvedené pouze za relevantní.
2. Odpovědi expertů se shodují se závěry prací [1,5], tj.:
- technologický systém má ve většině případů zapracované základní principy potřebné pro zajištění bezpečnosti, tj. bezpečný design (stavby, materiály a konstrukce, které zmírňují dopady pohromy) – tj. bezpečný provoz metra za normálních podmínek (úroveň řízení L1) je zajištěn,
 - řídicí systém má zavedeny řídicí funkce, alarmy a reakce operátora pro udržení normálního (stabilního) stavu za abnormálních podmínek (**úroveň řízení L2**), systém řízení obsahuje také bezpečnostní instrukce a fyzické bariéry, které při větších odchylkách zabrání výskytu dalších nežádoucích jevů (**úroveň řízení L3**) – ovšem implementace uvedených systémových funkcí jsou limitované a mohou se při nežádaných událostech vyskytnout nezajištěná místa,
 - systém rovněž obsahuje některé instrukce a mechanismy pro případ ztráty kontroly, tj. opatření pro nouzovou odezvu při kritických podmínkách, při kterých se zajistí schopnost návratu do normálního stavu (**úroveň řízení L4**) – to platí jen pro vybrané události (povodně a útok za použití CBRN zbraní), tj. nezahrnuje všechny možné pohromy,
 - pro případ ztráty kontroly, tj. pro kritické (nadprojektové, extrémní) podmínky opatření pro: udržení provozuschopnosti technologického systému po jeho opravě a údržbě, a opatření pro zajištění ochrany veřejných aktiv (lidí, životního prostředí a dalších aktiv) v okolí technologického systému (**úroveň řízení L5**) – tato úroveň je zajištěna nejméně a provoz je v případě extrémních podmínek značně zranitelný.
3. V předmětné části se experti shodli na tom, že ochranná opatření a činnosti pro ochranu zaměstnanců a lidí jsou zajištěné jen pro případ povodně, havárii při dopravě. Dále pouze jeden z expertů uvedl, že:
- jsou zajištěna ochranná opatření a činnosti pro provoz technologie v případě povodně a selhání toků energií,
 - pro řadu pohrom jsou zajištěna ochranná opatření a činnosti pro obnovu provozu do 14 dnů,
 - u organizační havárie jsou zajištěny postupy pro špatnou odezvu.

Z odpovědí expertů vyplývá, že z největší pravděpodobností nejsou zajištěna ochranná opatření a činnosti pro ochranu životního prostředí a lidí v okolí objektu a nejsou zajištěny ochranné postupy pro závažné chyby v řízení provozu.

Na základě výše uvedených výsledků lze na základě volby nejhoršího případu a pro potřeby předložené práce dosavadní znalosti o pohromách aktualizovat, Tabulka 2.

Tabulka 2. Rozdělení pohrom - relevantní, specifické, kritické (aktualizované).

Pohroma	Relevantní	Specifické	Kritické
<i>Výsledky procesů probíhající vně i uvnitř Země</i>			
Povodeň	ano	ano	ano
Vichřice	ano	ano	
Zemětřesení	ano		
Ztekucení podloží	ano	ano	ano
Výstup plynu na zemský povrch	ano		
<i>Výsledky procesů v lidském těle, v chování lidí a procesů v lidské společnosti</i>			
Epidemie	ano	ano	ano
Pandemie	ano	ano	ano
Porucha stability lidské společnosti	ano	ano	
Kriminalita	ano	ano	
Útok	ano	ano	
Teroristický útok	ano	ano	ano
Útok za použití chemických, jaderných, radiologických a biologických (CNRB) zbraní	ano	ano	ano
Ozbrojený konflikt	ano	ano	ano
Válka	ano	ano	ano
<i>Výsledky procesů a činností instalovaných lidmi</i>			
Průmyslová havárie	ano		
Havárie při přepravě či skladování nebezpečných látek	ano		
Havárie při dopravě	ano	ano	ano
Pohroma v oblasti kritické infrastruktury	ano	ano	(ano)
Pohroma v ekonomice	ano		
Pohroma v územní infrastruktuře	ano	(ano)	(ano)
Pohroma v kybernetické infrastruktuře	ano	ano	
Pohroma v infrastruktuře služeb, zásobování a spojení	ano		

Selhání technologií	ano	ano	ano
Ztráty obslužnosti	ano		
<i>Interakce planety Země a životního prostředí na činnosti lidí</i>			
Porušení stability podloží vlivem vibrací	ano	ano	ano
Kontaminaci ovzduší	ano	ano	
Kontaminace vody	ano	ano	
Rychlé variace klimatu	ano		
Migrace velkých skupin lidí	ano	(ano)	
<i>Vnitřní závislosti v lidském systému přirozené nebo lidmi vytvořené</i>			
Organizační havárie	ano	Ano	ano
Selhání toků surovin a výrobků	ano		
Selhání toků energií	ano	Ano	ano
Selhání toků informací	ano	Ano	ano
	<i>Relevantní</i>	<i>Specifické</i>	<i>Kritické</i>

5. Závěr

Výsledky předložené práce a bezpečnostního výzkumu provozu pražského metra poskytují data a vhodný vědecký základ pro další analýzu, tj. určení scénářů, důležitých pro návrh a implementaci opatření, které snižují kritičnost prvků a celého systému předmětného technického díla, tj. systému metra a jeho provozu. Výsledky ukazují na místa v systému, která jsou již v rámci přijatelných a odůvodnitelných nákladů dostatečně zabezpečena, a zároveň na místa která nadále zůstávají zranitelná. Předmětné výsledky jsou poskytnuty provozovateli pro zvážení těchto faktů a následné zlepšení bezpečnosti.

Pokračující výzkum na základě uvedených výsledků se dále zaměřuje na jejich vhodnou interpretaci, tak aby byla zajištěna co nejefektivnější práce s daty, a umožnila tvorbu scénářů, které jsou důležité pro přípravu odezvy i v případě kaskádových efektů pohrom, které se v případě takto komplexních technických děl v praxi běžně projevují. Nekritičtější aktiva je zapotřebí zabezpečit a pro prioritní rizika dále vytvořit plán pro zvládnutí rizik.

Literatura

- [1] KERTIS, T. PROCHÁZKOVÁ, D. Assets of Model Metro Station and Their Criticality. *Acta Polytechnica CTU Proceedings. IRICoN*. ISSN 2336-5382. ISBN 978-80-01-06022-3. Praha: ČVUT 2016, pp. 29-37.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti a udržitelného rozvoje území*. ISBN 978-80-7251-243-0. Praha: PA ČR 2007. 202p.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05103-0. Praha: ČVUT 2012, 318p.

- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Krizové řízení pro technické obory*. ISBN 978-80-01-05292-1. Praha: ČVUT 2013, 303p.
- [5] KERTIS, T. Bezpečnostní plán vybrané stanice pražského metra. *Diplomová práce*. Praha: ČVUT 2015, 94p.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza a řízení rizik*. ISBN:978-80-01-04841-2. Praha: ČVUT 2011, 405p.
- [7] KORECKÝ, M., TRKOVSKÝ, V. *Management rizik projektů*. ISBN 978-80-247-3221-3. Praha: Grada 2011, 584p.
- [8] PROCHÁZKOVÁ, D. Metodika stanovení závažných živelných a jiných pohrom pro potřeby veřejné správy. In: *Fire Safety 2004*. ISBN 80-86634-43-4. Ostrava: VŠB 2004, 3p.
- [9] VOTRUBA, Z., KALIKA, M., KLEČÁKOVÁ, J. *Systémová analýza*. ISBN: 9788001040812. Praha: ČVUT 2004, 187p.
- [10] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [11] KNÁPEK, J. *Přednášky k předmětu Systémové inženýrství*. Praha: ČVUT v Praze 2012.
- [12] PROCHÁZKOVÁ, D. *Safety of Complex Technological Facilities*. ISBN: 978-3-659-74632-1. Saarbruecken: Lambert Academic Publishing 2015, 244p.
- [13] KERTIS, T. Introduction of Modern Approaches of Ensuring Safety into Business Processes in Railway Industry. In: *Selected Risks of Business Processes*. ISBN 978-80-01-05831-2. Praha: ČVUT 2015, pp. 26-38.
- [14] FEMA. *Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning*. Washington: FEMA 1996. <http://www.fema.gov/pdf/plan/slg101.pdf>
- [15] ČR. *Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)*.
- [16] ČR. *Narizení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury*.

Poděkování: Autoři děkují všem expertům zúčastněným v uvedeném výzkumu a za granty ČVUT „OHK2-003/15, Řízení bezpečnosti a ochrana kritických objektů a kritických infrastruktur“; a projekt MŠMT „RIRIZIBE CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/000“.

STUDIUM AGRESIVITY ŘIDIČŮ

STUDY OF AGGRESSIVENESS OF DRIVERS

Vilém Knap^{*)}

Abstrakt: Předmětem článku je shrnout dosavadní poznatky o studiu agresivity řidičů motorových vozidel. Čtenáři jsou v práci seznámeni s fenoménem agresivního řízení. Jsou zde formulovány příčiny agresivního řízení a je objasněna souvislost lidského faktoru a agresivního řízení. Dále byl zde proveden metodou kritického rozřídění faktů rozbor vybrané dopravní nehody.

Klíčová slova: agresivita; agresivní chování; řidiči motorových vozidel; psychologie; lidský faktor.

Abstract: The subject of the article is to summarize existing knowledge about studying the aggressiveness of drivers of motor vehicles. In work readers are informed on the phenomenon of aggressive driving. The causes of aggressive management are formulated and it is clarified relationship of the human factor and the aggressive driving. Further, it is made the analysis of selected transport accident by a critical analysis method.

Key words: aggressiveness; aggressive behaviour; motor vehicle drivers; psychology; human factor.

1. Úvod

V současné době se často setkáváme s agresivními projevy řidičů motorových vozidel na pozemních komunikacích. Projevy agrese jsou způsobené lidským faktorem. Při řízení motorového vozidla agresivním stylem hraje velkou roli mnoho psychologických faktorů a mnoho z nich je velmi těžké předvídat a zvládnout.

Z hlediska bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích, je třeba lidský faktor pochopit a najít opatření ke snížení projevů agresivity. V článku jsou shrnuty některé příklady agresivního chování během řízení.

Chování účastníků provozu na pozemních komunikacích je ovlivňováno mnoha faktory, zejména těmi, které se dají spojit s tendencemi k agresivnímu jednání u některých lidí. Takové faktory se mohou projevit v různých formách, ale jedno je pro ně společné: mohou potenciálně

^{*)} vilemknep@seznam.cz

způsobit velmi nebezpečné situace, zejména na silnicích. Řidiči mohou být v provozu na silničních komunikacích vystaveni situacím, způsobujících u nich frustraci. Například při dopravních kongescích se mohou objevit všechny stupně agrese (potencionální nepřátelské, útočné až zničující jednání vůči ostatním účastníkům provozu). Pokaždé se však jedná o nepřizpůsobivé chování vzhledem k aktuální dopravní situaci s různě závažnými projevy, jako jsou například [1]:

- pouze myšlenková agrese, navenek se neprojevuje (vnější projevy jsou minimální – zčervenání, stisk zubů),
- verbální (nadávání, klení, vyhrožování),
- projevy destrukce či poškozování cizích vozidel (poškrábání laku, propíchnutí pneumatik, poškozování karoserie atd.),
- projevy fyzického násilí vůči jiným řidičům.

Podle publikace ze semináře o bezpečnosti dopravy v České republice z roku 2009[1] mají dlouhodobě frustrování řidiči, kteří nemohou dosáhnout stanovených cílů, větší tendence se dostávat do stresu a impulzivních nálad. Zkušení řidiči, kteří jsou emočně vyrovnaní, se dokáží ovládat a zvládají takové situace. Nastává u nich zhoršená nálada, nespokojenost, ale tyto faktory nemohou zásadně ovlivnit zažitě dopravní chování. V některých případech to může skončit i fyzickým napadením druhého řidiče.

2. Lidský faktor

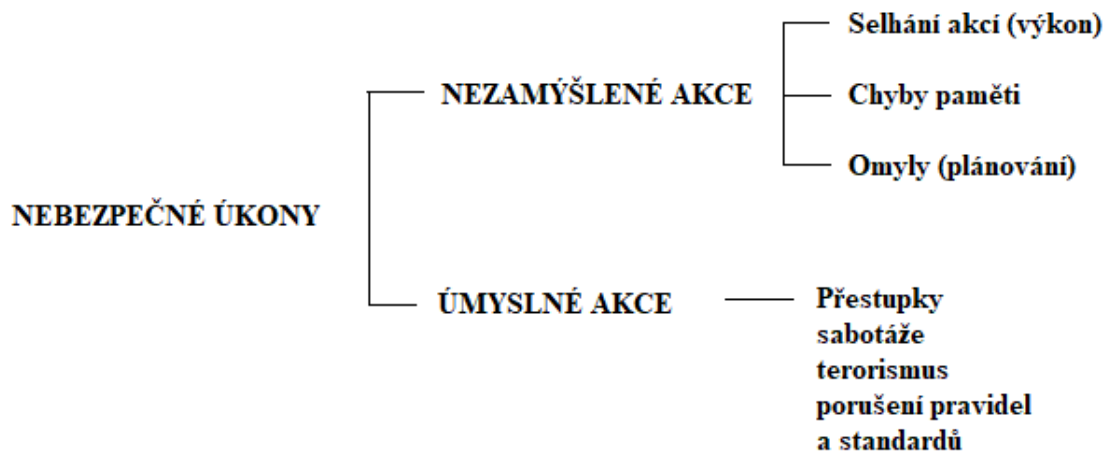
V úvodu statě bylo řečeno, že projevy agresivity na silnicích jsou způsobené lidským faktorem. Publikace [2] uvádí následující definici lidského faktoru: Lidským faktorem (činitelem) se rozumí soubor vlastností a schopností člověka, posuzovaných především z hledisek psychologických, fyziologických a fyzických, které vždy nějakým způsobem v dané situaci ovlivňují výkonnost, efektivnost a spolehlivost pracovního systému.

Agresivní, chování, kterého se řidiči dopouštějí, je nežádoucí jev. Dochází-li k němu, hrozí nebezpečí všem účastníkům provozu na silnicích. Agresivní jízdu lze brát jako odchylku od bezpečné jízdy neboli jako lidskou chybu. Ve studii [3] je lidská chyba definována jako odchylka lidského výkonu od plánovaného, žádoucího anebo ideálního standardu.

Na základě definice v práci [4] se lidský faktor ve smyslu lidské chyby (selhání člověka) dělí podle typu chyb na úmyslné a neúmyslné, ke kterým dochází při provádění činností. Jejich zdrojem je: rutinérství; nedodržení provozních a bezpečnostních předpisů; opomenutí; špatný zdravotní stav; špatné podmínky na pracovišti aj.); a chyby v řízení (managementu; jejich zdrojem je neznalost; nerespektování zákonitostí přírodních, technických ekonomických a sociálních, arogance; apod. Škody způsobené chybami v řízení jsou zpravidla daleko vyšší než chyby při provádění činností, a proto v souvislosti s lidským faktorem je kladen důraz na úroveň řízení bezpečnosti [4].

Bezpečné či spolehlivé chování systému vychází z následujícího předpokladu: techničtí pracovníci, kteří mají na starost provoz a údržbu vždy postupují podle předepsaných procedur (proceduru tvoří správné úlohy nebo úkony vykonávané správně). Dle práce Reasona [5] se

při procesech zahrnujících lidský faktor se vždy vyskytnou takzvané nebezpečné úkony, což nám ukazuje model na obrázku 1.



Obr. 1. Reasonův model; zpracováno dle [5].

Vztáhneme-li Reasonův model na agresivní jízdu, nebezpečnými úkony pak budou agresivní jízda jako taková, a činy z ní vyplývající, jako například:

- překračování povolené rychlosti, zejména v obci a v blízkosti výskytu dětí,
- vybrždování,
- vulgární pokřiky a gesta,
- výhružky,
- násilné chování.

Ačkoliv agresor může jednat v afektu, jedná se vždy o úmyslné akce, protože řidič musí vždy přizpůsobit jízdu svému psychickému stavu. Systém „dopravní síť“ vždy předpokládá, že řidič sedá za volant svěží, v psychické pohodě a je schopný řídit.

3. Příčiny agresivního chování

Odborná veřejnost předpokládá, že agresivní chování na silnicích je kombinací několika faktorů. Biologické teorie považují agresivní chování za vrozené, ačkoliv některé ojedinělé reakce mohou být ovlivněny zkušenostmi. Psychologické a sociální metody považují agresi za naučenou odpověď, kterou jedinec získává v mládí napodobováním svých spřízněných zdrojů, jako jsou rodiče, přátelé apod. Dále jsou některé příčiny přímými důsledky evolučního vývoje a můžeme najít jejich ekvivalent ve zvířecí říši. Podle práce [6] jsou příčiny:

1. Lidské sklony k teritorialitě a pocit ohrožení při narušení jejich teritoria.
2. Chybějící prožití emoce.
3. Soutěživost.
4. Snaha být soudcem a trestat ostatní.
5. Stres.

6. Pocit anonymity.

7. Alkohol a drogy.

V prvním případě berou lidé vozidlo a jeho okolí jako své teritorium, které jim cizí osoba nemůže narušit. Vše je ještě umocněno rutinním opakováním některých situací, jako je například parkování. Při opakovaných cestách z domova do práce si postupně navyknou parkovat na stejném místě, které si oblíbí. Když je toto místo obsazeno, tak se u nich mohou dostavit negativní emoce, které následně ovlivní jejich jednání. Vozidlo nemusí stát na místě. Žádnému z řidičů není příjemné, když se mu ostatní „lepí na paty“. Nejedná se pouze o pocit ohrožení z důvodu nedodržení bezpečné vzdálenosti, ale také o pocit ohrožení z důvodu narušení osobního prostoru, který si při jízdě podvědomě rozšiřují na vozidlo. Pocity ohrožení se dostávají i při situaci, kdy za řidičem dlouhodobě jede stejné auto, a řidič pak má pocit, že je sledován. Při návalech těchto negativních emocí mohou poté reagovat agresivně, nebo ztrácejí kontrolu sami nad sebou.

V druhém případě mohou při řízení vozidla někteří jedinci dostávat pocity, které jim v běžných situacích a životě chybí, popřípadě vyhledávají některé situace, kterými si nahrazují chybějící nebo špatné zážitky z mládí/dělství. Jedná se o pocit kontroly („vozidlo neodmlouvá“) a že jsou pány situace.

Ve třetím případě se dává do souvislosti soutěživost, která je přirozenou lidskou vlastností, a její projevy můžeme pozorovat i v silničním provozu. První automobilový závod z Paříže do Rouenu se jel už v červenci 1894. Nicméně část bezohledných řidičů, si z běžných pozemních komunikací dělá závodní dráhu. Existuje skupina řidičů, kteří vnímají předjíždění jinými řidiči jako výzvu k soutěži popřípadě jako potupu, se kterou se musí vypořádat. Mohou se pak předvádět, závodit či provádět nebezpečné předjížděcí manévry, což může mít fatální následky. Druhým případem soutěžení na silnicích je rozjezd více vozidel současně na křižovatce se světelně signalizačním zařízením. Takoví řidiči se předhánějí v tom, kdo rychleji vystartuje. Nachází-li se takoví řidiči v úseku mezi dvěma semaforu, mohou se ještě předhánět v tom, kdo dojede rychleji k další světelně řízené křižovatce. Následky mohou být opět fatální, zejména když se u semaforů vyskytuje přechod pro chodce, poté hrozí, že zábrzdna vzdálenost bude příliš velká, což může pro pěší účastníky skončit tragicky.

Ve čtvrtém případě se projevuje velmi závažné chování řidičů, snažící se jiné řidiče trestat za jednání, které je jim nepohodlné jako je například najíždění na vozidlo jedoucí vpředu, čímž se jej snaží donutit k opuštění rychlejšího pruhu nebo alespoň ke zrychlování. Čtenář si může sám vyzkoušet jet v levém dálničním pruhu předpisovou maximální povolenou rychlostí $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a pozorovat reakce ostatních řidičů.

V pátém případě se projevuje stres, který je příznakem současné doby. Žijeme v informačním věku a ve velmi uspěchaná době. Lidé chtějí mít více volného času, a proto se snaží si zkrátit dobu, za kterou se potřebují přepravit například ze zaměstnání do svých domovů. Intenzita dopravy narůstá, a tak se dostávají do konfliktních situací, když chtějí být se svými blízkými, ale místo toho stojí v kolonách, což může vést k agresivní jízdě v odstavných pruzích. Jednoduchá opatření jako například předem naplánovaná trasa či načasování si jízdy tak, aby se řidiči vyhnuli dopravní špičce, mohou značně ulevit od stresových situací a zvýšit bezpečnost silničního provozu. Dle závěrů ze Semináře o silniční bezpečnosti Ekonomické komise pro Evropu OSN [7] se na silnicích vyskytují řidiči, kteří mají již před jízdou pocity zlosti, nebo používají jízdu jako uklidňující prostředek/terapii, jsou tak daleko náchylnější k rizikovému chování během jízdy. Se vzrůstajícím agresivním chováním ztrácí ohleduplnost vůči ostatním účastníkům provozu na pozemních komunikacích.

Šestým případem je pocit anonymity. V dnešních dnech se lidé stávají čím dál většími individualisty a zapomínají tak na zodpovědnost vůči druhým. Je to dáno i pocitem anonymity řidičů, kteří často za volantem sedí sami a mají tak pocit, že jejich chování nikdo nesleduje. Přirovnání řidiče k jedinci v davu lidí, kde nemá pocity, že musí tolik kontrolovat své chování, protože bude těžce identifikován, je více než přesné a účelné. Pocit anonymity se dá ještě zesílit tónovanými tmavými skly. Čtenář si může sám položit otázku, kolikrát viděl řidiče jedoucího v často drahém sportovním, nebo sportovně užitkovém vozidle s tmavými tónovanými skly a černým lakem, jedoucího agresivně nebo porušujícího dopravní předpisy.

V sedmém případě je příčina agresivity dána jako důsledek požití alkoholu nebo drog. Při řízení vozidla je potřebné minimalizovat pravděpodobnost selhání lidského faktoru. To znamená, že mozek musí být ve střehu a plně soustředěný na řízení motorového vozidla. I požití malého množství návykových, mozek ovlivňujících substancí může mít fatální následky pro řidiče, posádku vozidla a ostatní účastníky silničního provozu.

Dle práce [8] mohou různé substance ovlivňovat mozek vícero způsoby, ale téměř všechny látky mají vliv na řidičovu:

- pozornost,
- úsudek,
- pohybové schopnosti,
- reakční dobu,
- rozhodnost,
- rovnováhu a koordinaci.

Australský Institut kriminalistiky sledoval přítomnost návykových látek u řidičů, zadržovaných v souvislosti s jízdou pod vlivem. Ve studii [11], provedené na základě dotazování zadržovaných osob, bylo dosaženo závěrů, že řidičům, kteří způsobili dopravní nehodu, byla v krvi kromě alkoholu, nejčastěji prokázána přítomnost těchto návykových látek:

- marihuana,
- opioidy,
- amfetamin (pervitin),
- benzodiazepiny,
- kokain.

Psychofarmaka na lékařský předpis mohou mít také výrazný dopad na řidičské dovednosti. Legální návykové léky jako jsou prášky proti bolesti, založené na opiátech či diazepam (předepisován lékaři na úzkost nebo poruchy spánku), mohou výrazně ovlivnit schopnost ovládnout pohybující se vozidlo. Lidé užívající tyto léky, zejména dlouhodobí uživatelé, si nemusí být vědomy, že řídí pod vlivem. Dle práce Kanadského centra, pro závislost a užití substancí [8] má část řidičů užívající léky, které ovlivňují řízení psychicky labilní povahu.

Ze studie Australského institutu kriminalistiky vyplývá, že nejnáchylnější skupinou řidičů, kteří mají tendence jezdit pod vlivem návykových látek, jsou mladiství [11].

V roce 2010 byla uvedena do mediálního prostoru osvětová kampaň Ministerstva dopravy "Nemyslíš, zaplatíš!", která byla zacílena právě na mladé řidiče do 25 let. Jeden ze spotů upozorňoval právě na jízdu pod vlivem návykových látek. V tomto případě marihuany. Ženich s nevěstou užijí marihuanovou cigaretu a poté usednou do vozidla. Tato osvětová kampaň byla vyhodnocena jako efektivní, stejně jako její britský vzor. Nicméně je už 8 let

stará a velká část tehdejších mladých řidičů už odrostla. Dnes mají rodiny a jezdí pokorněji. Dnešní mladiství řidiči si tuto kampaň mohou pamatovat z televize velmi mlhavě, nebo o ní nevědí vůbec. Je pro to žádoucí a účelné vytvořit novou osvětovou kampaň, zacílenou na dnešní mladistvé řidiče. Pro snížení nehodovosti mladých řidičů je potřeba, aby odborná ale i laická veřejnost apelovala na Ministerstvo dopravy a BESIP, aby byla zhotovena nová kampaň, odpovídající dnešním standardům. Primárním distribučním kanálem by pro maximální efektivitu měly být sociální sítě, zejména Facebook a Instagram. Bohužel k dnešnímu dni nemá Ministerstvo dopravy ani BESIP na Instagramu profil. Multimediální obsah, tematicky zaměřený na bezpečnou jízdu se vyskytuje na sociálních sítích sporadicky, a to pouze ze zahraniční produkce. Apelujme tedy na instituce s gescí dopravy, aby byl takový multimediální obsah vytvořen a distribuován k mladistvým těmi nejefektivnějšími cestami.

5. Příklad hodnocení agresivního chování

Zatím byl zpracován případ podnikatele Janouška [9,10] metodou kritického roztržení faktů, který havaroval opilý v Pražské Michli. Ve svém sportovně užitkovém voze Porsche Cayenne s tmavými skly nedobrzdil, a naboural do Volva stojícího před ním. Situace je zobrazena na obr. 1.

Po nárazu se snažil z místa nehody ujet, nicméně musel zastavit na nedaleké, světelně řízené křižovatce. Tam ho žena řidička doběhla. V momentě, kdy na signalizačním zařízení padl signál "volno", začal na ženu najíždět, aby mu uhnula z cesty, obr. 2. Řidička v tu chvíli byla v úrovni pravého předního světlometu. "Zaútočil na ni tím způsobem, že se prudce rozjel vpřed, akceleroval, a to přímo ve směru na poškozenou," uvedla žalobkyně. Agresivní řidič se podle ní rozjel za šest sekund na rychlost přibližně 34 kilometrů za hodinu. "Musel minimálně vědět, že může tímto způsobem poškozenou usmrtit," napsala žalobkyně s tím. Agresivní řidič nadýchal 3,3 promile alkoholu v krvi.



Obr. 1. Opilý agresivní řidič nedobrzdil a narazil do Volva před sebou [12].



Obr. 2. Žena vyběhla, a chtěla nehodu řešit, opilý agresivní řidič ji srazil [13].

Podnikatel Roman Janoušek byl odsouzen za těžké ublížení na zdraví ke čtyřem letům a šesti měsícům vězení za to, že 23. března 2012 v Praze 4 srazil ženu, která se s ním chtěla domluvit na řešení předchozí drobnější nehody. Agresivní řidič předtím naboural její auto, ujel, a když ho žena dostihla, pokusil se opět ujet. Při tom ji srazil a způsobil jí zlomeniny žeber, otok mozku a frakturu kotníku. Žena náraz lobbistova Porsche Cayenne vymrštil tak, že vzduchem letěla 13 metrů. Takové agresivní řízení je možné zařadit do kategorie "Road rage", neboli silniční vztek. V současnosti si tento agresivní řidič odpykává svůj trest ve vězení.

6. Závěr

Jsou shrnuty dosavadní poznatky o fenoménu agresivního chování řidičů motorových vozidel. Výzkum bude dále pokračovat a po roztřídění faktů bude snaha formulovat opatření pro zvýšení bezpečnosti na silnicích s ohledem na sledované nepřijatelné dopady selhání chování řidičů motorových vozidel.

Literatura

- [1] ŠUCHA, M. *Agresivita na cestách*. ISBN 9788024423753. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci 2009, 186 s.
- [2] KRÁL, M. *Ergonomický výkladový slovník*. ISBN: 80-239-2083-9. Rožnov pod Radhoštěm: Rožnovský vzdělávací servis 1999, 139 s.

- [3] SKŘEHOT, Petr. Hodnocení spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA a zkušenosti s aplikací softwarového nástroje HTA-PHEA. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti*. ISSN 1803-3687, 4(2011), 2. http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2011/hta-phea_skrehot.html>..
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Ochrana osob a majetku*. ISBN 978-80-01-04843-6. Praha: ČVUT 2011, 301 s.
- [5] REASON, J. *Human Error*. ISBN 978-0521314190. Cambridge: Cambridge University Press 1990, 320 s.
- [6] LISÁ, Z. *Agresivita na silnicích, aneb, Proč se za volantem chováme jinak?*. ISBN 978-80-7357-615-8. Praha: Wolters Kluwer ČR 2011, 131 s.
- [7] <https://www.unece.org/trans/roadsafe/rs4aggr.html>
- [8] <https://www.canada.ca/en/services/policing/police/community-safety-policing/impaired-driving/drug-impaired-driving.html>
- [9] https://zpravy.idnes.cz/opily-lobbista-roman-janousek-srazil-v-porsche-ridicku-volva-pu0-/krimi.aspx?c=A120323_120749_praha-zpravy_wlk
- [10] <https://www.blesk.cz/clanek/zpravy-udalosti/197803/vietnamka-kterou-srazil-kmotr-janousek-po-narazu-letela-14-metru-vzduchem.html>
- [11] ADAMS K., SMITH, L., HIND, N. *Drug Driving among Police Detainees in Australia. Trends & Issues in Crime and Criminal Justice No. 357*. ISBN 978-1921185823. Canberra: Australian Institute of Criminology 2008, pp. 1-6.
- [12] https://www.blesk.cz/ksOwVpBxX_Ic-lj5dTJrCsoJscAx3gIafcks/1/full/1228085_.jpg
- [13] https://www.blesk.cz/ksRph_bbqMZa6Z-V6QExH4/iMmSZQmh3bCUks/1/full/1228086_.jpg

ŘÍZENÍ RIZIK V DOPRAVNÍM PROCESU ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

MANAGEMENT OF RISKS IN TRAFFIC PROCESS OF RAILWAY TPANSPORT

Pavla Lejsková¹⁾, Edvard Březina²⁾

¹⁾Univerzita Pardubice, ²⁾ČVUT Praze

Abstrakt: Příspěvek se zabývá řízením rizik v dopravním procesu železniční dopravy, technickou a technologickou základnou, která ovlivňuje řízení rizik a i lidským činitelem bezprostředně souvisejícím se zajištěním dopravního procesu. Řízení rizik v dopravním procesu je spojeno s bezpečností dopravy a dopravních systémů. Cílem příspěvku je definovat možnosti snížení výskytu rizik v dopravním procesu a tedy zvýšení bezpečnosti dopravy.

Klíčová slova: řízení rizik; dopravní proces; železniční doprava.

Abstract: The paper focused on risk management of railway transport process, technical and technology base and human factor influencing on risk management. Risk management of transport process is associated with safety of transport and safety of transport systems. The goal of this paper is to define possibilities to reduce the occurrence of risks and to increase transport safety.

Key words: risk management; transport process; railway transport.

1. Úvod

Na konferenci Řízení rizik v loňském roce 2017 [1] byl prezentován příspěvek na téma řízení rizik procesů v logistice a byl věnován všem procesům jak na straně logistických společností, tak i na straně zákazníků. Tento příspěvek se zabývá: řízením rizik v dopravním procesu železniční dopravy; technickou a technologickou základnou, která ovlivňuje řízení rizik; a i lidským činitelem bezprostředně se zajištěním dopravního procesu spojeným. Z tohoto pohledu můžeme řízení rizik v dopravním procesu spojovat s bezpečností dopravy a dopravních systémů. Cílem ke kterému směřuje závěr příspěvku, jsou opatření vedoucí ke snížení rizik v dopravním procesu a tedy i ke zvýšení bezpečnosti dopravy.

¹⁾ Ing., Ph.D., lejskova@upce.cz

²⁾ Ing., CSc., breziedv@fd.cvut.cz

2. Rešerše a koncept řešení

Členění rizik v železniční dopravě je podle práce [2] následující:

- riziko v souvislosti s přepravním procesem,
- riziko v okolí dopravního systému,
- riziko dopravní infrastruktury,
- riziko v řízení železniční dopravy,
- riziko způsobené železniční dopravním prostředkem,
- riziko způsobené lidským faktorem.

V důsledku naplnění rizika, to je dosažení jeho nežádoucího následku, dochází k mimořádným událostem, které jsou podle Zákona o dráhách rozděleny na nehody a ohrožení [3]. Nehodou je taková mimořádná událost, kde při provozování drážní dopravy došlo ke smrti nebo k újmě na zdraví a značné škody. Ostatní mimořádné události se považují za ohrožení [3].

2.1. Riziko v souvislosti s přepravním procesem

V rámci přepravního procesu dochází k nejvýznamnějším omezením při přepravě nebezpečného zboží. Nejčastější příčinou vzniku rizika jsou chyby člověka anebo poruchy techniky. Na jejich vznik může mít i vliv okolí. Pokud se jedná o lidský faktor, zahrnuje jak pracovníky dopravce, tak i zákazníka (přepravce) a týká se jejich odborné přípravy a účasti na pravidelných odborných školeních. Pokud se týká poruchy techniky, jde o různé závady na železničních kolejových vozidlech a především na jejich plnicích a vypouštěcích ústrojích. Další rizika se týkají obalových souborů, jde o riziko v souvislosti s havárií obalového souboru, riziko v souvislosti s požárem obalového souboru, riziko v souvislosti s uvolněním a pádem obalového souboru a riziko vzniku mimořádné události.

2.2. Riziko v okolí dopravního systému

V rámci hodnocení rizika v okolí dopravního systému je okolí dopravního systému vymezeno železniční stanicí, železniční tratí a objekty železniční infrastruktury. Jedná se tedy o rizika v okolí železniční stanice, rizika v okolí železniční tratě a rizika v okolí objektů železniční infrastruktury.

Okolí železniční stanice je vymezeno občanskou a průmyslovou výstavbou. Hlavně u průmyslové zástavby je nebezpečí jakéhokoli rizika podle druhu materiálů, jejich skladování, úniku a zpracování. Do kategorie rizika v okolí železniční stanice patří přírodní vlivy, výkyvy počasí a možné ohrožení požáry [2].

Rizika v okolí železniční trati představují možná ohrožení způsobena člověkem, a to jak úmyslná, tak i neúmyslná [2]. Druhou skupinu tvoří ohrožení způsobena přírodou. Ta jsou vyvolána především nepřízní počasí a jsou shodné jako v okolí železniční stanice.

Rizika na vybraných objektech železniční infrastruktury představuje železniční svršek, křížení železniční dopravní cesty se silniční dopravní cestou (přejezdy), mosty a tunely. U železničního svršku jde o jeho dlouhou dobu používání a postupné snižování kvality, u mostů a tunelů jde často o jejich nedobry technický stav.

U přejezdů se jedná o velmi významná místa ohrožení s velmi vysokými počty nehod. Tato zařízení jsou ze strany kolejové dopravy chráněna různými technickými zařízeními podle toho, o jakou trať se jedná a jaká je intenzita silniční motorové dopravy. Podle toho se přejezdy vybavují výstražnými kříži, světelným zařízením bez závor, závorami a světelným zabezpečovacím zařízením se závorami.

K rizikům a ohrožení dochází téměř výlučně ze strany účastníka silničního provozu, a to i při správné funkci přejezdového zabezpečovacího zařízení, u technických zařízení téměř k riziku nedochází.

Nový přístup k zajištění bezpečnosti je nutné zaměřit na řízení rizik na železničních přejezdech, a to především v následujících oblastech [4]:

- snížení rizika na železničních přejezdech tam, kde je to uskutečnitelné,
- železničních přejezdů, které jsou vytipovány jako přejezdy největším společným rizikem železniční i silniční dopravy,
- správce železniční infrastruktury se musí snažit zvýšit bezpečnost přejezdů – tam, kde je to možné, je třeba přejezd uzavřít nebo přesměrovat, nebo zvýšit bezpečnost vylepšením bezpečnostních vlastností,
- ve výjimečných případech je možné vybudovat nový přejezd,
- informovat uživatele železničních přejezdů o možnostech zabránit vzniku nehod,
- pravidelně kontrolovat a udržovat přejezdy včetně místní vegetace,
- na železničních přejezdech mohou pracovat pouze oprávněné osoby,
- podporovat výzkum zaměřený na identifikaci rizik a následně vytvářet opatření pro jejich snížení,
- zavádět nové technologie, postupy a techniky, které zvyšují bezpečnost,
- spolupracovat s ostatními uživateli přejezdů tak, aby došlo ke snížení rizika,
- pravidelně přezkoumávat rizika s ohledem na navrhované změny v železniční i silniční dopravě.

2.3. Riziko dopravní infrastruktury

Železniční infrastruktura zahrnuje [2]:

- železniční stanice,
- železniční tratě,
- mosty,
- tunely,
- zabezpečovací techniku,

- sdělovací techniku,
- objekty elektrizační,
- depa kolejových vozidel.

Technický stav infrastruktury vyjma koridorových tratí a tratí spojovacích je možno hodnotit jako zastaralý a jeho postupné zlepšení je možné jen v rámci finančních prostředků. Rozhodující část finančních prostředků plyne na modernizaci koridorů, spojovacích tratí v rámci interoperability jako evropského projektu do evropského systému zabezpečení.

V zásadě je možné hodnotit dvoukolejné tratě s lepším technickým stavem. Tato skutečnost má souvislost s objemem přepravy v nákladní přepravě a počty cestujících v přepravě osobní.

Předcházení rizikům je zabezpečeno:

- využitím lidského faktoru na pracovištích,
- technickými prostředky monitorujícími prvky infrastruktury (železničního svršku, trolejového vedení,
- kombinací obou předchozích způsobů.

Při hodnocení rizik v dopravní infrastruktuře je potřebné identifikovat možná ohrožení. Místa jejich výskytu musí být identifikována pro každý objekt. Na tuto identifikaci je potřebná podrobná databáze infrastrukturních objektů [5].

2.4. Rizika v řízení železniční dopravy

Rizika v řízení železniční dopravy vycházejí ze způsobu řízení železniční dopravy a to buď člověkem (lidským faktorem) bez jakékoli kontroly jejich činnosti anebo technickým zařízením s obsluhou člověkem [2]. Toto rozdělení je shodné prakticky ve všech dílčích kategoriích řízených objektů a to v železničních stanicích, na tratích, na vlacích a na železničních přejezdech.

Rizika v řízení železniční dopravy a jejich četnost jsou přímo úměrná lidské obsluze a využití technických prostředků – zabezpečovací techniky. V zásadě je možno jako nejjednodušší způsob obsluhy zařízení hodnotit řízení lidským činitelem bez jakéhokoliv technického zařízení, které zajistí kontrolu. S ohledem na to, že neexistovala žádná kontrola technickým zařízením, bylo toto zabezpečení nejzranitelnějším. S ohledem na rizika plynoucí z tohoto zabezpečovacího zařízení a vývoje elektrotechniky v čase bylo vyvinuto elektromechanické zabezpečovací zařízení, které ponechává mechanickou práci na zajištění člověkem a část kontrolní na pořadí sledu jednotlivých úkonů a jejich správnost na části elektrotechnické. Výsledkem této činnosti je zajištění bezpečnosti a zkrácení časů jednotlivých technologických úkonů. S dalším pokrokem v elektrotechnice, vynálezem relé a využitím elektromotoru k přestavení výhybky bylo v zabezpečovací technice vyvinuto reléové zabezpečovací zařízení, které pouze obsluhou jednotlivých tlačítek postaví vlakovou cestu.

Následně pak reléové zabezpečovací zařízení s obsluhou dvou řadičů (začátku a konce vlakové cesty) zcela automaticky postaví, zkontroluje vlakovou cestu a umožní jízdu vlaku. Výsledkem využití těchto zařízení je zajištění bezpečnosti a tím i eliminace rizika. Posledním typem moderního zabezpečovacího zařízení je zabezpečovací zařízení elektronické. Toto zařízení má dvě základní části a to ovládací (příkazovou) řešenou počítačově a výkonovou,

řešenou elektronicky. Taktéž i v tomto případě se jedná o zajištění bezpečnosti a eliminaci rizika.

V době nedávno minulé a současné dochází k využití těchto moderních zabezpečovacích zařízení jako zařízení s dálkovou obsluhou a to jako dálkové zabezpečovací zařízení (DOZ) a centrální dispečerská pracoviště (CDP). Cílem je kromě snížení rizika úspora zaměstnanců a zkrácení technologických časů na jednotlivé úkony a zvýšení propustné výkonnosti.

Shodně jako u řízení železniční dopravy v železničních stanicích je i řízení železniční dopravy na tratích závislé na lidském činiteli a použité zabezpečovací technice. Nejjednodušším řízením vlaku na trati je telefonický způsob dorozumívání, který je charakterizován telefonickou nabídkou a telefonickou odhláškou. Pro zvýšení propustnosti pak aktivací hlásky v dlouhém mezistaničním úseku. Zásada řízení spočívá v povolení jízdy druhého vlaku po dojezdu vlaku předchozího do následující dopravní a telefonické zprávě o jeho dojezdu – tzv. odhláškou. V tomto případě je riziko zabezpečení největší, protože spočívá jen na lidském činiteli, bez jakékoli kontroly technickým zařízením. Obdobně jako při řízení rizik v železničních stanicích i zde znamenal významný pokrok v elektrotechnice. Patří k nim vynález hradlových vložek a kolejových obvodů k součinnosti funkce těchto zařízení s pohybujícím se vlakem a při obsluze člověkem. Toto zařízení se nazývá poloautomatické traťové zabezpečovací zařízení. Eliminuje vliv samotného lidského činitele a vznik rizika. Nejmodernějším zařízením při řízení železniční dopravy na tratích je Automatické zabezpečovací zařízení, které automaticky zajišťuje součinnost jízdy vlaku s tímto zařízením a řízení sledu jízdy vlaků za trati za sebou.

2.5. Rizika provozu železničních kolejových vozidel

Bezpečnost železničního systému je založena na vymezení povinnosti a odpovědnosti výrobců, dovozců, provozovatelů železničních kolejových vozidel, dodavatelů materiálů a údržby.

Nejvyšší zákonná opatření spočívají:

- ve schvalování železničních kolejových vozidel,
- v povolení uvedení do provozu,
- v pravidelné technické kontrole,
- v revizích a zkouškách určených technických zařízení (UTZ),
- v kontrole technického stavu železničních kolejových vozidel.

Tímto systémem je zajišťována bezpečnost ŽKV a eliminace rizik z nich plynoucích [6].

2.6. Riziko způsobené lidským faktorem

Lidský činitel je považován za nejdůležitější v dopravním systému. Jeho činnost nejčastěji zapříčiňuje vznik rizika i nežádoucích následků (ohrožení, mimořádná událost). Na základě mnoha pramenů lze konstatovat, že velmi vysoké procento rizika je právě v důsledku lidského činitele a jen velmi málo na technická zařízení.

Mezi základní příčiny selhání člověka patří:

- zdravotní problémy,
- nedostatek znalostí, zkušeností, úsudku a praktických dovedností,
- momentální citové rozpoložení,
- časové vypětí, stres.

Na řešení všech těchto příčin je zainteresováno řízení lidských zdrojů, které svými pracovníky a odbornými pracovišti zajišťuje přípravu pracovníků, jejich zdravotní způsobilost pravidelnost doplňování znalostí a i jejich kontrolu.

Jako podstatné je však nutno vybavovat pracoviště moderními prvky zabezpečovací techniky, kde funkce lidského činitele je omezena jen na obsluhu těchto systémů. Proto i v jednotlivých částech je uváděn stav vybavení.

3. Metody

Při analýze rizik v logistickém řetězci je vhodné využít obecné kroky analýzy rizik. Tedy postupovat v těchto etapách [7,8]:

1. Identifikace rizik.
2. Ohodnocení rizik.
3. Eliminace rizik.
4. Monitorování.

Ve fázi identifikace je třeba najít všechny rizikové faktory, tedy najít události a scénáře, které mohou nastat. Pro tento krok je vhodné využít metody brainstorming či brainwriting, získáme tak předběžný seznam rizik, se kterým je možné dále pracovat. Možná rizika jsou popsána v části 2.

Pro krok kvantifikace rizik je možné využít metody expertních odhadů, kdy členové expertních týmů nezávisle hodnotí pravděpodobnost výskytu daných situací a jejich dopad. Tím je získán vstup pro hodnocení rizik.

Z hodnoty rizika pak vychází i návrhy na opatření pro snížení rizik nebo jejich úplnou eliminaci. U vysokých rizik je třeba plánovat dané činnosti s ohledem na tato rizika, případně hledat jiná řešení. Rizika s nižší hodnotou je dobré zapracovat do krizových plánů. U rizik s hodnotou zanedbatelnou se doporučuje operativní řešení nastalé situace.

4. Výsledky

Rizika zmíněná v kapitole 2 jsou v praxi řízena jednotlivými subjekty, které se podílejí na realizaci dopravního procesu v železniční dopravě. Kromě zapojení dopravců do problematiky řízení rizik je třeba spolupráce dalších subjektů.

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (SŽDC) zavádí na základě rozhodnutí managementu centralizovaný systém řízení rizik [6]. Cílem je analyzovat současná i budoucí rizika působící napříč celou organizací a vhodnými opatřeními aktivně zmenšovat pravděpodobnost výskytu a závažnost jejich možných nežádoucích následků, čímž se zefektivní stávající proces správy a řízení železniční dopravní cesty.

Výzkumný Ústav Železniční, a.s. (VUZ) [8] provádí posuzování bezpečnosti pomocí akreditovaného Inspekčního orgánu č. 4056 jako externí posuzovatel bezpečnosti pro strukturální subsystémy železničního systému [3]:

- infrastruktura,
- energie,
- kolejová vozidla,
- traťové řízení a zabezpečení,
- palubní řízení a zabezpečení,

se zaměřením na změny technické povahy. Subjekt pro posuzování provádí nezávislé posuzování z hlediska vhodnosti a v rámci procesu řízení rizik podle prováděcího nařízení Komise (EU) č. 402/2013.

V neposlední řadě s riziky i pracuje komplexní řízení kvality, které může být naplňováno na základě norem ISO 9001 a případně i ISO 14001.

4. Závěr

Pro práci s rizikem existuje velké množství metod a postupů, které se v praxi využívají ve všech oblastech lidské činnosti. Řízení rizik v dopravním procesu je úzce spojeno s bezpečností dopravy a dopravních systémů. Pozornost proto musí být věnována především identifikaci všech existujících rizik, potom teprve je možné dána rizika ohodnotit a připravit opatření vedoucí ke snížení nebo úplnému odstranění jejich nežádoucích následků. Právě identifikace rizika je v dopravním procesu v železniční dopravě velmi obsáhlou a složitou částí samotného řízení rizik. Objevuje se zde mnoho faktorů, které samotný proces určují a také ovlivňují. Dalším specifikem je v železniční dopravě i to, že se na daném procesu podílí více subjektů, které by měly úzce spolupracovat i v oblasti řízení rizik.

Literatura

- [1] LEJSKOVÁ, P., BŘEZINA, E. Řízení rizik v logistickém procesu. Sborník semináře *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06351-4. Praha: ČVUT 2017, pp. 150-154.
- [2] DVOŘÁK, Z., SOUŠEK, R., SVENTEKOVÁ, E., LEITNER, B. *Riadenie rizik v železničnej doprave*. ISBN 978-80-86530-71-0. Pardubice: Institut Jana Pernera 2010, 287p.

- [3] ČR. *Úmluva o mezinárodní železniční dopravě*. <https://www.epravo.cz/top/clanky/umluva-o-mezinarodni-zeleznicni-doprave-3569.html>.
- [4] SEKULOVÁ, J., NEDELIÁK, I. Nový prístup k riadeniu bezpečnosti na železničných priecestiach. *Svet dopravy*, 2014. <http://www.svetdopravy.sk/novy-pristup-k-riadeniu-bezpecnosti-na-zeleznicnych-priecestiach/>
- [5] SŽDC. 2018. <https://www.szdc.cz/provozuschopnost-drahy/technicke-pozadavky.html>
- [6] ČR. Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách. 2018, <https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Legislativa-v-drazni-doprave/Zakony-v-drazni-doprave/266-1994-uplne-zneni-k-31-08-2018.pdf.aspx?lang=cs-CZ>
- [7] DOLEŽAL, J. a kol. *Projektové řízení*. ISBN 978-80-247-5620-2. Praha: Grada Publishing, 2016, 424p.
- [8] SMEJKAL, V., RAIS, K. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. ISBN: 978-80-247-4644-9. Praha: Grada Publishing, 2013, 296p.

POUČENÍ Z HAVÁRIE LODI COSTA CONCORDIA

LESSONS LEARNED FROM COSTA CONCORDIA ACCIDENT

Mirko Novák^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: Článek podává informaci o havárii luxusní výletní lodi Costa Concordia. Popisuje největší selhání lidského faktoru a uvádí hlavní poučení z události.

Klíčová slova: havárie lodi; chybná evakuace; selhání kapitána a řídicího personálu.

Abstract: The article gives information about the crash of a luxury cruise ship Costa Concordia. It describes the greatest failure of the human factor and it gives the main lessons learned from the event.

Key words: crash of the ship; bad evacuation; the failure of the captain and the management staff.

1. Úvod

Costa Concordia byla luxusní výletní lodi třídy Concordia, kterou vlastnila a provozovala italská společnost Costa Cruises. Loď byla postavena jako první jednotka své třídy, přičemž její sesterské lodě jsou *Costa Serena*, *Costa Pacifica*, *Costa Favolosa*, *Costa Fascinosa* a *Carnival Splendor* (tato loď byla postavena pro Carnival Cruise Lines). V době svého dokončení byla *Costa Concordia* největší italskou lodí svého druhu. Výletní loď o délce bezmála 300 metrů a s tonáží 114 500, byla postavena v italské loděnici Fincantieri's Sestri Ponente a uvedena do provozu v roce 2006. Její křtitelkou byla česká topmodelka Eva Herzigová. Láhev šampaňského se při křtu však rozbít nepodařilo, a tak pověřiví fanoušci smůlu Concordie předpovídali. Šlo o jednu z největších lodí, jaká kdy byla v Itálii postavena [1].

2. Popis havárie

Na základě údajů [2] dne 13. ledna 2012 bylo na palubě lodi Costa Concordia zhruba 3200 pasažérů a na 1000 členů posádky. Nikdo z nich nečekal nic jiného než plavbu plnou zábavy a

^{*)} Prof., Ing., DrSc., novak@fd.cvut.cz

příjemných chvil. Na 13 palubách této 290 metrů dlouhé lodi bylo cestujícím k dispozici 5 restaurací, 13 barů, 4 bazény, lávové lázně a dokonce i simulátor formule 1. Kapitánem lodi byl Schettino.

Z cestujících na palubě bylo 989 Italů, 569 Němců, 462 Francouzů, 177 Španělů, 126 až 129 Američanů, 127 Chorvatů, 108 bylo Rusů, 74 Rakušanů, 69 Švýcarů 47 Brazilců, nejméně 34 bylo Nizozemců, 26 bylo z Hong Kongu, 25 Britů, Australanů bylo 21, 17 až 18 bylo Argentinců, 13 z Tchaj-wanu, 12 Kanadčanů, 12 Číňanů, 12 Poláků, 11 Portugalců, 10 Rumunů, 11 Maďarů, 10 Kolumbijců, 10 Chilanů, 9 Turků, 4 Izraelci, 3 Makedonci 1 Novozélandčan. Ostatní cestující byli mexické a irské národnosti. Ze členů posádky bylo 12 Britů, 6 Brazilců a nejméně jeden Peruánec.

Ve chvíli, kdy Concordia proplouvala kolem toskánského ostrova Giglio, narazila do útesu, čímž se vytvořila puklina o délce 70 metrů, jen o něco kratší než ta, které byla příčinou potopení Titaniku. Když se pak loď začala potápět, bylo nutné evakuovat vyděšené pasažéry na záchranné čluny.

Okolo 20:00 byli cestující v jídelně, došlo k náhlé ohlušující ráně, kterou člen posádky (interkomet), popsal jako „elektrické selhání“. „Řekli jsme hostům, že je všechno v pořádku a pod kontrolou a snažili jsme se zastavit paniku,“ sdělil steward Deodato Ortona. Bylo to asi hodinu předtím, než byla nehoda oznámena, řekl. Loď se začala hlučně otřásat. Vypukla panika, jako ve filmu, nádobí se řítilo k zemi, lidé běhali a padali ze schodů, řekl přeživší Fulvio Rocci.

Osoby na palubě lodi řekly, že se náhle naklonily k levé straně. Cestujícím bylo později sděleno, aby si navlékli záchranné vesty. Když se loď později otočila ve snaze dostat se přídí k přístavu, naklonila se přibližně o 20° na pravou stranu a došlo k problémům při spouštění záchranných člunů

To bylo ovšem vzhledem k silnému náklonu lodi problematické. Evakuace byla zmatená, protože kapitán ji neřídil a opustil ji před ukončením evakuace. Později se ukázalo, že zemřelo 32 lidí.

3. Šetření a likvidace havárie

Místní úřady sdělily, že loď se zřejmě odchýlila od stanoveného kurzu, aby cestujícím umožnila výhled na pobřeží Giglio Porto. Zprávy uváděly, že se na lodi vyskytla vážná porucha v napájení elektrické sítě. Malcolm Latache, editor námořního časopisu IHS Fairplay Solutions, řekl, že mohlo dojít k výbuchu ve strojovně, výpadku napájení. Výpadek proudu mohl způsobit ztrátu nad plavidlem a vybočení ze stanoveného kurzu. Webová kamera na lodi byla naposledy aktualizována 13. ledna ve 20:31 GMT.

Na základě šetření police [3] kapitán Schettino byl zatčen na základě předběžných obvinění ze zabití v souvislosti s tím, že způsobil ztroskotání, že neopustil vrak jako poslední a že neposkytl pomoc zbývajícím 300 cestujícím.

Italský soud uznal vinným kapitána ztroskotané lodi Costa Concordia Francesca Schettina. Udělil mu trest 16 let vězení za několikanásobné zabití, zavinění nehody a za předčasné opuštění havarované lodi. Žalobce požadoval trest 26 let vězení.

Městu Giglio hrozilo nebezpečí ekologické havárie, protože částečně ponořený trup lodi klouzal po útesu a byly obavy, že z něho uniknou ropné látky a poškodí oblíbenou turistickou zónu. Toto nebezpečí bylo zažehnáno, když se 24. března 2012 podařilo bezpečně odčerpát provozní kapaliny. Costa Concordia byla pojišťovnou oficiálně prohlášena za „úplně ztracenou“.

Udává se, že její záchrana byla největší operací svého druhu (výtlak činil 50 000 tun). V březnu 2012 se podařilo bezpečně odčerpát provozní kapaliny. Dne 16. září 2013 zahájila firma Titan Salvage vyzvednutí vraku. Dne 16. září 2013 začala operace narovnání vraku; trup byl pozičně vyrovnán a zajištěn ve svislé poloze v časných ranních hodinách 17. Zářím 2013. Plavidlo bylo po operaci, trvající celých 19 hodin uvolněno, uvedeno do vzpřímené polohy a zajištěno. Následovala kontrola technického stavu plavidla a jeho příprava k likvidaci. Koncem července 2014 byla loď odtažena do Janova k sešrotování.

4. Poučení

Hodnocení události z pohledu havárie ukazuje, že zajištění cesty nebylo provedeno bez posouzení značného rizika. Kapitán i někteří důstojníci se dopustili závažných chyb a jednotlivá dílčí rizika z nich plynoucí podcenili. Odezva na ztroskotání lodi nebyla provedena podle předpisů; došlo k panice a neřízené evakuaci. Kapitán opustil loď předčasně, a nikoliv jako poslední, jak měl dle námořních pravidel. Ironií osudu je, že obviněný kapitán Francesco Schettino přednášel dříve studentům na římské univerzitě na téma zvládání paniky [4].

Literatura

- [1] www.costa.cruise.com
- [2] <http://www.webcitation.org/64hKJC69k>
- [3] <https://www.novinky.cz/zahranicni/evropa/437690-kapitan-ztroskotane-lodi-costa-concordia-jde-na-16-let-do-vezeni-potvrdil-soud.html>
- [4] https://zpravy.idnes.cz/kapitan-costy-concordie-schettino-prednasel-o-panice-na-univerzite-1pt-/zahranicni.aspx?c=A140806_144250_zahranicni_vez

ŽELEZNICE - JEJICH RIZIKA A NÁSTROJE PRO ŘÍZENÍ BEZPEČNOSTI

RAILWAYS - THEIR RISKS AND TOOLS FOR SAFETY MANAGEMENT

Dana Procházková¹⁾, Tomáš Kertis²⁾, Jan Procházka³⁾, Zdenko Procházka⁴⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Zavedení železniční dopravy přineslo velký rozvoj průmyslu a zvýšilo obranyschopnost států. Proto drážní infrastruktura patřila vždy do materiálně technické základny státu a dnes patří do kritické infrastruktury každého státu. V našich podmínkách je nejdůležitější dopravní infrastrukturou státu, a bezpečnost státu je na ní závislá, a to zvláště při kritických podmínkách. Článek srovnává zásady pokrokového řízení bezpečnosti technických děl založené na konceptu integrální bezpečnosti s pravidly pro řízení bezpečnosti dráhy, která jsou založená na plnění požadavků RAMS. V druhé části se článek zaměřuje na příčiny dopravních nehod na železnici. Ukazuje, že příčiny jsou značně rozmanité. Na základě aplikace osvědčených metod inženýrství, které se zabývá riziky, jsou navrženy nástroje pro zlepšení prevence dopravních nehod a pro zefektivnění odezvy na tyto nehody, a to speciálně těch, u kterých jsou přítomny nebezpečné látky.

Klíčová slova: železnice; kritická infrastruktura; bezpečnost technických děl; RAMS; legislativa; dopravní nehody; příčiny nehod; dopady nehod; plán řízení rizik.

Abstract: Installation of railway transport gave rise to big development of industry and scaled up the protective capability of States. Therefore, the railway infrastructure always belonged to material and technical base of State and today it belongs to the critical infrastructure of the State. In our conditions, it is the most important traffic infrastructure of the State, and the State safety is dependent on it, especially under critical conditions. The paper compares the principles of advanced safety management of technical facilities based on integral safety concept with rules that are in force in railway transportation system management that are found on fulfilment of the RAMS requirements. In the second part the paper is directed to causes of traffic accidents on railway. It shows that causes are very various. On the basis of application of modus operandi methods of risk engineering, there are proposed tools for improvement of prevention of traffic accidents and for streamline of response to such accidents, and especially those at which the hazardous substances are presented.

Key words: railway; critical infrastructure; technical facility safety; RAMS; legislative; traffic accidents; accident causes; accident impacts; risk management plan.

¹⁾ Doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

²⁾ Ing., kertitom@fd.cvut.cz

³⁾ RNDr., Ph.D., prochj31@fd.cvut.cz

⁴⁾ Ing., CSc., prozde@seznam.cz

1. Úvod

V České republice je přepravní síť ve své podstatě vytvořena z následujících oblastí: železniční dopravní systém; silniční dopravní systém; letecká doprava; a vodní doprava. Hlavní činností podnikání v dopravě je osobní a nákladní doprava. Zajištění racionálního provozu vyžaduje značné zdroje - pracovní síly, kapitál, informace, neboť v moderní vyspělé společnosti je běžné, že propojování a provozování přepravních sítí a poskytování přepravních služeb je významnou součástí prakticky všech ostatních činností. Například zajišťování dopravní obslužnosti ve velkých městech je realizováno městskou hromadnou dopravou, která je založená na většinou koordinované spolupráci silniční a železniční dopravy, někdy též doplněné podzemní drahou, v podstatě se jedná o tzv. integrovaný dopravní systém.

Zavedení železniční dopravy přineslo velký rozvoj průmyslu a zvýšilo obranyschopnost států. Proto drážní infrastruktura patřila vždy do materiálně technické základny státu a dnes patří do kritické infrastruktury každého státu v Evropské unii, ve vyspělých zemích i v České republice. Železnice je technické dílo síťového charakteru, které významně přispívá ke kvalitě života lidí. Podle výsledků výzkumu [1] je nejdůležitější dopravní infrastrukturou v ČR hlavně proto, že v případě potřeby je schopna přepravit velké množství lidí i objemné náklady potřebné při řešení kritických situací. Z tohoto důvodu musí být její bezpečnost správně řízena, a to nejen krátkodobě, ale především v dlouhodobém časovém horizontu.

Článek se soustřeďuje na bezpečnost technických děl a jejich řízení. Ukazuje pokrokové principy řízení bezpečnosti a aplikuje je na železnici. Provádí srovnání současných pravidel používaných na železnici se zásadami řízení bezpečnosti, které je založené na integrální bezpečnosti, tj. při zajišťování bere v úvahu nejen aktiva dopravního systému provozujícího železnici, ale i aktiva veřejná, která jsou vně tohoto systému (životy, zdraví a bezpečí občanů, majetek, životní prostředí, ostatní technologie a infrastruktury). Poté se podrobně zaměřuje na příčiny dopravních nehod na železnici, které vedou jak ke ztrátám lidských životů, tak k velkým ekonomickým ztrátám a mnohdy i k vážnému poškození životního prostředí.

Na základě kritické analýzy dat o dopravních nehodách ukazuje jejich příčiny; podrobně se věnuje dopravním nehodám v ČR. Na základě aplikace osvědčených metod inženýrství, které se zabývá riziky, jsou navrženy nástroje pro zlepšení prevence dopravních nehod a pro zefektivnění odezvy na tyto nehody.

2. Poznatky o bezpečnosti technických děl a jejich řízení

Současné poznání ukazuje, že při řešení problémů současného světa a jeho jednotlivých entit je nutno zvažovat systémovou podstatu světa i jeho entit a skutečnost, že u velkých technických děl jde o složité systémy, jejichž struktura je popsána modelem systém systémů (SoS – soubor otevřených a vzájemně provázaných systémů) [2]. Podle současného poznání aktiva každé entity jsou: všechny základní veřejné zájmy, tj. životy, zdraví a bezpečí lidí, majetek, veřejné blaho, životní prostředí, kritické infrastruktury a technologie [3], zájmy spojené s plněním úkolů, ke kterým byla entita zřízena; prosperita (zisk); a soulad entity se státem v místě působení. Poslední vyjmenovaná tři aktiva jsou typická pro soukromé entity, jako např. pro systém provozující železniční dopravu. Pro úplnost je třeba uvést, že aktiva lidského systému i sledovaného systému drážní dopravy jsou strukturální elementy a že vazby a toky energií, hmot, informací a povelů mezi nimi jsou vytvářeny fyzikálními, biologickými, chemickými, společenskými, sociálními či psychickými zákonitostmi, které jsou spojené s

hmotnou a energetickou podstatou světa, legislativou, financemi, etickými a morálními pravidly, tj. představují toky v architektuře sledovaného systému.

V realitě každý systém existuje v rámci nějakého kontextu nebo okolí a ze vztahu mezi systémem a okolím vyplývá, že vlastnosti okolí se odráží ve vlastnostech systému. Proto např. Bossel [4] se zabýval uvedenou skutečností a ukázal základní vlastnosti systému, které souvisí s chováním okolí systému. Tabulka 1 shrnuje současné poznání v předmětné oblasti.

Tabulka 1. Souvislosti mezi chováním systému a stavem okolí; zpracováno dle [4].

Stav okolí	Vlastnosti systému reagující na stav okolí
Normální stav (rovnováha)	Existence
Nedostatek zdrojů	Efektivnost – systém musí být dlouhodobě efektivní, ne nutně účinný, v zajišťování nedostatkových zdrojů z prostředí, na něž působí
Rozmanitost procesů	Volnost akcí – systém musí být schopen různými způsoby zvládat veškeré výzvy a podněty z okolí
Proměnlivost	Bezpečí – systém musí být schopen se ochránit před škodlivými vlivy z okolí
Změny	Přizpůsobivost – systém musí být schopen adaptace na změny
Jiné systémy v okolí	Koexistence – systém musí být schopen změnit své chování tak, aby reagoval na chování ostatních systémů v okolí; tj. nesmí je ohrožovat a ony nesmí ohrožovat jeho

Bezpečnost v současném pojetí založeném na dokumentu OSN z r. 1994 [5] je soubor opatření a činností, které provádí člověk, aby zajistil své bezpečí a udržitelný rozvoj. V uvedeném pojetí bezpečnost zahrnuje jak funkčnost, tak spolehlivost.

Analýza a syntéza poznatků a zkušeností uvedených v odborných publikacích, shrnutá v knize [6] ukazuje, že bezpečnost drážního systému (v integrálním smyslu) lze naplnit jen tehdy, když se při jejím řízení: zvažují všechna výše uvedená aktiva; používá současné poznání v kontextu teorie systému; a drážní systém provádí své činnosti tak, aby nezpůsobovaly jevy, které by vedly k desintegraci až rozpadu drážního systému, anebo až celého lidského systému, tj. i jejího okolí. Jinými slovy cíl je možné dosáhnout jen tehdy, když drážní systém:

- zná a zvažuje všechna možná rizika v detailech i souvislostech (tzv. All Hazard Approach v představě zpracované pro Evropu v rámci projektu FOCUS [7],
- správně s riziky vyjednává,
- má správně nastavené řízení rizik.

Řízení rizik složitých systémů není jednoduché, protože jejich chování a stav jsou ovlivněny procesy a jevy, které probíhají uvnitř i vně systému a navíc jejich dopady se modifikují spleťtí sítí vazeb a toků, které jsou uvnitř podsystemů, napříč podsystemů, napříč celého systému i v okolí. Řízení rizik proto musí být komplexní a jeho priority musí být zaměřeny na bezpečí a udržitelný rozvoj entity [6], tj. ve sledovaném případě systému železniční dopravy.

V úvahách, koncepcích, a praxi [6,8] se rozlišují systém řízení bezpečnosti (zkráceně SMS – Safety Management System), který zajišťuje bezpečné technické dílo, tj. ve sledovaném případě systému železniční dopravy, jeho bezpečné okolí a bezpečnostní systém (Security System), tj. systém zajišťující zabezpečené technické dílo, tj. ve sledovaném případě systému železniční dopravy. První jmenovaný zahrnuje v sobě druhý, protože obsahuje nejen prvky systému, ale i pravidla pro hierarchicky uspořádané soubory opatření a činností, kterými se zajišťuje jistá úroveň bezpečnosti sledovaného technického díla a jeho okolí a která jsou navázaná na momentální situace, krátkodobé i strategické cíle řízení bezpečnosti.

Cíle prvního systému jsou stále proaktivně zvyšovat úroveň bezpečnosti v čase a technickém díle, které má jasný prostorový obsah a ke kterému patří i lidská společnost) tím, že se provádí soustavný monitoring a prognózy, předem se připravují plány akcí na možné situace a ve správném okamžiku se aplikují opatření a činnosti, které rychle stabilizují technické dílo při výskytu pohromy a vedou k růstu bezpečnosti v území a čase. Cílem komplexního systému řízení bezpečnosti území je integrální, neboli ucelená či sjednocená bezpečnost s ohledem na chráněná aktiva a udržitelný rozvoj technického díla a jeho okolí.

Komplexní systém řízení bezpečnosti technického díla má nadřazená pravidla, kterými řídí bezpečnost dílčích systémů řízení bezpečnosti v technickém díle, protože bezpečnost technického díla je chápána jako vlastnost na úrovni celku, přičemž obecně platí, že soubor bezpečných systémů není bezpečný systém [6].

Na základě práce [6] založené na směrnici OECD [9], která na základě konceptu bezpečnosti OSN 1994 [5] navrhla způsob řízení entit zřízených k plnění určitých úkolů, který sledoval jak vlastní chráněná aktiva, tak veřejná chráněná aktiva, musí zahrnovat systém řízení bezpečnosti technického díla, tj. v našem případě systém drážní dopravy šest hlavních procesů, které se soustřeďují na provádění opatření a činností pro:

- tvorbu koncepcí a řízení jejich implementací,
- administrativní postupy,
- technické záležitosti,
- vnější spolupráce,
- nouzovou připravenost a odezvy,
- dokumentace a šetření havárií a skoronehod.

Proces „tvorba koncepce a řízení“ se soustřeďuje na 6 oblastí, a to: celkovou koncepci; dílčí cíle bezpečnosti; vedení / správu bezpečnosti; systémy řízení bezpečnosti dílčích procesů; personál, do kterého patří řízení lidských zdrojů, výcvik a vzdělání, vnitřní komunikace / informovanost a pracovní prostředí; revize a hodnocení plnění cílů bezpečnosti.

Proces „administrativní postupy“ se soustřeďuje na 6 oblastí, a to: identifikace ohrožení a hodnocení rizika; dokumentaci; postupy (včetně postupu pro udělování pracovních povolení); řízení změny; bezpečnost spojenou s kontraktory; dozor nad bezpečností výrobků.

Proces „technické záležitosti“ se soustřeďuje na 6 oblastí, a to: výzkum a vývoj; projektování, výstavba a montáž; inherentně bezpečnější procesy; průmyslové standardy; skladování nebezpečných látek; údržba integrity a údržba jako taková.

Proces „vnější spolupráce“ se soustřeďuje na 3 oblasti, a to: spolupráce se správními úřady; spolupráce s veřejností a dalšími zúčastněnými (včetně akademických pracovišť); spolupráce s dalšími podniky.

Proces „nouzová připravenost a odezva“ se soustřeďuje na 3 oblasti, a to: plánování vnitřní (on-site) připravenosti; usnadnění plánování vnější (off-site) připravenosti; vzájemná koordinace (průmyslových organizací – společný výzkum, výměna know-how, výměna zkušeností, vzájemná výpomoc).

Proces „dokumentace a šetření havárií a skoronehod“ se soustřeďuje na 3 oblasti, a to: zpracování kvalitních zpráv o haváriích, skoro nehodách a dalších poučných zkušenostech; kvalitní šetření všech abnormálních a kritických situací; následné činnosti po nehodách (včetně aplikace poučení a sdílení informací s odborníky a správními úřady).

Ze současného poznání systémů a způsobů jejich ovládní (viz údaje v práci [2,6,8] a v pracích v nich citovaných), z vlastního výzkumu v oblasti fyzikálních a geovědních disciplín a ze zkušeností získaných při řešení závažných úkolů spojených s umístěním, projektováním a provozem důležitých objektů vyplývá, že celistvou charakteristiku každého systému dostaneme, když vytvoříme:

1. Morfologický popis systému, tj. popis souboru prvků systému a vnitřních vazeb mezi prvky.
2. Popis souboru spřažení (couplings) prvků systému, po kterých probíhají toky energií, hmot, informací, peněz a pokynů (jako lidských instrukcí pro realizaci opatření a činností) mezi prvky buď vždy, nebo jen za určitých okolností. Důležité je, že tato spřažení na jedné straně zajišťují jisté žádoucí procesy v systému, tj. jisté chování a podmínky v systému, a na straně druhé jsou příčinou nežádoucích jevů, mezi které patří např. kaskádovité šíření poruch v systému, vytváření slabých míst systému apod.
3. Popis souboru odezev na dynamické procesy probíhající v systému a v jeho okolí, tj. možné typy chování systému způsobem určitý proces v systému nebo jeho okolí – určitá odezva systému.
4. Popis souboru ovládacích mechanismů, kterými za očekávaných podmínek dosáhneme žádoucí chování systému a při neočekávaných podmínkách (abnormálních a zvláště kritických) zajistíme, aby selhání systému nevedlo k degradaci až rozpadu systému, tj. v případě lidského systému zajistíme za kritických podmínek přežití lidí a kontinuitu důležitých činností v území.

Důkladnou znalostí a pochopení položek, na které jsme výše soustředili pozornost, vytváříme schopnost člověka v oblasti zdokonalování ovládacích mechanismů předmětného systému. Vnitřní vazby v systému řízení technického díla jsou založeny v jeho projektu a v provozních předpisech. Spřažení, soubory odezev na dynamické procesy v technickém díle a jeho okolí i soubory ovládacích mechanismů, kterými člověk usměřuje v rámci svých možností chování technického díla, jsou pak určeny jak přírodními, tak ekonomickými, technickými, finančními, společenskými a sociálními zákonitostmi, z nichž jen některé jsou kodifikovány platnou legislativou.

Pro podporu žádoucích spřažení, odezev a ovládacích mechanismů byly na základě znalostí a zkušeností vytvořeny jisté specifické nástroje pro podporu řízení, z nichž nejdůležitější jsou:

- zlatá pravidla bezpečnosti (Golden Rules for Safety),
- kultura bezpečnosti (Safety Culture),

- program na zvyšování bezpečnosti (Safety Performance Indicator Programmes),
- indikátory / ukazatelé bezpečnosti (Safety Performance Indicators)

jsou souhrnně popsány v práci [6]. Z pohledu současného poznání do nástrojů patří i systematická aplikace řízení znalostí (Knowledge Management) a přátelského řízení (Friendly Management) lidských zdrojů [6].

Systém řízení bezpečnosti zahrnuje organizační strukturu, odpovědnosti, praktiky, předpisy, postupy a zdroje pro určování a uplatňování prevence pohrom či alespoň zmírnění jejich nepřijatelných dopadů v komunitě a jejím okolí. Opírá se o koncepci prevence pohrom či alespoň jejich závažných dopadů, která zahrnuje povinnost zavést a udržovat systém řízení, ve kterém jsou zohledněny dále uvedené aspekty:

- role a odpovědnosti osob podílejících se na řízení závažných ohrožení spojených s pohromami na všech organizačních úrovních technického díla a opatření na zajištění výcviku, která jsou sladěna s identifikovanými potřebami výcviku,
- plány pro systematické identifikování závažných ohrožení spojených s pohromami a z nich plynoucích rizik, která jsou spojena s normálními, abnormálními a kritickými podmínkami a pro hodnocení pravděpodobnosti jejich výskytu a maximální očekávané velikosti,
- plány a postupy pro řízení bezpečnosti všech komponent a funkcí v technickém díle, a to včetně údržby objektů, zařízení,
- plány na implementaci změn v technickém díle (území, objektech i zařízeních),
- plány na identifikaci předvídatelných nouzových situací systematickou analýzou, včetně přípravy, testů a posuzování nouzových plánů pro odezvu technického díla na takové nouzové situace,
- plán pro pravidelné hodnocení souladu s cíli vyjasněnými v koncepci bezpečnosti a v SMS,
- plán pro pravidelné hodnocení mechanismů pro vyšetřování a provádění korekčních činností v případě selhání dílčích opatření a činností s cílem dosáhnout stanovené cíle bezpečnosti,
- plán na periodické systematické hodnocení koncepce bezpečnosti, účinnosti a vhodnosti SMS,
- plán na periodické systematické hodnocení kritérií pro posuzování úrovně bezpečnosti vrcholovým týmem pracovníků.

Komplexní systém řízení bezpečnosti technického díla stanovuje obecné principy pro plánování zajištění bezpečnosti technického díla v proměnném světě. Jeho základní principy jsou určeny pro všechny zúčastněné, tj. jak řídicí pracovníky a zaměstnance technického díla, tak veřejnou správu, která dává povolení ke zřízení a v zájmu bezpečí lidí i státu musí provádět dohled nad provozem technického díla [6].

V oblasti technologické má dominantní roli vlastník / majitel licence, protože on má znalosti a možnosti pro účinné a kvalitní řízení technologických pohrom, ale celkově má významnější roli veřejná správa, která musí vlastníky donutit k tomu, aby ve veřejném zájmu zajišťovali možnou úroveň bezpečnosti aplikací principů ALARA a ALARP [6,8,9].

3. Řízení bezpečnosti drážních systémů dle současné legislativy

Řízení bezpečnosti na drahách je zakotveno v evropské směrnici 2004/49/ES ze dne 29. dubna 2004 o bezpečnosti železnic [10], Nařízení Komise (ES) č. 352/2009 ze dne 24. dubna 2009 [11] a normy EN 50126 [12] pro prokázání bezporuchovosti, dostupnosti, udržitelnosti a bezpečnosti drážního zařízení (dále jen RAMS - Reliability, Availability, Maintainability and Safety). Uvedené evropské směrnice upřesňují mimo jiné systém řízení rizik na drahách v čase, od definice hrozeb, jejich analýzy, zmírnění a průběžného monitoringu.

Norma EN 50126 [12] definuje životní cyklus železničního systému od návrhu, analýzy rizik, vývoj, výrobu, provoz až po likvidaci systému se zavedením jednotlivých úkolů pro prokázání RAMS. V drážním průmyslu se dále uplatňuje předpis IRIS, který doplňuje systém řízení kvality dle ISO 9001 [13] a je v něm taktéž odkaz na povinnost splnění požadavků na RAMS dle uvedené normy EN 50126 [12].

Metodika normy EN 50126 [12] zavádí pojem integrity bezpečnosti a stupeň integrity bezpečnosti (dále jen SIL – Safety Integrity Level) pro bezpečnostně relevantní systémy. Uvedené pojmy vychází z obecnějších norem pro širokou oblast průmyslového řízení EN 61511 [14] a EN 61508 [15], které jsou na drahách respektovány. Požadavky na prokázání bezpečnosti drážních systémů stanovuje norma EN 50129 [16] a definuje strukturu dokumentu zvaného Průkaz bezpečnosti (Safety Case). Uvedenou normou se musí řídit vývoj a implementace systému, jež plní bezpečnostně relevantní funkce ohodnocené daným SIL.

SIL přiřazuje provozovatel dráhy pro dané funkce či určité systémy plnicí tyto funkce na základě analýzy nebo vlastním posouzením. Metody a opatření definované v uvedené normě jsou určeny k identifikaci a vypořádání se s náhodnými a systematickými chybami elektronického systému. Příkladem jedné z metod zvýšení bezpečnosti (kupříkladu zabezpečovacího zařízení) je jednoduchá architektura s vlastní bezpečností (tzv. inherentní bezpečnost), kdy při neschopnosti systému vykonat bezpečnostní funkci, systém selže bezpečně (návěstní hodnota „stůj“ apod.). Bezpečnou architekturu vytváří také zálohovaný (redundantní) systém s porovnáním výsledků (systémy 2 z 3, porovnávání výsledků 3 systémů, kde se musí alespoň dva shodovat apod.).

Pro software bezpečnostně relevantního drážního systému je dle drážních předpisů známá pouze systematická chyba způsobená zavedením chyby v návrhu softwaru, chyby programátora či zvolených metod programování. Pro eliminaci systémové chyby vývoje softwaru jsou v normě EN 50128 [17] definované požadavky pro vývoj softwaru pro bezpečnostně relevantní drážní systémy s příslušnou integritou bezpečnosti (SIL 0 až 4).

Komunikaci mezi bezpečnostně relevantními systémy je řízena normou EN 50159 [18]. Komunikace se může uskutečňovat skrze uzavřené nebo otevřené komunikační prostředí (radiová komunikace, Wi-Fi, různé technologické sítě). Uzavřené přenosové prostředí je přístupné pouze tvůrci systému popřípadě autorizovaným osobám. Pro uvedené otevřené komunikační prostředí mají přístup i neoprávněné a neautorizované subjekty. Bezpečnostně relevantní data v otevřeném prostředí mohou být zachycena útočníkem, který má možnost provést chybné operace a způsobit tak nehodu nebo i destrukci systému.

Bezpečnost a spolehlivost softwaru může být ve skutečnosti ovlivněna i výskytem náhodné chyby v systému, která se projeví jako špatná vstupní hodnota softwaru. Příkladem jsou poklesy napětí ovlivňující logické hodnoty (logická 1 nebo 0), stejně tak i chyby

v paměťových místech. Jak již bylo zmíněno, drážní normy řeší bezpečnost software pouze deterministicky z pohledu systematické chyby. Evropský projekt SESAMO [19] řeší výše uvedenou problematiku i stochasticky.

Jelikož dle údajů v pracích [6,8] existuje v praxi několik způsobů řízení rizik, je třeba si vždy uvědomit jejich cíl; existuje řízení rizik zacílené na spolehlivost i řízení rizik zacílené na bezpečnost, a to buď provozní, anebo integrální.

Práce [20] ukázala, že RAMS se opírá o veličinu SIL, která se vztahuje k provozní bezpečnosti, tj. ne k celkové (integrální) bezpečnosti systému, která odpovídá konceptu OSN [5]; provozní bezpečnost systému je zajištěna řízením rizik zacíleným na spolehlivost systému [6].

Pro podporu systému řízení bezpečnosti je třeba v případě aplikace RAMS dle údajů shrnutých v práci [20], zpracovat řadu podpůrných nástrojů jako jsou: bezpečnostní plány, vnitřní a vnější nouzové plány, plány kontinuity a krizové plány. V praxi se velmi osvědčily plány řízení prioritních rizik.

4. Posouzení shody provozních pravidel systému železniční dopravy s nároky vyžadovanými řízením integrální bezpečnosti a návrhy na vylepšení drážního systému

Posouzení shody je provedeno srovnáním požadavků na integrální bezpečnost technických děl [6,8] s požadavky legislativy na provoz železnice [21-25] je podrobně uvedeno v práci [26]. Z uvedeného posouzení vyplývá, že drážní legislativa nedefinuje dostatečně požadavky pro bezpečnost a zabezpečení drážního systému v integrálním smyslu. Chybí v ní řízení rizik z hlediska integrální bezpečnosti – cílem jejího řízení rizik je pouze bezpečnost provozu, což znamená, že je absence All-Hazard-Approach [7] a obrany do hloubky (Defence-In-Depth) [6,8] s ohledem na všechna možná ohrožení (např. se nezvažují interdependences mezi jednotlivými zařízeními či systémy možné při podmínkách, na které již nejsou předmětné entity projektovány (jde o velké vnější pohromy, lidský úmysl, interdependences s dalšími systémy v území).

Z pohledu ochrany lidí ve veřejném zájmu je možno konstatovat, že otázky integrální bezpečnosti jsou ponechány pouze na subjektivní přístup drážního průmyslu, provozovatele a schvalovatele bezpečnosti. Uvedený subjektivní přístup nemusí analyzovat veškerá rizika a je oborově závislý, tedy nevidí systém jako součást širšího systému tj. SoS.

Analýzou daných skutečností metodou shora dolů (top-down) bylo zjištěno, že v současné legislativě ČR není dostatečně zavedené vrcholové řízení bezpečnosti respektující principy integrální bezpečnosti. Na základě předmětného vrcholového řízení bezpečnosti lze určit kritičnost objektů a jejich propojení a pro jejich ochranu využít 3 až 5 vrstev pětistupňového modelu řízení bezpečnosti. Předmětné vrstvy rozšíří v současnosti již zavedené procesy návrhu, vývoje, výroby, provozu a likvidace drážních systémů, čímž bude zvýšena bezpečnost vybraného objektu. Zavedením vazeb mezi vrcholovým řízením bezpečnosti a drážním systémem aktivujeme procesy monitoringu a mezioborové komunikace, kde lze proaktivním přístupem analyzovat nové hrozby, na které se reaguje předběžnými opatřeními.

Analytickou metodou ze zdola nahoru (bottom-up), tedy již od návrhu jednotlivých elementů bezpečnostně relevantních zařízení kritického drážního objektu, byla zjištěna absence dostatečného legislativního opatření pro jejich zabezpečení, jak již bylo zjištěno srovnáním výše. V průmyslové praxi se běžně používá zcela oddělených přístupů k zajištění bezpečnosti

a zabezpečení, ovšem metody k zabezpečení systému resp. subsystému či komponenty mohou ovlivnit parametry bezpečnosti, a to buď negativně, nebo pozitivně. Jinými slovy lze říct, že některé aspekty zabezpečení (security) jsou někdy v protikladu s parametry bezpečnosti (safety), a někdy se naopak pozitivně doplňují. Typickým příkladem protikladu bezpečnosti a zabezpečení (safety and security) je zabezpečení toku dat pomocí kryptografických metod při plnění bezpečnostní funkce.

Modelovým příkladem [26] je přenos povelu do vlakového zabezpečovacího zařízení s příkazem „stop“ pro zastavení vlaku či skupiny vlaků. V daném případě je nutné přenést požadavek na zastavení v co nejkratší době, ovšem volba složitých kryptografických technik může vést ke zpoždění, popřípadě přijetí zprávy špatným vlakem, což může vést k nehodě. Opačným případem, tedy vzájemné synergie, kterým může být požadavek na zabezpečení kybernetické infrastruktury proti DoS útokům, kde je cílem přetížít zařízení nevyžádanými dotazy. Bezpečnostní opatření proti uvedeným typům útoků mohou mít pozitivní vliv na bezpečnost systému.

Další obecně známou vlastností bezpečnosti a zabezpečení je, že identifikovaná nebezpečí (hazards), vztažena k jedné bezpečnostně relevantní funkci, mají totožné důsledky jako identifikované hrozby (threats) zabezpečení této funkce. Z výše uvedeného je patrné, že pro popis bezpečného a zabezpečeného systému je nutné řešit vzájemné vazby mezi prvky bezpečnosti a zabezpečení už v počátku vývoje, hledat kompromisy (trade-offs) a vzájemné synergie (synergies). Aby se zajistilo nejvyšší bezpečnosti je zapotřebí s těmito aspekty pracovat již od návrhu elementární komponenty systému až po instalaci a provoz (případně i likvidaci) celého systému resp. Objektu [6,26].

Problematika vývoje systémů s uvažováním obou aspektů jak bezpečnosti, tak i zabezpečení řeší již zmíněný evropský projekt SESAMO, který definuje metody a nástroje pro zajištění bezpečnosti a zabezpečení i pro drážní systémy [27]. Uvedený projekt dále definuje základní kameny k zajištění bezpečnosti a zabezpečení účelových elektronických systémů s provedením analýzy jejich vzájemných závislostí (interference analysis) a identifikuje obecné kompromisy (trade-offs) a synergie (synergies) uvedených stavebních kamenů.

Výsledkem analýzy základních požadavků na řízení bezpečnosti objektu kritické infrastruktury na drahách je identifikace několika viditelných mezer v současné praxi:

- není řádně zavedeno vrcholové řízení s proaktivním přístupem a přístupem k integrálnímu riziku,
- chybí mezioborová komunikace a vazba mezi jednotlivými vrstvami řízení bezpečnosti,
- požadavky na bezpečnost nejsou řešeny komplexně; nepožaduje se, aby byla identifikována všechna rizika,
- ve všech vrstvách řízení bezpečnosti chybí koncept All-Hazard-Approach,
- není důsledně uplatněn pětistupňový koncept Defence-In-Depth pro kritické objekty a kritická zařízení,
- přístup k bezpečnosti a zabezpečení je v české i evropské legislativě pojat odděleně a neřeší se vzájemné závislosti, které mohou ovlivnit bezpečnost,
- drážní předpisy a normy dostatečně neřeší zabezpečení drážních zařízení,
- neuvažují se vazby a toky za hranicemi drážního systému.

Výše uvedené nedostatky lze částečně odstranit aplikací návrhů opatření, která jsou v předchozí kapitole. Použití výsledků řešeného evropského projektu SESAMO [27], který

zavádí stochastické přístupy, zvýší bezpečnost už tím, že zvažuje i náhodné odchylky od mnoha zdrojů technických rizik a úmyslných útoků na prvky systémů řízení drah.

Z důvodu existence neurčitostí, tj. odchylek v chování drážního systému a jeho okolí, které nejsou způsobeny náhodnými odchylkami, ale náhlými velkými změnami vyvolanými buď externími pohromami, anebo lidským faktorem [6,8,20], je nutno použít pro zajištění vyšší úrovně bezpečnosti či zabezpečení specifické heuristické nástroje, které kromě modelů používají zkušenosti získané od expertů; jejich základní charakteristiky jsou v pracích [20,28].

Podle nároků na experty, jež jsou shrnuté v práci [8] se expertem míní osoba, která je uznávaná odbornou komunitou, má experimentální zkušenosti v dané oblasti, určitý počet kvalitních odborných publikací, zná podstatu nejistot různých konceptů, rozmanitost podmínek, způsoby kompenzace škod a má zájem o řešení předmětného problému. Mnoho příkladů z praxe však ukazuje, že řada odborníků, kteří se považují za experty je postižena provozní slepotou, je uchlácholena splněním požadavků norem a standardů a nevidí rizika spojená s různými vazbami a spřaženími s okolím [8].

Praxe [8] také ukázala, že u složitých technických děl nestačí jeden expert, ale je třeba kombinovat znalosti několika expertů. Velký důraz je kladen na kvalifikovanost expertů (průkaz znalostí, zkušeností, objektivitu a schopnosti hledat konsensus). Kombinaci návrhů lze dle povahy rozhodovaného problému zajistit pomocí analytických metod nebo heuristik, např. metody DELPHI, panelová diskuse [28]. Systematické zapojení expertů snižuje potřebu improvizace při zvládnání kritických situací.

Rozvoj technologií směřuje stále více ke kombinaci jednotlivých zařízení a aplikací do komplexních (složitých) systémů s cílem dosáhnout zvýšení služeb a vysoké ziskovosti. Vytvářené systémy nejsou výsledkem expertů z jedné disciplíny (oboru), nýbrž jsou výsledkem interdisciplinárního týmu. Zvláště pro síťové technologie, které jsou základem drážního systému, platí, že jednotlivý expert není schopen kompletně posoudit a ovládat velké technické systémy, a proto je nutná spolupráce expertů z řady disciplín, která vyžaduje vzájemné pochopení cílů a schopnost hledání konsensu.

Z výše uvedených skutečností jsme kritickým zvážením faktů založeným na zkušenostech z praxe odvodili následující fakta pro zvýšení bezpečnosti drážního systému:

1. Zavést návaznost vývoje drážních systémů a objektů na vrcholové řízení bezpečnosti založené na konceptu integrální bezpečnosti.
2. V rámci vrcholového řízení bezpečnosti drážního systému a řízení bezpečnosti území určit chráněná aktiva a objekty kritické infrastruktury z důvodu poznání interdependences za možných kritických podmínek.
3. Určit kritičnost vybraných objektů kritické infrastruktury.
4. Dle kritičnosti zvolit třístupňový až pětistupňový model řízení bezpečnosti drážního systému založený na konceptu integrální bezpečnosti.
5. Aplikovat osvědčené metody řízení rizik zacílené na zajištění integrální bezpečnosti na drážní systémy a jejich jednotlivé vrstvy v systému řízení bezpečnosti.
6. Při návrhu drážního systému zavést metodiku pro zajištění zabezpečení (security) tohoto systému a jeho kybernetické infrastruktury se zvážením interdependences na rozhraních technika vs. IT, IT vs. IT, člověk vs. IT, technika vs. člověk, člověk vs. člověk, aby bylo možno stanovit, navrhnout a zavést příslušná ochranná opatření zacílená na bezpečnost.

5. Data o dopravních nehodách a metody jejich zpracování

Návrhy na zlepšení bezpečnosti systémů lze získat buď z poučení z historických událostí, anebo pomocí aplikace modelů. Dle údajů shromážděných v práci [20], aplikace modelů je názorná, ale má značná úskalí, která se velmi často zřetelně projevují při řešení úloh spojených se složitými technickými díly. Logicky správné je proto při řešení úloh praxe pro popis sledovaných systémů používat dobré datové soubory o sledovaných systémech a jen modely, které korespondují s daty. Z důvodu zajištění bezpečnosti drážních systémů se proto zabýváme dopravními nehodami a jejich kritickou analýzou a kritickým vyhodnocením hledáme návrhy opatření a činností na vylepšení.

Z historické praxe je známé, že živelní pohromy (v našich podmínkách povodně, vichřice, zemětřesení a sesuvy) často působí značné a prakticky obtížně vyčíslitelná poškození částí železničního a silničního dopravního technologického systému a životního prostředí. Jsou též oblíbeným terčem činnosti teroristů, kteří útokem na některý z dopravních systémů mohou způsobit značné škody na majetku i na zařízeních infrastruktury. Je si třeba uvědomit, že nepřímé dopady útoků a jejich důsledky mohou ohrozit dokonce i stabilitu části ekonomie průmyslu či dokonce státu.

Proto je nutné věnovat problematice destrukce infrastruktury dopravních systémů zvláštní pozornost, definovat zvláště citlivé části a hledat způsoby jak snížit nebezpečí zničení důležitých částí, které způsobí přerušení činnosti dopravních systémů, a tím zabránit ekonomické destabilizaci nejen příslušných podnikatelských celků, ale též dalších subjektů průmyslových oblastí.

Jak bylo řečeno v předchozím odstavci, tak když chceme řídit dopravní systém s cílem zajistit jeho bezpečí a rozvoj, tak musíme znát prioritní aspekty, na nichž závisí dosažení cíle a na které musíme soustředit pozornost, tj. opatření a činnosti. Na základě analýzy systému železniční dopravy jsou jeho kritická místa následující:

- liniové stavby, které zahrnují: kolejovou železniční síť; elektrifikační síť železnic; a železniční zabezpečovací síť,
- objekty, které zahrnují: železniční nádražní budovy pro řízení provozu, odbavování cestujících a překladiště; depa vozidel; železniční dílny; železniční mosty; železniční tunely; traťové distance - objekty údržby kolejové sítě a sítě zabezpečovací techniky; železniční dílny pro servis lokomotiv všeho druhu a vozového parku; napájecí stanice elektrifikační sítě železnic; a čerpací stanice pohonných hmot,
- zařízení, které zahrnují: železniční vozidla - lokomotivy a vozy; vybavení nádraží a kolejové železniční sítě; zařízení pro ovládání míst křížení silniční a železniční dopravy; zařízení pro sdílení provozních informací v rámci řízení provozu železničního systému; zařízení pro zásobování pohonných hmot vozidel,
- systémy řízení, které zahrnují: informační a komunikační systém, pravidla provozu apod.

Z širokého spektra problémů systému železniční dopravy se práce soustřeďuje na dopravní nehody, které poškozují liniové stavby, objekty, zařízení i lidé a ostatní aktiva v jejich okolí.

Výzkum se zaměřil jak na dopravní nehody vcelku, tak speciálně na dopravní nehody spojené s přítomností nebezpečných látek.

Pro výzkum dopravních nehod byla sestavena specifická database dopravních nehod na železnicích [29] pomocí:

- údajů Drážního úřadu z let 2006 – 2015 [30]. Soubor údajů obsahuje 204 podrobných zpráv o dopravních nehodách v České republice a o ztrátách, škodách a újmách, které při nich vznikly,
- údajů o nehodách na železnicích ve světě od r. 1815 [31-36]. Předmětné údaje byly zváženy z důvodu bezpečnosti železniční dopravy v ČR, protože odborníkům je známo, že velké pohromy se vyskytují nepravidelně a zřídka.

Data v databázi byla zpracována, jak běžnými statistickými metodami, tak speciálními postupy inženýrských disciplín, které pracují s riziky, jako jsou CBA, rozdělení do kategorií podle příčiny nehod a určení logických propojení mezi zdroji nehod, zobrazení pomocí diagramu rybí kost [28].

Databáze dopravních nehod s přítomností nebezpečných látek v letech 1815-2017 je v práci v práci [36]. Její údaje byly podrobeny kritické analýze a byly rozříděny podle místa vzniku, charakteru nebezpečné látky a specifických dopadů na veřejná aktiva.

6. Výsledky výzkumu dopravních nehod na železnici

Výsledky spojené s posouzením, jak požadavky současné legislativy respektují současné poznání, které preferuje integrální bezpečnost, již byly z logických důvodů uvedeny v odstavci 3. Dále jsou uvedeny výsledky studia dopravních nehod, přičemž jsou speciálně uvedeny výsledky dopravních nehod s přítomností nebezpečných látek, protože jejich důsledky jsou zpravidla velmi závažné.

6.1. Dopravní nehody v ČR

Při studiu dopravních nehod v České republice vycházíme z dat [29,30]. Na základě údajů uvedených v práci [30] uvádíme několik konkrétních příkladů z let 2006-2007 ve formě tabulky 1. Pro pochopení příčin dopravních nehod a návrhu poučení v tabulce 1 uvádíme nejprve několik poznámek k odpovědnostem, platné legislativě a k činnostem drážní dopravy:

1. Odpovědnosti:

- staniční dispečer má stanoviště v provozní budově seřadovacího nádraží. Je vedoucím směny v obvodu seřadovacího nádraží. Odpovídá za plnění směnového plánu vlakové práce v seřadovacím nádraží, za plynulý posun, za včasnou sestavu vlaků a přípravu k jejich odjezdu a za obsluhu vleček odbočujících ze seřadovacího nádraží. Sestavuje návrh směnového plánu pro odvoz zátěže ze seřadovacího nádraží a ohlašuje jej hlavnímu výpravčímu. Určuje pořadí posunovacích prací a pořadí soupisu sestavené zátěže,
- traťový výpravčí má stanoviště v dopravní kanceláři osobního nádraží. Organizuje a řídí dopravu v přilehlých mezistaničních úsecích a hlásí předvídaný odjezd. Rozhoduje o pořadí jízd všech vlaků ze stanice. Obsluhuje traťová zabezpečovací zařízení, případně dává souhlas k jeho obsluze staničnímu výpravčímu. Po obdržení předvídaného odjezdu ze sousední stanice ihned oznámí staničnímu výpravčímu časový údaj, číslo vlaku, název sousední stanice a u nákladního vlaku doplní údaj o informaci, do kterého obvodu vlastní železniční stanice je vlak určen. Vede dopravní deník, udržuje styk s provozním dispečerem. Po dobu nepřítomnosti staničního výpravčího jej zastupuje v plném rozsahu,

- staniční výpravčí má stanoviště v dopravní kanceláři osobního nádraží. Organizuje a řídí vlakovou dopravu a posun v obvodu osobního a vjezdového nádraží. Obsluhuje staniční zabezpečovací zařízení v dopravní kanceláři osobního nádraží, se souhlasem traťového výpravčího též traťové zabezpečovací zařízení. Dává rozkaz výpravčím vnější služby k doručení písemného rozkazu pro odjezd vlaku. Dává pokyn výpravčím vnější služby k výpravě vlaku po splnění všech předepsaných úkonů před jeho odjezdem, pokyn dává postavením odjezdového návěstidla na návěst dovolující jízdu nebo osobně. Vede upravený dopravní deník. Po dobu nepřítomnosti traťového výpravčího jej zastupuje v plném rozsahu,
- výpravčí vnější služby I. má stanoviště v dopravní kanceláři osobního nádraží, má určen obvod působnosti – koleje Je podřízen staničnímu výpravčímu. Očekává vlak na nástupišti, sleduje vlaky ve svém obvodu. Provádí ve své pravomoci a na svou plnou odpovědnost výpravu vlaků ve svém obvodu. Zpravuje doprovod vlaků písemnými rozkazy o všech mimořádnostech v úsecích pro zpravování vlaků. Sepsané rozkazy sám sepisuje a odpovídá za jejich správnost a úplnost. Pomocí výpočetní techniky sestavuje písemné rozkazy také pro ostatní stanoviště. Za nepřítomnosti výpravčího vnější služby II. plní jeho povinnosti, mimo jiné na příkaz staničního výpravčího provádí výpravu vlaků z kolejí číslo
- výpravčí vnější služby II. má stanoviště na stanovišti I, obvod působnosti jsou koleje č. v osobním nádraží. Je podřízen staničnímu výpravčímu. Vede Zápisník volnosti a správného postavení vlakové cesty. Očekává vlak na nástupišti, sleduje vlaky ve svém obvodu. Provádí ve své pravomoci a na svou plnou odpovědnost výpravu vlaků ve svém obvodu. Zpravuje doprovod vlaků písemnými rozkazy o všech mimořádnostech v úsecích pro zpravování vlaků. Na příkaz staničního výpravčího provádí výpravu vlaků z kolejí č. Za nepřítomnosti výpravčího vnější služby I plní jeho povinnosti,
- signalista stavědla St. .. přestavuje výhybky za vlakové dopravy i při posunu ústředně stavěné výhybky čísla Operátor traťového výpravčího má stanoviště v dopravní kanceláři osobního nádraží a je podřízen traťovému výpravčímu.

2. Platná legislativa v ČR:

- zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách v platném znění;
- vyhláška č. 361/2001 Sb., o způsobu zjišťování mimořádných událostí v drážní dopravě;
- vyhláška č. 376/2006 Sb., o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádných událostí na dráhách;
- vyhláška Ministerstva dopravy č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah, v platném znění;
- vyhláška Ministerstva dopravy č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah, v platném znění;
- vyhláška Ministerstva dopravy č. 101/1995 Sb., řád pro zdravotní a odbornou způsobilost při provozování dráhy a drážní dopravy, v platném znění;
- vyhláška Ministerstva dopravy č. 100/1995 Sb., řád určených technických zařízení, kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace, v platném znění.

3. Staniční řád železniční stanice ... v platném znění, schválené rozhodnutím osoby odborně způsobilé:
- ČD D1 Předpis pro používání návěstí při organizování a provozování drážní dopravy;
 - ČD D2 Předpis pro organizování a provozování drážní dopravy;
 - ČD D 2/1 Doplněk s technickými údaji k předpisu ČD D2;
 - ČD D5 Předpis pro tvorbu a zpracování základní dopravní dokumentace;
 - ČD D7 Předpis pro řízení provozu;
 - ČD D 15 Předpis pro provádění kontrolní činnosti v dopravním provozu;
 - ČD Ok 2 Výcvikový a zkušební řád pro zaměstnance železnic;
 - ČD T 100 Provoz zabezpečovacích zařízení;
 - ČD T 108 Obsluha vlakového zabezpečovacího zařízení;
 - ČD V 8/II Předpis pro údržbu rychloměrů a vyhodnocování jejich záznamů;
 - ČD V 15/I Předpis pro provoz a obsluhu brzdových zařízení železničních kolejových vozidel;
 - ČD Z1 Předpis pro obsluhu staničních a traťových zabezpečovacích zařízení;
 - Staniční řád železniční stanice s účinností od
4. Dle ustanovení vnitřního předpisu provozovatele ČD D2:
- čl. 41 - Žádný zahájený dopravní úkon nesmí být přerušen jinou činností, s výjimkou případů odvrácení hrozícího nebezpečí. Dopravním úkonem se rozumí činnost, prováděná zaměstnancem při plnění pokynu, daného předpisem pro organizování a provozování drážní dopravy nebo jiným zaměstnancem“
 - čl. 481 - „Po ohlášení, že vlaková cesta je postavena, sledují výhybkáři do příjezdu nebo odjezdu vlaku postavení vlakové cesty a její volnost. Jsou povinni zabránit jízdě vlaku, pro který nebyla nařízena příprava vlakové cesty, posunu, který by jízdu vlaku ohrozil a podle možnosti i zásahům do zabezpečovacího zařízení v postavené vlakové cestě. Úlevy povoluje schvalovatel ZDD“.
5. Další:
- bezpečnost a pravidelnost železniční dopravy jsou mimo jiné závislé na technickém a udržovacím stavu stavby dráhy a staveb na dráze. Údržbu a řádný stav železničního svršku, spodku a staveb na dráze zajišťuje služební odvětví traťového hospodářství provozovatele dráhy,
 - způsob udílení pokynů pro osobu řídící drážní vozidlo upravují pravidla provozování dráhy a technologické postupy – vnitřní předpisy provozovatele dráhy. Při jízdě drážního vozidla k železničnímu přejezdu zabezpečenému výstražným křížem (PZZ) není udílen žádný pokyn,
 - výstražný kříž pro železniční přejezd jednokolejný znamená „Stůj, dej přednost v jízdě“.

Tabulka 1. Příklady konkrétních dopravních nehod v ČR z let 2006-2007; zpracováno dle [29,30]; žst – zkratka pro železniční stanici.

Čas	Místo	Popis	Příčiny	Dopady a poučení
20. 2. 2006	Kropáčkova Vrutice	Rychlík při vyjždění z nádraží najel do boku nákladního vlaku	Strojvedoucí rychlíku porušil zákaz jízdy za návěstidlo s návěstí zakazující jízdu.	9 zraněných, škoda: 4 687 153., Kč <i>Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků</i>
18. 6. 2006	Nymburk	Srážka nákladního vlaku s hnacím drážním vozidlem stojícím na kusé koleji v železniční stanici. Strojvedoucí zpozoroval pozdě a nestačil již vlak ubrzdít.	Výprava nákladního vlaku bez splnění stanovených podmínek pro odjezd vlaku. Způsobeno předpisovým rámcem pro zajišťování bezpečnosti - provozovatel dráhy nezajistil, aby pokyny v dopravní službě byly stručné a srozumitelné, aby bylo vyloučeno jakékoliv nedorozumění. Porušení předpisů: Staniční dispečer Traťový výpravčí	Škoda: 5 124 617,- Kč Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků Poučení: <i>Nutno mít texty rozkazů – musí být stručné a srozumitelné. Odpovídá provozovatel dráhy.</i>
28. 7. 2006	Mezi žst Přerov a Věžky	Vykolejení 3 tažených vozidel osobního vlaku Přerov – Brno v důsledku zvlnění tratě Strojvedoucí nestačil zabrzdít	Špatná organizace údržby – selhání koleje - vybočení bezстыkové koleje, způsobené ztrátou příčných i podélných odporů pražců a ztrátou rámové tuhosti kolejového roštu při zvýšené teplotě vzduchu +38°C. Odborně způsobilá technická složka provozovatele dráhy odpovědná za zajištění provozuschopnosti dráhy, tj. za technický stav dráhy, nezajistila bezpečné a plynulé provozování dráhy	Škoda: 408 118,47 Kč Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků

11. 8. 2006	mezi žst Slapanice – žst Blažovice	Střetnutí francouzského autobusu se spěšným vlakem	Řidič autobusu nerespektoval zvukový signál strojvedoucího vlaku a vjel na koleje	1 úmrtí řidiče autobusu 8 zraněných v autobusu Škoda: - na autobusu vyčíslena na 1 000 000,- Kč. - na hnacím vozidle ČD 210 000,- Kč • škoda na majetku SŽDC 55 000,- Kč Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků
3. 10. 2006	Železniční přejezd mezi žst Krnov a Skrochovice	Střetnutí silničního vozidla s rychlíkem	Nedovolené vjetí silničního motorového vozidla na přejezd (označený křížem)	2 úmrtí 2 zranění Škoda 195 000,- Kč Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků
9. 10. 2006	Křižovatka trati Šumperk – Petrov nad Desnou se silnicí	střetnutí osobního vlaku s motocyklem na železničním přejezdu 15,590, dráhy regionální Šumperk – Kouty nad Desnou, traťovém	Motocyklista nerespektoval opakovanou zvukovou návěst „Pozor“, kterou dával strojvedoucí. Drážní inspekce zjistila zanedbání povinností provozovatele dráhy firmy SART – stavby a rekonstrukce a. s., stanovených právními předpisy pro zajištění bezpečného provozování dráhy a drážní dopravy	1 zraněný Škoda: 42 740,- Kč. Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků
17. 10. 2006	U žst Děčín – východ	Vykolejení šesti drážních vozidel nákladního vlaku na trati Ústí nad Labem- Střekov – Děčín hl. n., v obvodu železniční stanice Děčín východ, na výhybce č. 3	Bezprostřední příčinou vzniku dopravní nehody byl náhlý jednorázový lom levého přímého jazyka, kdy primárním defektem byla únavová trhлина vycházející z hrany paty jazyka výhybky s vlivem výrobní vady - nedodržení meze pevnosti pro ocel.	Škoda: 13 376 617,- Kč (z toho poškozeno devatenáct silničních osobních vozidel značky Škoda za 10 000 000,- Kč). Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků

6. 11. 2006	Křižovatka traťového úseku Dobrá u Frýdku-Místku – Frýdek-Místek	Střetnutí osobního vlaku s cyklistou na železničním přejezdu dráhy regionální Český Těšín – Frýdek-Místek, t	Nedovolený vjezd - cyklisty na železniční přejezd v době jízdy drážního vozidla, které dávalo výstražné znamení Nerespektování značky - „Výstražný kříž pro železniční přejezd jednokolejný“	Úmrtí cyklista Škoda: 17 000,- Kč. Sekundární škoda vznikla ČD ze zpoždění vlaků osobní dopravy ve výši 33 660,- Kč. Poznámka – stejná dopravní nehoda opakovaně
2. 12. 2006	Ostrava- mezi zastávkami J. Kotase – Hotelový dům Hlubina	Upadnutí kola nápravy s následným vykolejením druhého vozu soupravy tramvaje	Upadnutí kola prvního podvozku druhého vozu tramvaje, což vedlo k vykolejení; upadnutí navařených zajišťovacích spojek matice levého disku 1. nápravy a její samovolné vyšroubování mající za následek upadnutí levého kola první nápravy předního podvozku. Příčinu je nutno hledat již po dopravní nehodě vozidla ze dne 25. 09. 2006, kdy došlo ke srážce s nákladním vozidlem (tramvaj byla následkem nárazu vykolejena) a pravděpodobně došlo k poškození kol na prvním podvozku, což ukázala i prohlídka kol na druhé nápravě (pokřivený disk).“ <i>Dopravce neprovedl technickou kontrolu po předchozí nehodě, jak ukládá předpis.</i>	Škoda na vozidle: 26 680,- Kč Celková škoda 89 976,80 Kč.
26. 12. 2006	žst Brandýs nad Orlicí	Střet rychlíku s osobou	Osoba uklouzla na zledovatělém povrchu při výstupu z vlaku a upadla přes kolej, na níž jel rychlík. Neošetřený zledovatělý povrch, špatné osvětlení nástupiště. Provozovatel dráhy nezajistil bezpečný přístup cestujících k vlaku s ohledem na pohyb drážních vozidel	1 úmrtí

12. 1. 2007	areál vlečky UNEX, a. s., Uničov	<p>Střetnutí sunutého posunového dílu se silničním motorovým vozidlem (nákladním) na železničním přejezdu Z jedoucího drážního vozidla se vedoucí posunu snažil návěstím svítilnou, silniční vozidlo zastavit. Řidič silničního vozidla na návěst nereagoval, vjel na ŽP a byl sunutým posunovým dílem zachycen a sunut několik metrů ve směru jízdy drážních vozidel. Při střetnutí došlo k deformaci skeletu silničního vozidla a zranění jeho řidiče.</p> <p><i>Pozn.:</i> Výhybky jsou představovány ručně (místně).</p>	<p>Nezabezpečení jízdy sunutého posunového dílu při posunu drážních vozidel sunutím přes železniční přejezd nevybavený přejezdovým zabezpečovacím zařízením.</p> <p>Vedoucí posunu neprováděl činnost tak, jak je mu uložena ustanoveními vnitřního předpisu Strojvedoucí v době jízdy sunutého posunového dílu řídil HDV 701.751-0, které mělo nefunkční indikační rychloměr. Provozovatel dráhy a drážní dopravy UNEX Servis s.r.o. nezajistil, aby provozování drážní dopravy prováděly osoby odborně způsobilé.</p> <p>Provozovatel drážní dopravy nezajistil, aby osoby při organizování drážní dopravy a zajišťující bezpečnost provozování drážní dopravy na vlečce byly vybaveny odpovídajícími pracovními pomůckami pro zastavení uživatelů pozemních komunikací návěstí „STŮJ“ svítilnou s červeným světlem pro dávání návěstí v noční době nebo při zhoršených klimatických podmínkách.</p>	<p>1 zraněný- řidič auta Škoda: 201 000,- Kč</p> <p>Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků</p>
18. 1. 2007	mezi žst Dvůr Králové nad Labem – Bílá Těmešná	<p>Najetí na vyvrácený strom ležící přes traťovou kolej a následné vykolejení rychlíku</p>	<p>Bezprostřední příčinou pád vyvráceného stromu na traťovou kolej při extrémních povětrnostních podmínkách (silná vichřice). Výpravčí v ŽST Dvůr Králové nad Labem vypravil vlak, aniž by se přesvědčil, že za této extrémní situace je traťový úsek sjízdný.</p>	<p>Škoda: 15 000 Kč. Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků</p>

25. 1. 2007	vlečka Privovar RADEGAST : křížení jedno-kolejné železniční dráhy vlečky s pozemní komunikací v úrovni kolejí	Střetnutí dražního vozidla (doprovázeného posunového dílu) s nákladním automobilem na železničním přejezdu „Výstražný kříž pro železniční přejezd vícekolejný“.	Příčinou vzniku byl vjezd silničního vozidla na ŽP vlečky Radegast v době jízdy dražního vozidla (sunutého doprovázeného posunového dílu) a provozování dráhy v rozporu s pravidly pro provozování dráhy a pro potřeby bezpečné a plynulé drážní dopravy. Řidič silničního vozidla porušil pravidla. Strojvedoucí překročil rychlost. Nebyla zajištěna bezpečná jízda sunutých dražních vozidel přes železniční přejezd provozovatelem drážní dopravy, který neprováděl střežení železničního přejezdu tak, aby mohl zastavit případné účastníky silničního provozu	1 zraněný (posunovač) Škoda: 1 083 684,- Kč Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků <i>Pozn.:</i> Podobné nehody: 11. 3. 2006, 24. 10. 2006, 13. 12. 2006, 12. 1. 2007
9. 2. 2007	žst. Káranice	Srážka rychlíku s nákladním vlakem	Rychlík nezareagoval na návěst „Výstraha“ na vjezdovém návěstidle. Rychlík - vykolejil 1 vagon Nákladní vlak vykolejil a převrátil se Byla poškozena infrastruktura (výhybky, trolejové vedení a drobné kolejivo).	1 vážné zranění (strojvedoucí rychlíku) 3 lehčí zranění Škoda: 4 775 406,- Kč Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků
17. 2. 2007	Výhybna Praha-Vítkov mezi žst Praha hl. n. – Praha-Libeň	Vykolejení vlaku EC 107	Vykolejilo hnací dražní vozidlo a 5 dražních vozidel. Na jazyku výhybky nalezen čerstvý lom, na kolejovém loži nalezen čerstvý výlom hlavy jazyka a jazykové opěrky. Bezprostřední příčinou vzniku dopravní nehody byl lom jazyka výhybky č. 2, který vznikl rozvojem únavové trhliny vycházející z hrany paty jazyka kolmo na jeho hlavu, jež vlivem výrobní vady ve stojině změnila směr šíření na horizontální do obou stran v ose kolejnice a následnou změnou do původního horizontálního směru zapříčinila vylomení hlavy jazyka.	Škoda: 189 906,- Kč Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků

20. 2. 2007	mezi žst Mišík pod Brdy a Čisovice	Vykolejení hnacího drážního vozidla a šesti drážních vozidel nákladního vlaku	<p>Bezprostřední příčinou vzniku byla změna stavebnětechnických parametrů dráhy v pracovním místě před jízdou vlaku, kdy při výměně podkladnic, upevňovadel a úpravě rozchodu koleje nebyla pravá kolejnice připevněna ke třem za sebou ležícím pražcům, a povolení jízdy vlaku přes takto vytvořené nesjízdné místo.</p> <p>Špatně upevněná kolejnice. Před průjezdem vlaku probíhaly práce na kolejnici - byly uvolněny tři vedle sebe ležící pražce a při jízdě vlaku nebyla kolejnice připevněna na každém druhém pražci.</p> <p>Místo nebylo zajištěno v souladu jak s právními předpisy, tak i s technologickými postupy uvedenými ve vnitřních předpisech provozovatele.</p> <p>Činností pracovní skupiny zaměstnanců firmy bylo před vznikem dopravní nehody vytvořeno v traťové koleji nesjízdné místo, o kterém nebyli vyrozuměni výpravčí sousedních železničních stanic, ani nebylo zajištěno jeho krytí návěstmi pro zákaz jízdy z obou stran.</p> <p>Zaměstnanci firmy jízdu vlaku přes toto místo dovolili, aniž by se jej snažili zastavit návěstí „Stůj, zastavte všemi prostředky“.</p> <p>Provozovatel nemá ve svých vnitřních předpisech stanovenou odbornou způsobilost pro zaměstnance externích firem a organizací, podílejících se na opravách a rekonstrukcích dráhy, kteří při své pracovní činnosti dávají návěsti nebo se jimi řídí.</p>	2 zranění Škoda: 1 009 120,- Kč. Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků.
-------------	------------------------------------	---	--	---

6. 3. 2007	žst Hranice na Moravě město	Vykolejení taženého drážního vozidla za jízdy nákladního vlaku	<p>Bezprostřední příčinou dopravní nehody byla jízda drážních vozidel po dopravní cestě se závadami v geometrii kolejového roštu.</p> <p>Vedoucí provozního střediska nezajistil odstranění závad zjištěných kontrolou po opravě kolejí.</p> <p>Provozovatel dráhy neprovozoval dráhu pro potřeby plynulé a bezpečné drážní dopravy podle pravidel pro provozování dráhy.</p>	<p>Škoda: 463 403,15 Kč Sekundární škoda vznikla nasazením nakolejovacích pomocných prostředků + výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků</p>
13. 3. 2007	mezi žst Vraňany a Dolní Beřkovice	Střetnutí rychlíku se silničním vozidlem v prostoru železničního přejezdu	<p>Vykolejení hnacího drážního vozidla a 3 drážních vozidel.</p> <p>Bezprostřední příčinou vzniku bylo narušení průjezdného průřezu druhé traťové koleje v prostoru železničního přejezdu osobním automobilem, jenž byl záměrně vmanipulován do obvodu dráhy veřejnosti nepřístupného.</p> <p><i>Výpravčí špatně vyhodnotil zprávu PCR a zastavil dopravu na jiné trati.</i></p> <p>Chybějící všeobecný systém označování přejezdů, umožňující jejich jednoznačnou a nezaměnitelnou identifikaci.</p> <p><i>Ukázalo se, že šlo o úmysl řidiče auta – pojistný podvod.</i></p>	<p>2 zranění (strojvedoucí a 1 pasažér) Škoda: 27 598 393,- Kč. Sekundární škoda – výpadek obslužnosti, zpoždění vlaků.</p>

7. 5. 2007	Mezi žst Jablunka a Valašské Meziříčí	Střetnutí vlaku se stojícím a hořícím silničním nákladním motorovým vozidlem na železničním přejezdu	<p>Strojvedoucímu nebyl předán příkaz o požáru na křížení se silnicí.</p> <p>Dostal světelný signál od PČR až při dojezdu k místu.</p> <p>Při zastavování zjištěna nefunkčnost rychločinného brzdění vyvolané odpojeným napájením z ŽST.</p> <p>Špatná komunikace – každý měl jinou představu</p> <p>PČR nemohla ohlásit na správné místo kvůli chybě v seznamu</p> <p>V době vysílání „stůj“ byl již vlak po střetu</p> <p>Provozovatel dráhy – nezajistil jasnou komunikaci - nezajistil provozování drážní dopravy v souladu s jednotnými technologickými postupy obsaženými ve vnitřních předpisech</p> <p>Nedostatečné vybavení – dosah komunikačních prostředků</p> <p>Absence jednotného systému označení železničních přejezdů, sloužícího k jednotné identifikaci železničních přejezdů z pohledu dráhy železniční</p> <p>Zaváhání výpravčí</p>	<p>Škoda: 181 403,- Kč</p> <p><i>Pozn.:</i> obdobné 19. 03. 2007 mezi žst Vraňany – žst Dolní Beřkovice, došlo k střetnutí drážního vozidla, vlaku se stojícím silničním motorovým vozidlem</p>
20. 6. 2007	Černý Kríž	Srážka vlaku s posunovým dílem v dopravně	Bezprostřední příčinou bylo zahájení posunu bezprostředně po odjezdu vlaku, který ještě neminul lichoběžníkovou tabulku, a to bez souhlasu dirigujícího dispečera, tj. nedodržení technologických postupů provozovatele dráhy zaměstnanci dopravy.	Cestující – 4 vážná zranění, 20 lehce zraněných Škoda: 24 585,- Kč
21. 6. 2007	žst Chotoviny	Vjezd vlaku R 641 na obsazenou kolej v ŽST Chotoviny	Vlak zastavil 140 m od druhého vlaku Skoro nehoda vjezdu vlaku na obsazenou kolej, došlo nedodržením předpisů ze strany výpravčího a signalisty	Škoda: 0

4. 7. 2007	obvod žst Veselí nad Lužnicí	<p>Střetnutí rychlíku s nákladním autem na železničním přejezdu</p> <p>-- přejezd je svým umístěním v komunikačně intenzivně provozovaném extravilánu vrátnice podniku GRENA, a. s., svou povahou nebezpečný a zvláštního zřetele hodný.</p>	<p>nedovolené vjetí řidiče nákladního automobilu na přejezd</p> <p>nerespektování výstrahy přejezdového zabezpečovacího zařízení</p>	<p>1 lehké zranění, 1 těžké</p> <p>Škoda: 2 491 265,40 Kč,</p>
14. 7. 2007	žst Čerčany	<p>Srážka rychlíku se stojící soupravou</p>	<p>Udalo se během výluky.</p> <p>Přípravu vlakové cesty pro vlak R 633 nařídil výpravčí „B“ signalistům telefonicky na výhybkářském spojení.</p> <p>Písemná odevzdávka služby dne 14. července 2007 v 09:50 hodin nebyla provedena. Výpravčí „A“ po provedených opatření dle ohlašovacího rozvrhu zrušil na zabezpečovacím zařízení postavenou vlakovou cestu pro vlak R 633, aniž byl DI vydán souhlas k zahájení odklizovacích prací.</p> <p>výpravčí „B“ měl v době vzniku MU snížené rozpoznávací a ovládací schopnosti.</p>	<p>1 úmrtí (strojvedoucí osobního vlaku), 6 lehce zraněných</p> <p>Škoda: 4 089 216,- Kč</p>
1. 9. 2007	mezi žst. Vodňany a dopravnu Bavorov	<p>Srážka 2 osobních vlaků</p>	<p>Strojvedoucí vlaku Os 18003 po příjezdu do dopravní Bavorov neohlásil dirigujícímu dispečerovi v žst. Prachatice čas příjezdu do dopravní Bavorov, ani nevyčkal příjezdu protijedoucího vlaku Os 18032 a z dopravní Bavorov nedovoleně odjel, aniž by obdržel souhlas od dirigujícího dispečera.</p>	<p>Z těžce zraněných, 6 lehce</p> <p>Škoda: 137 145,- Kč</p>

1. 9. 2007	Mezi žst Tábor a Bechyně	<p>Vykolejení taženého drážního vozidla za jízdy vlaku</p> <p>U Osobního vlaku</p> <ul style="list-style-type: none"> - poškození potrubí tlakové brzdy, - poškození dvou kluznic podvozku „a“, ohnutí podélníku a výztuhy rámu cca 200 mm, - proražení vnějšího oplechování vozu na spodku cca 1 m², - proražení vnějšího oplechování na boku vozu cca 6 m, - poškozená jímka vzduchojemu, - deformovaná rohová stupačka a odpadní roura WC, - rozbité sklo horního stahovacího okna. 	<p>změna vzepětí koleje nad povolenou toleranci. (projektovaná hodnota vzepětí 100 mm, naměřeno 125 mm)</p> <p><i>Technická závada na kolejích</i></p>	Škoda: 61 040,- Kč
------------	--------------------------	--	---	--------------------

10. 9. 2007	mezi žst. Praha-Modřany – Praha-Braník	Jízda vlaku Os 9009 do obsazeného prostorového oddílu vlakem Os 19010	<p>Skoro nehoda</p> <p>Strojvedoucímu jedoucího vlaku se podařilo zastavit</p> <p>Nesprávná výměna informací mezi výpravčími obou stanic 1 běžel na WC a ztratil kontrolu (operativa kvůli opožděnému vlaku). Provozovatel dráhy na pracovišti výpravčího v žst. Praha-Modřany nařízeným způsobem obsluhy přivolávacích návěstí na provizorním ovládacím pultu a technologickými postupy, jimiž byly v žst. Praha-Modřany stanoveny jízdními řády průjezdy osobních vlaků, vytvořil stav, který neumožnil zaměstnancům řídicím drážní dopravu sledovat jízdu vlaků při průjezdu a odjezdu v celém obvodu pro zjišťování volnosti vlakové cesty.</p> <p>výpravčí žst. Praha-Modřany, který řídil drážní dopravu, nezajistil bezpečnost drážní dopravy v rozsahu své odborné způsobilosti • nedovoleným způsobem provedl obsluhu přivolávacích návěstidel pro průjezd vlaku Os 19010, opustil pracoviště a nesledoval jízdu vlaku • nepřesvědčil se řádně o skutečné poloze vlaku Os 19010, zrušil společně s výpravčím žst. Praha-Braník jeho přijetí a předvídaný odjezd a ve 14:34 hodin přijal do obsazeného oddílu vlakem Os 19010 vlak Os 9009 • při výkonu SD po MU Drážní inspekce zjistila, že výpravčí při obsluze přivolávacích návěstidel na provizorním ovládacím pultu sleduje jízdy vlaků pouze dveřmi a oknem dopravní kanceláře. Tento výhled neumožňuje sledovat jízdu vlaků při odjezdu v celém obvodu pro zjišťování volnosti vlakové cesty.</p> <p>Zásadní příčinou bylo nezajištění podmínek pro bezpečné organizování a řízení drážní dopravy.</p> <p>Podíl má i přednosta stanice zpožděného vlaku</p>	<p>Škoda: 0</p> <p>Přerušeni dopravy</p> <p>Pozn.: Stejně 27. 1. 2007 v Prunéřově</p>
-------------	--	---	---	---

20. 9. 2007	Mezi žst. Krasíkov a Rudoltice v Čechách	<p>Srážka nákladního vlaku s překážkou za jízdy vlaku</p>	<p>následnému vykolejení hnacího drážního vozidla prvním dvojkolím. Touto překážkou byla střední část výhybky přepravovaná na třetím voze za lokomotivou vlakem Pn 61310 po 1. traťové koleji proti správnému směru jízdy, která se uvolnila a spadla na 2. traťovou kolej. Vlak Nex 51422 jedoucí souběžně po 2. traťové koleji do této překážky narazil a smýkal ji do km 16,300, kde došlo k vykolejení prvního dvojkolí lokomotivy.</p> <p>Po ztrátě 5ti upevňovacích popruhů došlo u 3. vozu při jízdě vlaku Pn 61310 vlivem podélných a příčných vibrací zásilky k postupnému uvolňování zbývajících popruhů až k jejich rozpojení, postupnému posouvání části zásilky k pravému okraji vozu a ve 4:38 hod k jejímu částečnému sesunutí do 2. traťové koleje v km 17,722. Rychlost vlaku v tomto okamžiku byla 76 km/h. V km 16,705 ve 4:39 hod. došlo při rychlosti vlaku 69 km/h k úplnému pádu zásilky do 2. traťové koleje.</p> <p>Špatně naložený a upevněný náklad na vlaku</p> <p>Bezprostřední příčinou vzniku mimořádné události – srážky vlaku s překážkou byla ztráta funkčnosti uvázání nákladu. V důsledku toho došlo ke spadnutí nákladu (přepravované střední části výhybky) z nákladního vozu vlaku na sousední traťovou kolej. Přijíždějící vlak Nex 51422 do této překážky narazil a následně vykolejil.</p> <p>Dopravce nemá pro opakovanou přepravu zvláštní zásilky (přepravu výhybek na dřevěných pražcích), upevněnou nevratnými vázacími prostředky, stanoveny technologické postupy k zajištění zásilky a používá podmínky pro kolejová pole na betonových a dřevěných pražcích.</p>	<p>Škoda: 592 746,- Kč.</p> <p>Přerušeni dopravy</p>
-------------	--	---	---	--

21. 9. 2007	Lukov mezi žst Moravské Budějovice a Jaroměřice nad Rokyt-nou	Střetnutí nákladního vlaku s osobním automobilem na železničním přejezdu	<p>Neoprávněné vjetí auta na koleje</p> <p>Výstražný kříž - rozhledové poměry ze směru přijíždějícího vlaku Rn 52241 jsou na přejezdu nedostatečné</p> <p>Strojvedoucí nákladního vlaku Rn 52241 mimo jiné uvedl, že k železničnímu přejezdu v km 140,285 uviděl přijíždět z pravé strany ve směru jízdy vlaku po polní cestě osobní automobil, kterému dával návěst „Pozor“ lokomotivní houkačkou, ale řidič nereagoval a i přes houkání vjel plynule na železniční přejezd těsně před hnací vozidlo.</p> <p>Provozovatel dráhy nezajistil značku „pískejte“</p>	2 úmrtí (auto) Škoda: 558 489,- Kč.
2. 10. 2007	železniční přejezd mezi žst Varnsdorf a Seifhennersdorf	Střetnutí vlaku Os 83077 s nákladním automobilem IVECO Euro Cargo	<p>nedání přednosti drážní dopravě řidičem silničního motorového vozidla při jízdě přes železniční přejezd; b) rychlost vyšší než 10 km/h a včasné nedávání opakované akustické výstrahy při jízdě vlaku Os 83077 přes přejezd a 60 m před ním, kdy PZZ přejezdu pro poruchu nedávalo výstrahu uživatelům pozemní komunikace a osoba řídící HDV nebyla o této skutečnosti zpravena.</p> <p>Zásadní příčinou související s kvalifikací, postupy a údržbou bylo nedodržení technologických postupů obsažených ve vnitřním předpisu provozovatele: nsvítla světla na přejezdu strojvedoucí nedával zvukovou výstrahu</p>	2 lehce zranění Škoda: 3 108 000 Kč.

30. 10. 2007	Mezi žst Moravský Beroun a Domašov nad Bystřicí	Střetnutí rychlíku se stojícím silničním motorovým vozidlem na železničním přejezdu	<p>„Výstražný kříž pro železniční přejezd jednokolejný“ Strojvedoucí vlaku R 827 při jízdě k ŽP v km 32,212 zaregistroval osvětlení silničního motorového vozidla. Protože trať je vedena v pravotočivém oblouku a ŽP nebyl osvětlen, domníval se, že silniční motorové vozidlo stojí bezpečně před ŽP a proto pokračoval v další jízdě bez jakékoli korekce rychlosti, která činila 68 km.h-1. Po osvětlení stojící jízdni soupravy na ŽP světelným kuželem reflektoru HDV zavedl strojvedoucí ihned rychločinné brzdění. Při rychlosti 45 km.h-1 následoval náraz vlaku R 827 do pravé strany stojící jízdni soupravy. Následnou dynamikou nehodového děje byla jízdni souprava sunuta vlakem R 827 na dráze 57 m až do místa zastavení. Čelo vlaku zastavilo v km 32,269 v 18:06:37 h.</p> <p>Za průjezdu přes ŽP došlo k uvážnutí jízdni soupravy. Nosné vzpěry návěsu se zaklínily o povrch vozovky ŽP. Řidič proto s jízdni soupravou vycouval mimo ŽP, kde se na vzduchových měchách pokusil přizvednout celou jízdni soupravu. Přizvedl však pouze tahač soupravy. Při následném najetí na ŽP jízdni souprava znovu uvázla.</p> <p>Souhra jevů Uvážnutí a zaklínění jízdni soupravy na ŽP bylo zapříčiněno nesprávnou technologií jízdy jízdni soupravy v kombinaci se sklonovými poměry pozemní komunikace před a zejména za ŽP Absence jednotného systému označení železničních přejezdů, sloužícího k jednotné identifikaci ŽP z pohledu dráhy železniční a silniční topologie, umožňující přímé informování (bez prostředníka) osoby řídící drážní dopravu o zdroji ohrožení bezpečnosti drážní dopravy na ŽP.</p>	Škoda: 1 894 878,10 Kč
--------------	--	---	---	---------------------------

19. 11. 2007	žst Leština u Světlé	Vykolejení nákladního vlaku – 3 poslední vagony	<p>Během jízdy došlo k závadě na nápravovém ložisku levého předního kola vozu č. 23 54 0730 072-4 (číslo nápravy 1443), řazeného jako 3. vůz od konce vlaku. Ložisko se silně zahřívalo.</p> <p>Před železniční stanicí Leština u Světlé byl vlak zastaven u vjezdového návěstidla 1S v km 252,680, kde stál cca 5 – 6 minut.</p> <p>V těchto místech došlo k rozlomení ložiskové komory přehřátého ložiska. Po postavení návěstidla na návěst „Volno“ se vlak rozjel a do železniční stanice Leština u Světlé vjžděl na 1. staniční kolej. Na odjezdovém návěstidle L1 byla také návěst „Volno“ a výhybky byly postaveny do přímého směru na 1. traťovou kolej.</p> <p>Během jízdy cca 1600 metrů se od poškozené komory nápravového ložiska začaly uvolňovat jednotlivé díly, které byly později nalezeny v kolejišti.</p> <p>Vlivem vysoké teploty došlo k uvolnění kola, jeho posuvu směrem ke středu nápravy a následnému vykolejení tohoto vozu</p> <p>Technická závada na vlaku</p>	<p>Škoda: 5 269 080,- Kč Hodně na zboží</p>
--------------	----------------------	---	--	---

27. 11. 2007	žst Bystrice nad Olší	Vykolejení hnacího drážního vozidla za jízdy vlaku	<p>Zásadní příčinou související s kvalifikací, postupy a údržbou je nezjištění porušení celistvosti svěrací čelisti výhybky č. 15 žst. Bystrice nad Olší při provádění pravidelných prohlídek a měření staveb drah a silová manipulace při seřizování hákového závěru prostřednictvím kladiva a páčící tyče.</p> <p>absence technologického postupu provozovatele dráhy, který by upravoval postup při prohlídkách stavu a funkce výměnového závěru zejména u výhybek 1. generace s hákovým závěrem přestavovaných mechanickým přestavníkem s pružinou tak, aby byl zjištěn skutečný stav, včetně trhlin v materiálu hákového závěru</p> <p>provozovatel dráhy, v návaznosti na čl. 32 ČÁST DEVÁTÁ vnitřního předpisu ČD S3 ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK, nezajistil, ve smyslu ustanovení § 22 odst. 1 písm. zákona č. 266/1994 Sb. provozování dráhy pro potřeby plynulé a bezpečné drážní dopravy tím, že správně fungujícím SZZ žst. Bystrice nad Olší byla dovolena jízda drážních vozidel, vlaku Mn 80203, aniž by zaklesnutím závěrného háku za svěrací čelist výhybky č. 15, která již byla v dolní části ulomená, bylo provedeno silové zapevnění pravého ohnutého jazyka k pravé opornici. Uvedená skutečnost byla příčinou vidlicové jízdy HDV 742.126-6 s jeho následným vykolejením.</p>	<p>Škoda: 1 443 720.- Kč + sanace ekologické havárie, úniku cca 2000 litrů nafty z palivové nádrže hnacího drážního vozidla</p>
1. 12. 2007	mezi odbočkou Kyje a žst. Praha-Běchovice	Vykolejení vlaku IC 507 „Pendolino“	<p>byl nalezen lom pravého kolejnicového pásu kolejnice tvaru R 65</p> <p>destrukci kolejnice došlo v důsledku rozvoje únavových lomů</p> <p>na kolejnici byla vada označena žlutou barvou, kterou pracovník kontroloval</p>	<p>Škoda: 25 330 271,- Kč</p>

6. 12. 2007	Mezi žst Ostrava a Kunčice	Vykolejení taženého dražního vozidla za jízdy osobního vlaku	ulomení hlavy spodního dílu předního závěsu levého nosiče sekundárního vypružení předního podvozku drážního vozidla za jízdy vlaku Os 3425 na výhybce. Zásadní příčinou <i>nezajištění stanoveného rozsahu údržby Podcenění včasné opravy Neprovádění pravidelných kontrol výhybky</i> Provozovatel drážní dopravy tím, že provozoval drážní dopravu dražním vozidlem s překročenou přípustnou mezí opotřebení a s trhlinami na provozně důležité části vozidla (spodním dílu závěsu sekundárního vypružení), ve smyslu § 35 odst. 1 písm. d) a § 43 odst. 1 zákona č. 266/1994 Sb. a § 34 odst. 1 písm. a) vyhlášky č. 173/1995 Sb., nezajistil bezpečné provozování drážní dopravy dražním vozidlem v technickém stavu, který odpovídá schválené způsobilosti.	Škoda: 1 460 000,- Kč.
-------------	-------------------------------	--	---	---------------------------

Z tabulky 1 je zřejmé, že nejsou vyčísleny náklady na odstranění škod, opravy vozidel a náklady, které způsobily sekundární škody např. zpožděním vlaků přepravujících lidi a zboží.

Z analýzy dopravních nehod v ČR ve sledovaném období vyplývá, že jejich příčiny byly:

- špatný technický stav drážního vozidla (nefunkční elektropneumatický ventil vlakového zabezpečovače, uvolněné šrouby, nefunkční výstražná světla, nezajištění speciální překlopné pojistky horního klínu brzdového špalíku 2. nápravy taženého drážního vozidla řady AB, č. 50 54 39-40 243-7, proti sklopení závlačkou, apod.),
- závada na lokomotivě či vagónech způsobená tím, že chybí technické prostředky, které umožní strojvedoucímu diagnostikovat překročení dovolených limitů u teplot ložisek kol, obručí kol a disků kotoučových brzd a nepravidelnosti obvodu kol,
- závada způsobené absencí technických prostředků zabezpečení, které by při pochybení (omylu nebo selhání) strojvedoucího aktivním zásahem do řízení vlaku zabránily nedovolené jízdě vlaku za hlavní návěstidlo, které zakazuje jízdu vlaku,
- špatná údržba, nekvalitní oprava (v několika případech opravy a údržby jen administrativně vykázaný, ale fakticky neprovedeny),
- špatně naložený nebo upevněný náklad,
- špatný technický stav výhybek a rozchodu kolejí,
- narušený železniční spodek a svršek koleje vlivem stavebních prací,
- chybějící označení přejezdu silnice,

- chybějící zabezpečovací zařízení vlečky,
- nefunkční světla na křížení dráhy se silnicí,
- strojvedoucí nedodržel předepsanou rychlost,
- strojvedoucí nepřizpůsobil jízdu meteorologickým podmínkám,
- zdravotní indispozice či nepozornost strojvedoucího,
- nedodrženy pokyny provozovatele dráhy při organizování drážní dopravy: při prováděném posunu nebyly dodrženy podmínky jízdy podle rozhledových poměrů; nebyl splněn pokyn výpravčího při provádění posunu dvou posunových dílů v jednom posunovacím obvodu současně, a to nedodržením pořadí apod.
- chyba: signalisty stavědla; výpravčího při stavbě cesty; vlakvedoucího při schválení nákladu; vozmistra při kontrole kol železničních dvojkolí lokomotivy atd.,
- chyby ve vzdělání a výcviku strojvedoucích a dalších osob zajišťujících provoz,
- povolena jízda vlaku při stavebních úpravách bez omezení rychlosti a informování strojvedoucího,
- chybí kritéria, podle kterých vozmistr pozná neúměrné zatížení kol,
- nedodržení předpisů na přejezdech, kde je výstražný kříž jednokolejný,
- chybí pokyn, jak postupovat v situaci, kdy je nutný pohyb vozidel za kilometr povolené jízdy stanovený pokynem provozovatele dráhy v rozkaze,
- chybí postupy, jak dělat vlakové cesty pro nadrozměrné zásilky – musí se udělat katalog o možnostech pro tvůrce vlakových cest,
- v dopravnách, kde je dovolena výprava vlaků návštějí hlavního návštěvídla a ve kterých dosud není zavedeno technické zařízení zajišťující automatické zastavení vlaku při nerespektování návštějí zakazující jízdu vlaku, chybí u vlaků s přepravou cestujících stojících v prostoru pro nástup a výstup cestujících postup v případech, kdy odjezdové návštěvídlo z dopravních důvodů zakazuje jízdu, což způsobuje, že strojvedoucí není o tomto důvodu výpravčím telekomunikačním zařízením, osobně nebo prostřednictvím jiného zaměstnance informován.

Na základě požadavků na bezpečnost technických děl v integrálním pojetí, uvedených v odstavci 2 a podrobně rozpracovaných v [6], lze základní návrhy na odstranění příčin dopravních nehod stanovit takto:

- stát musí zajistit kvalifikovaný dohled nad provozovateli dráhy a drážní dopravy,
- provozovatelé dráhy a drážní dopravy musí zavést kvalifikované řízení bezpečnosti, a to nejen provozní (pokryté splněním požadavků RAMS), ale i integrální, která zohledňuje i aktiva v okolí drážního systému, vnější zdroje rizik a úmyslné lidské činy (zákon č. 1/1993 Sb., Ústava ČR),
- provozovatelé dráhy a drážní dopravy musí provádět dohled nad údržbou a vytvořit systém údržby drážních vozidel, který umožní zkontrolování skutečného technického stavu drážního vozidla, který zajistí jeho bezpečný provoz,
- provozovatelé dráhy musí zavést kvalitní systém údržby, oprav i inspekcí dráhy, a to v oblasti řízení i konkrétního provádění prací,

- Drážní úřad by měl přijmout opatření, které by u všech dopravců znemožnilo provozování drážních vozidel bez předchozího zkontrolování skutečného technického stavu tak, aby odpovídal schválené způsobilosti drážního vozidla,
- dráha musí být řádně zabezpečena technickými i kybernetickými prostředky, aby byla zajištěna včasná a kvalitní informovanost strojvedoucích i ostatní obsluhy o situaci, která ovlivňuje bezpečnost provozu,
- provozovatelé drah musí zavést a udržovat jednotný systém označení železničních přejezdů z pohledu dráhy železniční, tj. železniční a silniční topologie, jak pro provozovatele drah a dopravce, tak i účastníky silničního provozu a složky integrovaného záchranného systému,
- provozovatelé drážní dopravy musí zajistit, aby každý, kdo vydá nějaký pokyn z moci úřední, za něho odpovídal a měl potřebné kompetence k vynucení jeho provedení,
- provozovatelé drážní dopravy musí zlepšit systém vzdělávání strojvedoucích a dalších kritických pracovníků obsluhy – je nutno připravit strojvedoucí, vlakvedoucí a výpravčí na kritické situace, doprovázené stresem, úlekem apod.,
- provozovatelé drážní dopravy musí zavést způsob komunikace zúčastněných, který povede ke zvyšování úrovně bezpečnosti,
- provozovatelé drážní dopravy musí zajistit, aby byly dodržované bezpečnostní předpisy u vlaků (zavřené dveře, správně naložený a zajištěný náklad apod.),
- provozovatelé drážní dopravy musí zajistit dohled nad nákladem, nad uložením nákladu apod.,
- provozovatelé drážní dopravy musí urychlit práce na zavedení evropského vlakového zabezpečovače ETCS do provozu, na tratích, kde z dlouhodobého hlediska nebude evropský vlakový zabezpečovač ETCS zaveden, instalovat technické zařízení pro nouzové zastavení vlaků, jejichž bezpečnost je ohrožena, jež bude automaticky aktivováno nedovolenou jízdou drážního vozidla za hlavní návěstidlo,
- provozovatelé drážní dopravy musí připustit vznik kritických situací a strojvedoucí a další kritickou obsluhu na ně výcvikem připravovat,
- provozovatelé drážní dopravy musí vypracovat pro očekávané provozní situace vypracovat předpisy pro zvládnutí normální, abnormální či kritické situace a seznámit s nimi zúčastněné.

Na základě zkušeností s řízením rizik zacíleném na bezpečnost technických děl je vhodné zpracovat matice odpovědnosti pro jednotlivé části tratí. Pro zlepšení kultury bezpečnosti zpracovat kontrolní seznamy (strojvedoucí - příprava vlaku k jízdě, posunovač, signalista – provedení přesunu vozidel z jedné dopravní cesty na druhou apod.).

6.2. Příčiny dopravních nehod

Pro analýzu příčin dopravních nehod na železnici z důvodu validity výsledků použijeme databázi pro celý svět, která obsahuje mnohonásobně více dat než databáze pro ČR, která je její integrální součástí. Analýza údajů v databázi [29] ukazuje, že příčinou každé dopravní nehody je zpravidla kombinace několika faktorů. Na základě:

- posouzení potenciálu působení jednotlivých pohrom náležíčích do souboru pohrom [7], na provoz na železnici a analýzy havárií na železnici ve světě [31,32],

- vyhodnocení údajů ve výše citované databázi dopravních nehod na železnici v České republice

jsou hlavní příčiny vzniku dopravních nehod a skoro-nehod v provozu drah následující:

1. Technické – spojené s dopravním prostředkem – lokomotiva, vagony:

- chyba v návrhu nebo při konstrukci drážního vozidla (chybná konstrukce z pohledu stability lokomotivy či vagonů, nevhodné umístění palivové nádrže nebo silového vodiče na svorkovnici v lokomotivě - zřejmé možnosti elektrického zkratu apod.),
- špatná údržba lokomotivy či vagonů,
- špatně provedená technická prohlídka drážních vozidel,
- špatně provedená oprava drážních vozidel (např. lanová ruční brzdy,
- nesprávně naložené vagóny,
- špatně zavřené dveře vagonů,
- náhlá technická závada lokomotivy či některého z vagonů (poškození ložiska v kole, vysazení pohonu, směrového ovladače nebo jiného důležitého zařízení, výpadek klimatizace apod.),
- nedostatek paliva nebo výpadek dodávky elektrického proudu,
- selhání technického vybavení řídicího systému lokomotivy (výpadek přístroje měřícího rychlost, výpadek radiového spojení s dispečinkem apod.),
- nefunkční zálohovaný systém v případě potřeby.

2. Technické – spojené s dráhou a nádražím:

- umístění dráhy v území (velké stoupání, nedostatečná únosnost kolejového lože, ostré zatáčky, mnoho nechráněných přejezdů, vysoký a bujný porost snižující viditelnost apod.),
- konstrukční chyba při stavbě nádraží (příliš krátký provozní prostor, umístění kolejí ve směru, ve kterém je vysoká budova, která snižuje rozhled strojvedoucího a posunovačů při změně směru drážního vozidla, často protivítr apod.),
- stav kolejí (konstrukční chyba, nepořádek na nádraží, špatná údržba – nerovnosti, led, sníh, vybočení koleje, nalomená výhybka, nepřípevněné kolejnice na pražce apod.),
- neprovádění pravidelných prohlídek trati
- špatně provedená pravidelná technická prohlídka trati (nezjištění nalomené výhybky),
- neprovedení včasné opravy zjištěných závažných závad na trati či signalizačním zařízení
- chybí signalizační zařízení nebo má nedostatečný výkon
- náhlá technická závada přístrojů v dispečinku (špatná údržba, selhání technického vybavení řídicího systému na dispečerském stanovišti apod.)
- rozmístění techniky pro obsluhu drážních vozidel (tankování paliva, vykládka a nakládka zboží, nástup a výstup lidí apod.),
- fyzické zničení nádraží nebo kolejí (válka, loupežné přepadení, teroristický útok, ...).
- umístění vlaku na nesprávnou dráhu,
- překážky na kolejích,

- nedostatečné radiové vybavení nádraží,
- nedostatek znalostí a zkušeností obsluhy nádraží (pracovníka navigujícího pohyb drážních vozidel po kolejích v prostoru nádraží),
- nefunkční varovný systém na nádraží udávající minimální bezpečnou vzdálenost jednoho vlaku od druhého, když jsou na jedné koleji.

3. Řízení drážního provozu – organizační příčiny:

- špatné postavení vlakové cesty,
- nespuštění závor či zvukového signálu před příjezdem vlaku ke křížení trati se silnicí či cestou,
- ponechání překážek na trati
- nedostatečné označení tratí,
- nedostatečné označení křížení tratí se silnicí či polní cestou
- navedení vlaku na nesprávnou kolej při vjezdu do nádraží, jízdě i výjezdu z nádraží (kolize vlaků, vykolejení apod.),
- výpravčí vyhodnotil špatně zprávu od policie a zastavil dopravu na jiné trati, než na té, na které byla překážka
- nepředání zprávy o požáru na určité trati strojvedoucím příslušných vlaků
- špatné zvážení meteorologických podmínek (chybné informace pro strojvedoucího),
- odeslání chybných instrukcí vlakům kvůli selhání řídicího systému na dispečerském stanovišti (např. v důsledku výpadku elektrického proudu, výpadku PC apod.),
- odeslání chybných instrukcí vlakům kvůli chybě nebo neznalosti dispečera,
- zmatek na dispečerském stanovišti (špatné informace strojvedoucím, zpožděné informace apod.),
- nedostatek pozemního personálu na nádraží (srážka vlaků apod.),
- špatná údržba či osvětlení nástupišť,
- špatná komunikace mezi výpravčími při stavění cest vlaků
- nezabezpečení jízdy posunovaného dílu
- posunovači nebyli vybaveni červeným světlem
- posunovači nedostatečně vyškolení
- nezajištění střežení křižovatky dráhy a silnice při posunování vlaku
- chyba personálu na nádraží (při navádění vlaků, úklidu nádraží a kolejnic, údržbě nádraží a kolejnic apod.),
- špatná komunikace mezi dispečerským stanovištěm a firmami provádějícími opravu trati,
- špatně rozdělené odpovědnosti na dispečerském stanovišti,
- nedostatečná komunikace se strojvedoucími v obslužném prostoru,
- nedostatek znalostí a zkušeností obsluhy na dispečerském stanovišti,
- neexistence instrukcí pro podporu strojvedoucích, kteří se dostanou do nenadálých nouzových až kritických situací.

4. Řízení drážního provozu – kybernetické příčiny:

- zkreslení údajů z monitorovací sítě (chybné instrukce strojvedoucím a od strojvedoucích, zmatek na dispečerském pracovišti apod.),
- chybný software (nezvažuje všechny možné varianty možných provozních situací, z čehož plynou chybné instrukce pro strojvedoucí i personál),
- nedostatečný hardware (špatné vyhodnocení dat, odeslání chybných instrukcí strojvedoucím v provozu z důvodu selhání PC, zpoždění zpráv apod.),
- hackerský útok na řídicí centrum vybavení dispečerského stanoviště.

5. Ovládání drážních vozidel:

- chyba strojvedoucího při ovládání vlaku – např. nezareagování na zákaz jízdy za návěstidlo s návěstí zakazující jízdu, nedodržení rozhledových poměrů při špatné viditelnosti. (kvůli zdravotnímu stavu, únavě, chybné informaci z řízení drážního provozu, selhání kritického zařízení lokomotivy či jiného vozidla v důsledku špatné údržby, chybnému vyhodnocení situace – snížená rychlost a nedodržení časového rozvrhu a z toho plynoucí stress, náraz do překážky, vypnutí funkčního zařízení místo vadného, - výjezd a vjezd do nádraží, vykolejení, nepoužití zarážky při zastavení vlaku při posunování apod.),
- chyba strojvedoucího při hodnocení meteorologických podmínek (námraza, sněhové závěje, překážky na trati apod.),
- Chyba strojvedoucího při výskytu neočekávaných podmínek (kvůli nedostatečné přípravě na zvládnutí nouzových podmínek – vichřice, snížená viditelnost apod.),
- chyba strojvedoucího (nepoužití nouzového volání apod.),
- chyba strojvedoucího při přípravě lokomotivy k jízdě (špatné prostudování instrukcí před jízdou – např. ohledně nákladu, špatně nastavený měřič rychlosti, mylně nastavené výchozí údaje pro jízdu, např. při přepravě drahého zboží apod.),
- chyba strojvedoucího při ovládání radiostanice,
- chybná spolupráce strojvedoucího, vlakvedoucích a dalších členů posádky,
- chyba strojvedoucího při ohlašování (použití chybného volacího znaku vlaku - malý rozestup mezi vlaky),
- požár nebo dým v lokomotivě, vagoněch pro cestující, v nákladových prostorech nebo požár motoru,
- špatný úmysl strojvedoucího (změna rychlosti, nereagování na pokyny z dispečerského pracoviště nebo od okolních vlaků apod.),
- neznalost strojvedoucího (neumí postupy pro ovládání vlaku při nenadálých nouzových až kritických situacích – překážka na trati aj.).

6. Útok na vlak:

- raketa / střela z jiného vlaku či z objektu ležícího mimo trať (házení kamenů či jiných těžkých předmětů z mostu nad tratí na vlak aj.),
- poškození železničního svršku nebo náspu,
- protiprávní čin ve vlaku,
- špatný úmysl dispečera,
- špatný úmysl obsluhy na nádraží (pracovníka navigujícího pohyb vlaku na nádraží),

- srážka vlaku s letadlem či jiným letícím předmětem.

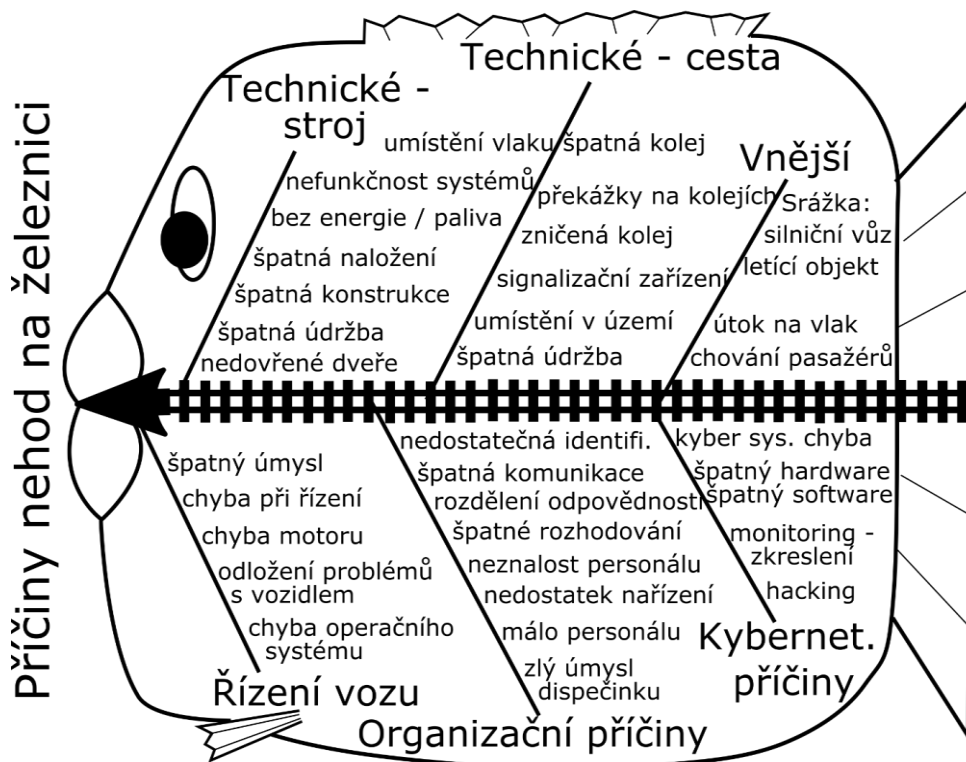
7. Legislativní:

- chybí předpisy pro zabránění postavení špatné cesty na nádražích,
- chybí přesné instrukce pro provádění údržby vlaku, železničního svršku, náspu a okolí tratě,
- chybí texty srozumitelných a přesných instrukcí pro komunikaci mezi strojvedoucím a dispečerským pracovištěm,
- postupy pro provádění technické kontroly drážních vozidel – způsob a časový harmonogram
- absence jednotného systému označení železničních přejezdů, sloužícího k jednotné identifikaci železničních přejezdů z pohledu dráhy železniční a silniční topologie, umožňující přímé informování
- absence požadavků, podle kterých vozmistr posoudí zatížení kol, zda je úměrné

8. Jiné:

- nevhodné chování cestujících při nastupování, jízdě či vystupování z vlaku (nerespektování pokynů, nekázeň, špatná péče o pohyb dětí ve vlaku),
- podmáčení nebo jiné poškození náspu,
- chování řidičů silničních vozidel na křížení silnice s dráhou (nerespektování značení, zvukového signálu i zábran

Diagram rybí kosti (Fishbone diagram) zobrazující základní kategorie příčin dopravních nehod vlaků je uveden na obrázku 1.



Obr. 1. Příčiny dopravních nehod na železnici.

Protože některé příčiny dopravních nehod na železnici jak ve světě, tak v České republice se opakují, je nutné připravit kvalitní technická a organizační opatření ke zvýšení bezpečnosti. Kvůli velkým škodám je nezbytné věnovat pozornost nákladním vlakům, např. železniční zaměstnanci nemohou spoléhat na zákazníka, ale sami musí věnovat pozornost nákladu a jeho upevnění na drážních vozidlech. Pro zabránění zmatkům v předávání zpráv při dopravních nehodách, tj. nesprávné komunikaci v kritických situacích, je nezbytné připravit znění zpráv, které jsou jasné, stručné a srozumitelné. Z důvodu bezpečnosti je rovněž třeba stanovit jasná pravidla pro údržbu, pravidelné technické opravy drážních vozidel, železničních tratí atd.

Obecně platí, že je nezbytné stále brát v úvahu, že může dojít k dopravním nehodám na železnici, a proto je třeba pro tyto případy připravit jak strojvedoucí, tak vlakový personál na železničních stanicích, který staví vlakové cesty.

Protože každá železniční dopravní nehoda znamená snížení dopravní obslužnosti a také náklady na odezvu, kterou provádí integrovaný záchranný systém, které jsou placeny z veřejných zdrojů, tak je třeba, aby veřejná správa připravila legislativu na zlepšení bezpečnosti v železniční dopravě.

6.3. Shrnutí výsledků výzkumu dopravních nehod s přítomností nebezpečných látek

Analýzy a posouzení dopravních nehod s přítomností nebezpečných látek na pozemních komunikacích [36] ukazují, že k nehodám dochází i tehdy, když strojvedoucí dodržují dopravní předpisy. Na jejich vzniku se podílí: stav vozidla, stav komunikace, způsob řízení přepravy na komunikaci, technická závada na vozidle, meteorologické podmínky, jiné vozidlo, chodec nebo zvíře a řidič vozidla. Předmětné dopravní nehody na železnicích se udály většinou na nádražích, kde je třeba očekávat velký problém v případě velké nehody, která zasáhne okolí nádraží, protože nejsou připraveny plány odezvy a v přilehlých objektech s velkým počtem lidí není plán evakuace.

Pro zjištění ochrany lidí a území je třeba věnovat péči přepravě nebezpečných látek a v případě, že dojde k dopravní nehodě s přítomností nebezpečných látek, je nutné zajistit vysoce kvalifikovanou odezvu. Pro zvýšení bezpečnosti přepravy nebezpečných látek po pozemních komunikacích je na základě práce [36] třeba:

- zpracovat českou legislativu pro přepravu nebezpečných látek,
- zajistit aby veřejná správa plnila úkoly spojené s odpovědností za bezpečné území i na svěřených úsecích silnic a dálnic,
- zvýšit nároky na přepravce nebezpečných látek; odpovídají např. za správu a kvalitu bezpečnostní dokumentace, správné vozidlo a jeho správný stav, správně naložené vozidlo a správný harmonogram přepravy nebezpečných látek,
- u hasičů a policie, na kterých leží hlavní tíha odpovědnosti za zvládnutí odezvy na dopravní nehody s přítomností nebezpečných látek zajistit více školení, výcviku, ochranných pomůcek a kvalitní technické vybavení,
- zvýšit znalosti o nejčastěji přepravovaných nebezpečných látkách a o osobní ochraně před jejich dopady, protože na pozemních komunikacích se vyskytuje většina občanů.,
- pro kritická místa na komunikacích z pohledu kritičnosti spojené s přepravou nebezpečných látek je třeba zpracovat: plán řízení rizik pro případ dopravní nehody s nebezpečnou látkou; evakuační plán; a popř. krizový plán.

7. Závěr

Výše uvedené výsledky posuzující shodu mezi požadavky formulovanými OSN v roce 1994 [5] na bezpečnost a opatřeními použitými v řízení systému železniční dopravy ukazují, že současná legislativa nevyžaduje všechna opatření a činnosti, které jsou potřebné pro bezpečný systém železniční dopravy podle současné úrovně poznání. Je to způsobeno tím, že základní přístup používaný pro zajištění bezpečnosti na železnici RAMS se opírá o veličinu SIL, která se vztahuje k provozní bezpečnosti, tj. ne k celkové (integrální) bezpečnosti systému, která odpovídá konceptu OSN [5]. To znamená velký prostor pro zlepšování legislativy, aby se dosáhlo zlepšení reálného stavu.

Pro podporu systému řízení bezpečnosti drážní dopravy v potřebné úrovni je třeba dle údajů shrnutých v práci [20], zpracovat řadu podpůrných nástrojů jako jsou: bezpečnostní plány, vnitřní a vnější nouzové plány, plány continuity a krizové plány. V praxi se velmi osvědčily plány řízení prioritních rizik.

Příčiny železničních nehod v České republice byly rozděleny do sedmi základních kategorií. Jde o: technická oblast - vozidla používaná v železniční dopravě; technická oblast - železniční infrastruktura; technická oblast - nádraží; oblast řízení železniční dopravy - organizační příčiny; oblast řízení železniční dopravy - kybernetické příčiny; oblast řízení vozidel; oblast legislativy a jiné. Pro zlepšení bezpečnosti železniční dopravy je třeba věnovat pozornost všem kategoriím, a to především těm, které spočívají v oblasti organizační a týkají se rozhodování a řízení.

Kritická analýza železničních nehod ukázala, že některé příčiny nehod se často opakují, například nedostatečná údržba, nízká kvalita oprav a modernizace. Jejich společnou kořenovou příčinou je nedostatečná kultura bezpečnosti v celém sektoru a nedostatečný výcvik.

Lze konstatovat, že na úrovni provozovatelů jsou požadavky řízení bezpečnosti často v krátkodobém a střednědobém horizontu v rozporu s jejich primárními cíli, protože se zaměřují především na zisky. S ohledem na dlouhodobý rozvoj, tj. i zachování konkurenceschopnosti v čase, se dnes ve velké míře zavádí systémy řízení rizik, orientované na prevenci ztrát na zisku. V důležitých oblastech je proto nutné, aby stát vynutil řízení rizik orientovat na prevenci ztrát na veřejných aktivech (životy a zdraví lidí, majetku, životního prostředí, veřejného blaha, infrastruktury a jiné) [2,6,8], a proto prosadil do praxe právní předpisy, které ukládají zvažování určitých rizik a příslušné vypořádání jistých rizik.

Pro zvýšení bezpečnosti přepravy nebezpečných látek je třeba zpracovat českou legislativu, která bude respektovat principy řízení rizik ve prospěch bezpečnosti, která je ve veřejném zájmu. Je třeba přesně stanovit odpovědnost veřejné správy za dohled nad bezpečností dopravy, protože jako správce státu musí zabezpečit ochranu veřejných aktiv a základní funkce státu. Je pochopitelně nutné zajistit, aby všichni účastníci dopravy, a zvláště přepravci nebezpečných látek dbali na bezpečnost v integrálním smyslu. Proto stát musí zajistit kvalitní dopravní výchovu, kvalitní vzdělávání aktivních účastníků a zajistit dohled nad dodržováním pravidel provozu na železnicích.

Jelikož na železnicích jsou kritická místa [20,26,36], tak hlavně pro přepravu nebezpečných látek je třeba zpracovat: plán řízení rizik pro případ dopravní nehody s nebezpečnou látkou; evakuační plán; a popř. krizový plán.

Literatura

- [1] PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKOVÁ, D. Criticality of Transportation Infrastructure in Czech Republic. IRICoN 2016. ISBN: 978-80-01-06022-3. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*. ISSN 2336-5382. 5 (2016), pp. 51-58.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza a řízení rizik*. Praha: ČVUT 2011, ISBN: 978-80-01-04841-2, 405p.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. Praha: ČVUT 2011, 483p.
- [4] BOSSEL, H. *Systeme, Dynamik, Simulation – Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme*. Books on Demand, Norderstedt/Germany, 2004 (ISBN 3-8334-0984-3) (www.libri.de).
- [5] UN. *Human Development Report*. New York 1994, www.un.org.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 978-80-01-06180-0, e-ISBN: 978-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D. *Study of Disasters and Disaster Management*. Praha: ČVUT 2013, ISBN: 978-80-01-05246-4, 202p.
- [8] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p
- [9] OECD. *Guidance on Safety Performance Indicators. Guidance for Industry, Public Authorities and Communities for developing SPI Programmes related to Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. OECD, Paris 2002, 191p.
- [10] EU. *Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2004/49/ES ze dne 29. dubna 2004: o bezpečnosti železnic Společenství a o změně směrnice Rady 95/18/ES o vydávání licencí železničním podnikům a směrnice 2001/14/ES o přidělování kapacity železniční infrastruktury, zpoplatnění železniční infrastruktury a o vydávání osvědčení o bezpečnosti*. In: Úř. věst. L 220. 2004. http://www.dicr.cz/uploads/dokumenty/2004_49.pdf
- [11] EU. *Nářízení Komise (ES) č. 352/2009 ze dne 24. dubna 2009: o přijetí společné bezpečnostní metody pro hodnocení a posuzování rizik, jak je uvedeno v čl. 6 odst. 3 písm. a) směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/49/ES*. In: Úřední věstník Evropské unie. 2009. http://www.mdcz.cz/NR/ronlyres/FCA4F75A-04B5-485F-A2CD-57F25CB17B9E/0/32009R0352hodnoceni_rizik.pdf
- [12] ČAS. *ČSN EN 50126-1 (333502). Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS): Část 1: Základní požadavky a generický proces*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [13] ČAS. *ČSN EN ISO 9001:2009 (01 0321). Systémy managementu kvality – Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2009.
- [14] ČAS. *ČSN EN 61511-1. Funkční bezpečnost - Bezpečnostní přístrojové systémy pro sektor průmyslových proces - Část 1: Požadavky na systémy hardwaru a softwaru, struktura, definice*. Praha: ÚNMZ, 2005.

- [15] ČAS. ČSN EN 61508-1 ed. 2 (180301). *Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností – Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [16] ČAS. ČSN EN 50129 (34 2680). *Drážní zařízení – Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat – Software pro drážní řídicí a ochranné systémy*. Praha: ÚNMZ, 2012.
- [17] ČAS. ČSN EN 50128 (342680). *Drážní zařízení - Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat - Software pro drážní řídicí a ochranné systémy*. Praha: ČNI, 2002.
- [18] ČAS. ČSN EN 50159 (342670). *Drážní zařízení - Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat*. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [19] EU. ARTEMIS Joint Undertaking - SESAMO Safety and Security Modelling. <http://sesamo-project.eu/>
- [20] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [21] ČAS. ČSN EN 62267:2009 (333532). *Drážní zařízení - Automatizovaná městská doprava s vyhrazenou vodící dráhou (AUGT) - Bezpečnostní požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2010.
- [22] ČAS. ČSN EN 62290-1:2006 (33 3530). *Drážní zařízení - Systémy řízení městské dopravy s vyhrazenou vodící dráhou: Část 1: Systémové principy a základní pojmy*. Praha: ČNI, 2007.
- [23] ČAS. ČSN ISO/IEC 15408 (369789). *Informační technologie – Bezpečnostní techniky – Kritéria pro hodnocení IT - Část 1: Úvod a všeobecný model*. Praha: ČNI, 2001.
- [24] ČR. Zákon č. 181/2014, o kybernetické bezpečnosti a o změně souvisejících zákonů (zákon o kybernetické bezpečnosti). *Sbírka zákonů 2014*. 2014. <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-181>
- [25] ČR. Zákon č. 183/2006, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). *Sbírka zákonů 2006*. 2006. <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>
- [26] KERTIS, T., PROCHÁZKOVÁ, D. Judgement of Conformity Level of Legislation with the Normative for Ensuring the Safety of Railway Systems from the Perspective of Integral Safety. In: *ExFoS 2017 - Expert Forensic Science 2017*. ISBN: 978-80-214-5459-0. Brno: VUT 2017, pp. 366-372.
- [27] EU. ARTEMIS Joint Undertaking - Integrated Design and Evaluation Methodology. In: *SESAMO: Security and Safety Modelling*. <http://sesamo-project.eu/sites/default/files/downloads/publications/integrated-design-and-evaluation-communication-material.pdf>
- [28] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. Praha: ČVUT 2011, ISBN: 978-80-01-04842-9, 369p.
- [29] ČVUT. *Archiv pohrom, havárií, selhání a jejich dopadů*. Praha: ČVUT 2018.
- [30] DRÁŽNÍ INSPEKCE ČR. *Archiv*. <http://www.dicr.cz>
- [31] www.google.com
- [32] www.railway-technology.com
- [33] www.revolvy.com

[34] *www.isdo.org*

[35] US DOT. *Railway Accident Reports*. <http://specialcollection.dot.library.dot.gov/Home>

[36] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., PATÁKOVÁ, H., PROCHÁZKA, Z., STRYMPLOVÁ, V. *Kritické vyhodnocení přepravy nebezpečných látek po pozemních komunikacích v ČR*. ISBN 978-80-01-05599-1. Praha: ČVUT 2014, 150p

Návaznost na výzkumné projekty: EU „FOCUS - Foresight Security Scenarios – Mapping Research to a Comprehensive Approach to Exogenous EU Roles“; grant ČVUT „OHK2-003/15, Řízení bezpečnosti a ochrana kritických objektů a kritických infrastruktur“; a projekt MŠMT „RIRIZIBE CZ.02.2.69/0.0/0.0/16 _018/000“. Autoři děkují všem zadavatelům uvedených projektů za vytvoření podmínek, které jim umožnily odbornou práci.

RIZIKA A JEJICH ŘÍZENÍ ZACÍLENÉ NA BEZPEČNOST MOSTŮ

SENSORS FOR ATMOSPHERIC CORROSIVITY MONITORING

SENZORY PRO MONITOROVÁNÍ KOROZNÍ AGRESIVITY ATMOSFÉRY

Katerina Kreislova¹⁾, Hana Geiplova²⁾, Zdenek Bartak³⁾

SVUOM Ltd

Abstract: Atmospheric corrosivity is classified according to ISO 9223. For determination and estimation of corrosivity category standardized approach are used. Monitoring of corrosivity with application of various sensors is modern trend. The paper gives results of verification of some types of sensors for this monitoring with standardized flat samples at atmospheric test sites in the Czech Republic. Monitoring corrosion rate and mapping the corrosivity become very important step in preventing corrosion failures in long-term atmospheric exposition.

Key words: atmospheric corrosion; corrosivity; sensors; verification of method.

Abstrakt: Korozní agresivita atmosféry je klasifikována podle ČSN ISO EN 9223. Pro stanovení a odvození stupně korozní agresivity jsou používány normované postupy. Moderním trendem je monitorování korozní agresivity s použitím senzorů. Příspěvek uvádí výsledky verifikace některých typů senzorů pro toto monitorování se standardními plochými vzorky na atmosférických stanicích v České republice. Monitorování korozní rychlosti a mapování korozní agresivity je velmi důležitým krokem pro prevenci korozního poškození při dlouhodobých atmosférických expozicích.

Klíčová slova: atmosférická koroze; korozní agresivita; senzory; verifikace metod.

1. Introduction

The safety of corroding steel bridges can be evaluated using models based on the probable rate and location of corrosion – atmospheric corrosivity. These corrosion predictions can be combined with structural analysis methods and estimate to determinate the statistics of resistance. As one of structural analytic method for determination actual corrosion rate in specific bridge area (microclimate) may be using of atmospheric corrosion sensors.

The corrosivity category is a technical characteristic which provides a basis for the selection of materials and protective measures in atmospheric environments subject to the demands of the specific application, particularly with regard to service life. Quantitative evaluation of the corrosiveness of the atmospheric environments is an extremely important issue for life

¹⁾ Ing., Ph.D., kreislova@svuom.cz

²⁾ Ing., geiplova@svuom.cz

³⁾ Bc., bartak@svuom.cz

estimation and maintenance control of structures [1,2]. Atmospheric corrosivity is classified according to ISO 9223 *Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification, determination and estimation*. For determination and estimation of corrosivity categories C1 to C5 and CX standardized approach are used. The corrosivity categories are determined by the one-year corrosion effects on standard specimens of structural metals.

An alternative approach is to use some type of sensors. Similarly, to the metal coupons, various types of sensor are used which provides continuous measurement of the corrosion rate of specific metal. As the study of using the electrochemical methods for determination of atmospheric corrosivity and long-term corrosion had been performed since 70ties of last century, these techniques are still limited for special application. A key question in the use of the electrochemical technique is relation between the measured electric parameter (current, resistance) and corrosion rate, respectively mass loss of metallic coupons/standard specimens. Electrochemical sensors make it possible to follow continuously the response of metals to the changes in atmospheric conditions. In last time there is an effort to implement some type of sensors into technical standard as common procedure for atmospheric corrosivity determination and monitoring. But there is missing verification of these measurements with standard ISO 9223 procedure.

2. Methods for determination of atmospheric corrosivity

2.1. Metal coupons

Metal coupons are used for atmospheric corrosivity estimation due to their quick response to the environment and their sensitivity. The standard method of determination of atmospheric corrosivity is based the exposure of standard specimens and their weight loss. This procedure is specified by ISO 9223 *Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification, determination and estimation* and now widely used around the world (Figure 1). Coupons are exposed to the environment for a period from 30 days to 1 year and thereafter they are analysed for the amount and type of corrosion products and corrosion mass loss.



Kopisty, Czech Republic



Canada



Hawaii, USA

Fig. 1. Standard exposure of metal coupon at atmospheric test sites.

The standard specimens (flat coupon, helix, etc.) can be installed also on various areas of structures as TV tower or bridge (Figure 2) to measure direct corrosion load on these areas. Evaluation may be done by visual comparison to etalon (copper, silver) or by gravimetric determination of mass loss. The minimal exposure period is 1 month for stable conditions or 1 year according to ISO 9223.

The main disadvantage of this method is that the relative long-term exposure (1 year). In case of corrosion rate study each coupon can be used for only one-time period corrosion rate determination, so that a considerable number of specimens is needed to determinate long-term corrosion rate.

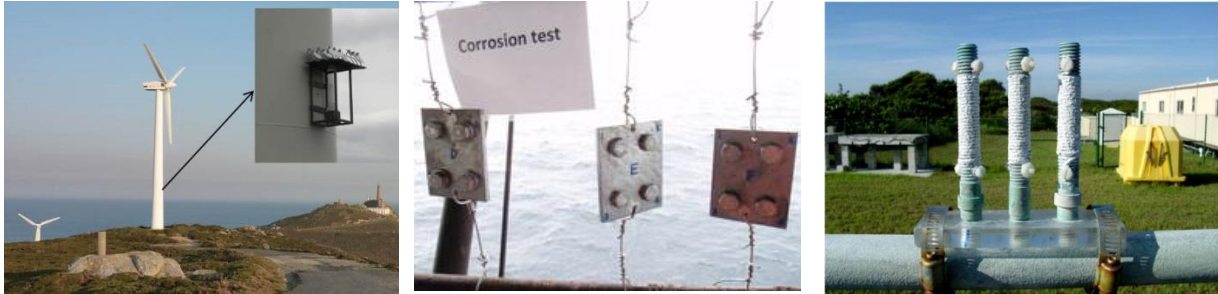


Fig. 2. Examples of standard exposure of metal coupon on steel structures.

Atmospheric corrosion is a very complicated nonlinear process; therefore, an accurate forecasting model usually cannot be set up through regression analysis from data obtained by coupon exposure. The multi-layered artificial neural network (ANN) may be used but this procedure requires large database. For CR there are large database for steel and zinc coupons available but the environmental changes occurred during last two decades change the corrosivity of atmospheres extremely.

2.2. Resistance sensors

The oldest type of sensors is electrical resistance probes [3,4]. Resistance sensor measurement method is based on the increasing electrical resistance of metallic materials as it is corroded (Fig. 3). The electronic unit measures the change of electrical resistance with time in a metal thread placed on an insulating substrate. As the corrosion reduces the cross section of the thread the electrical resistance increases. Decrease in thickness is estimated from the change in the electrical resistance of a sample of exposed metal as corrosion loss. Because this resistance can be measured continuously, the time dependence of corrosion process can be follow.

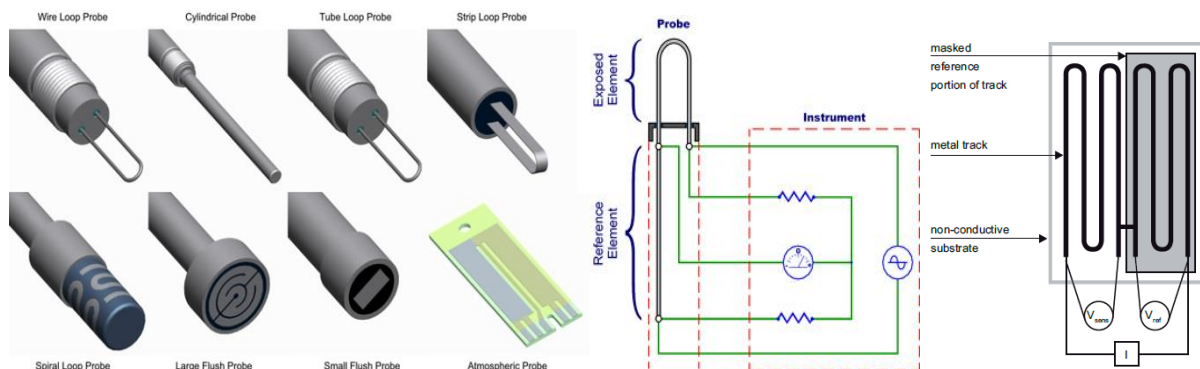


Fig. 3. Examples of resistivity sensors and principle of measurement.

The electrical resistance of a metal or alloy element is given by:

$$R = r \frac{L}{A}$$

where L is element length (m), A is cross sectional area (m²), and r is specific resistance (Ω.m). The corrosion rate of tested metal is calculated according to:

$$r_{corr} = \frac{\left(\frac{R_{exp}}{(R_{prot})_{exp}} \right) - \left(\frac{R_0}{(R_{prot})_0} \right) \cdot C \cdot \delta_{metal}}{t}$$

where r_{corr} is corrosion rate (mg/m².a),

R_{exp} is resistance of non-protected metallic path after exposure,

$(R_{prot})_{exp}$ is resistance of protected metallic path after exposure,

R_0 is resistance of non-protected metallic path before exposure,

$(R_{prot})_0$ is resistance of protected metallic path before exposure,

δ_{metal} is metal density (g/cm³),

C is constant (nm) ≈ thickness of protected metallic path,

t is exposure period (a).

The commercial sensors are available for various conditions – Fig. 4 [5]. Data on the sensor corrosion rate are available any time through GPRS connection or by a non-contact inductive reading without the need of retracting the logger from the exposure site.

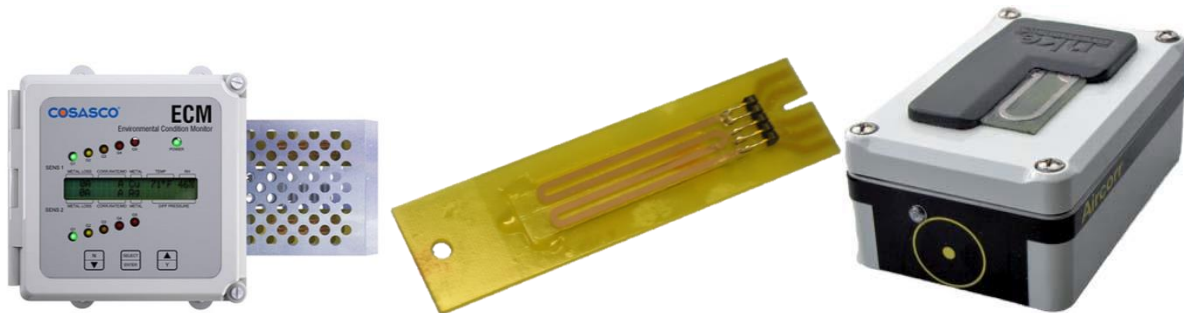


Fig. 4. Examples of commercial resistivity sensors.

The classification of atmospheric corrosivity according to ANSI/ISA-S71.04 *Environmental conditions for process and measurement and control systems: Airbone contaminants* is based on measurement by Cu and Ag resistivity sensors.

2.3. Galvanic current sensors

Galvanic couple-type sensors are commonly applied for the continuous monitoring of the corrosion environment.

Atmospheric Corrosion Monitoring (ACM) system technology uses Fe/Ag or Zn/Ag ACM galvanic current sensors for determination of the corrosivity of the environment, and for

indirect determination of the progress of corrosion at the sensor's location [6, 7]. If two species of metal (Fe/Ag), which are mutually insulated, are exposed to the atmosphere, a thin water film will form on the surface as a result of rainfall or condensation (Fig. 5). When the water film covers the two metals, an electrical cell is formed, and a current pass between the metals. The total electric charge given by integrating the galvanic current between two metals on the sensor has been compared with the rate of corrosion. It is possible to measure the corrosiveness of actual atmospheric environments by measuring and analysing this weak current.

The output of this coupled sensor can almost directly be used to estimate the corrosivity (Fig. 6). Based on the ACM measured values, the corrosivity of the environment is classified in 3 categories - Table 1 [8]. Typical values of galvanic current measured in Japan were 1,2 to 2,9 μA for coastal environment and 0,12 to 0,28 μA for urban environment.

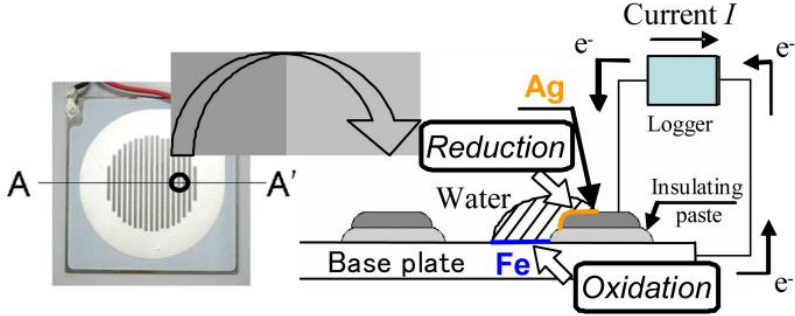


Fig. 5. Design and principle of ACM sensor.

Table 1 - ACM sensors classification

Corrosivity	Galvanic current (μa)
mild	< 0,01
rusty	0,01 - 0,1
aggressive	> 0,1

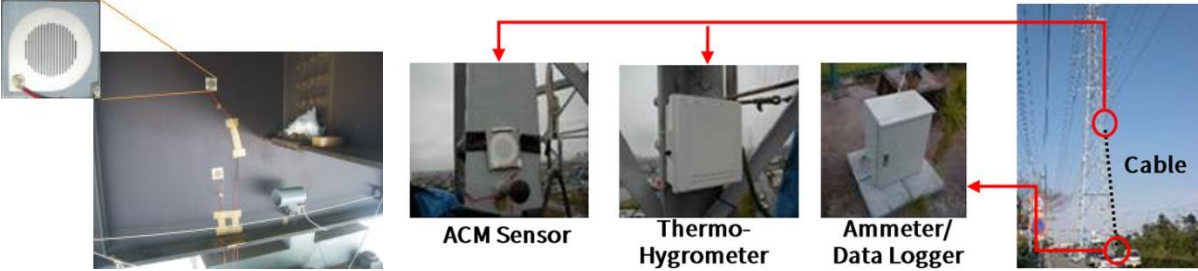


Fig. 6. Examples of application of ACM sensors.

2.4. Multi-sensors equipment

There are developed ANSI/NACE Standard TM0416-2016 *Test Method for Monitoring Atmospheric Corrosion Rate by Electrochemical Measurements*, now proposed as proposed as ISO/TC 156/WG 11 – NP 22858 which combines 3 methods of measurements (Fig. 7):

- two-electrode electrochemical impedance,
- zero resistance ammeter (ZRA),
- precision resistor current measurement techniques.

The commercially available equipment used sensors made as thin film/laminated electrodes (Fig. 8) which measure:

- free corrosion,
- galvanic corrosion,
- electrolyte conductance (contaminants),
- coating properties.

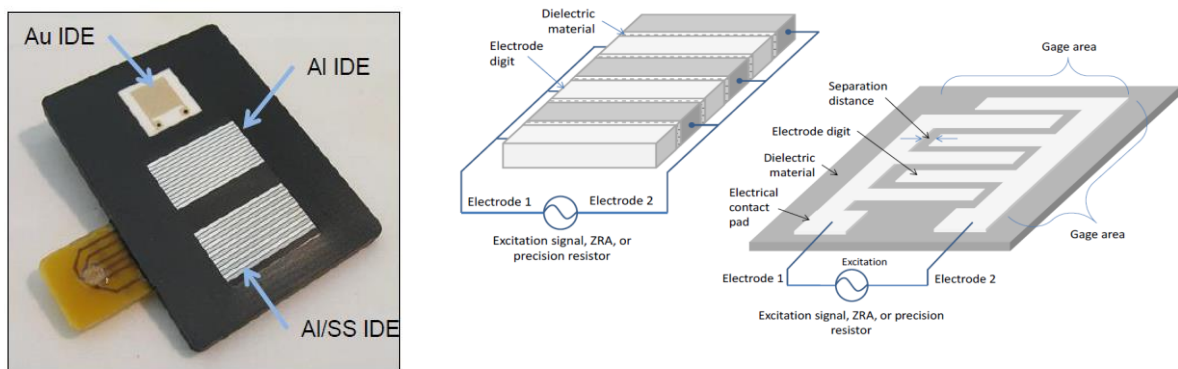


Fig. 7. Design and principle of multi-sensors.

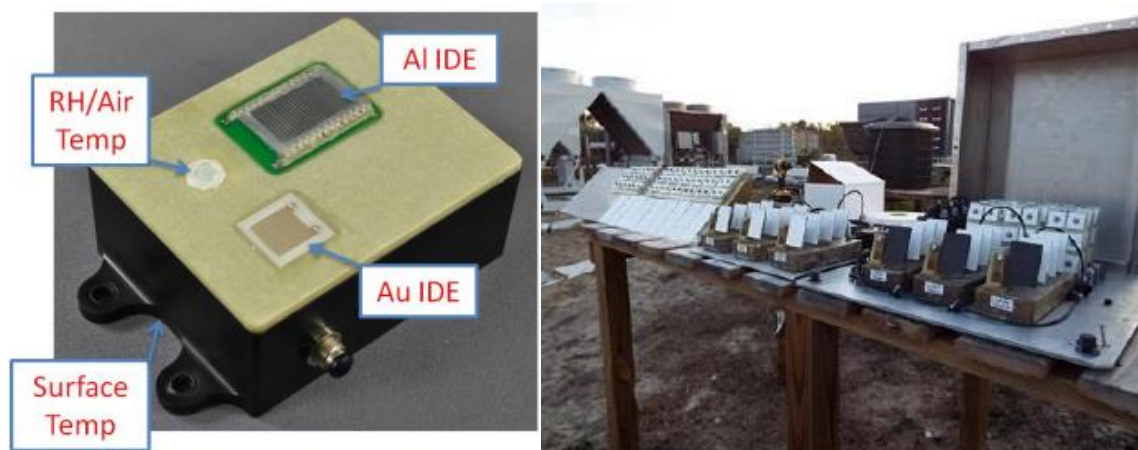


Fig. 8. Commercial available multi-sensors equipment.

These sensors are mainly used for measurement corrosion loss of aluminium alloys and their paints for aircraft application [9].

2.5. Atmospheric corrosion sensor based on strain measurement

The principle of ACSSM sensor that can measure the thinning of test piece based on the compressed after the deformation [10]. Based on the theoretical considerations, a test piece

and apparatus for an atmospheric corrosion sensor were designed (Fig. 9). The strain and thickness relationship as expressed by:

$$\varepsilon = -\frac{y}{2\rho}$$

where ε is strain (-), y is thickness of test piece (mm) and ρ is curvature of test piece (mm). If the corrosion occurred, the thickness of the test piece will decrease as Δy and with the assumption that $\rho \gg y$, the change in strain is expressed by:

$$\Delta \varepsilon = -\frac{\Delta y}{2\rho} \text{ and } \Delta y = -2\rho \cdot \Delta \varepsilon$$

Under the constant ρ , the change of the thickness of the test piece can be measured by the change in strain.

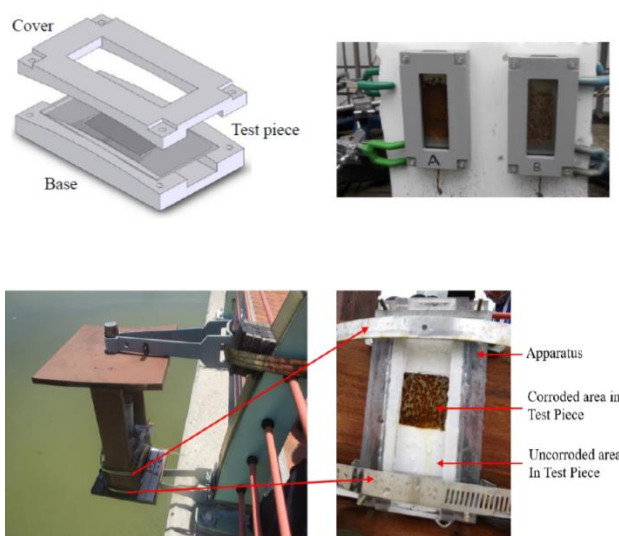


Fig. 9. Design and application of ACSSM sensor.

The survey of the most applied atmospheric corrosion sensors are given in Fig. 10. This survey does not cover all developed types.

3. Verification of atmospheric corrosion sensors

SVÚOM tests some type of atmospheric sensors on atmospheric test site in comparison with standard flat coupons/specimens to obtain verification of these methods. There are tested resistive sensors (Rohrback – Fe, Cu, Ag, etc.; AirCorr – Fe, Zn) and galvanic sensors (AMC – Fe, Zn).

SVÚOM monitored of atmospheric environment by resistivity sensors Rohrback in specials indoor environments:

- St. Vitus cathedral, Prague,
- Mining museum, Příbram,
- National museum, Prague,

- road tunnel Mrázovka, Prague.




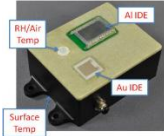

Sensor	Rohrback	AirCorr	ACM	LS2A	ACSSM
Design					
Metals	Fe, Cu, Ag	Fe, Zn, Cu, Ag, Sn, Pb	Fe, Zn	Al	Fe
Principle	resistive	resistive	Galvanic	multi measurement	strain measurement
electrode system	Me	Me	Me-Ag	Me-Au, Al-SS	-
applicable for structures	no	yes	Yes	no	Yes
corrosion rate	yes	yes	No	no	Yes
corrosion form	uniform	uniform	Galvanic	uniform galvanic	Uniform

Fig. 10. Basic data for atmospheric corrosion monitoring sensors.

The example of comparison of corrosivity measured by these sensors and standard flat coupons are given in Table 2 together with atmospheric corrosivity categories.

Table 2. Corrosion loss measured by various methods.

Locality	Corrosion of sensor (nm.a ⁻¹)		Corrosion of flat specimens (nm.a ⁻¹)	
	Fe	Cu	Fe	Cu
1 mine Ann	13/G1	67/G1	168/IC3 (C1)	29/IC3 (C1)

The Fe, Cu and Ag resistivity Rohrbach sensors had been used to measure atmospheric corrosivity in road tunnel Mrazovka in Prague. The sensors failed after 2, respective 9 months, in this very aggressive environment (Fig. 11). The flat coupons showed corrosivity categories C2 for steel and C4 for copper [11].

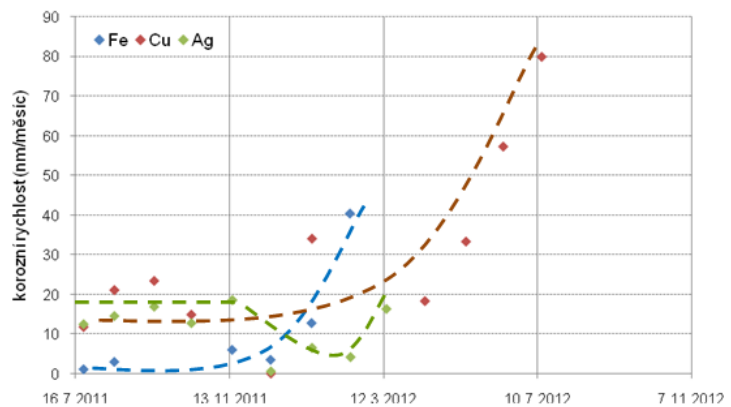


Fig. 11. Exposure and results of resistivity sensors' measurement in road tunnel.

Fe-ACM sensors were tested at Czech atmospheric test sites Prague and Kopisty in period 10/2013-10/2014 together with reference flat samples of carbon steel (monthly and yearly exposure) and measuring of environmental data – Table 3 and Fig. 12 [12]. The highest output from Fe-ACM sensors happen in rain period – Fig. 13.

Table 3. Results of measurement.

Locality	T (°C)	RH (%)	rain (h.a ⁻¹)	SO ₂ (µg.m ⁻²)	CL _{steel} (g.m ⁻²)	CL _{steel} (µm)	Fe-ACM (µA)
Praha	10,5	76	656	5,5	79 C2	10,1	1867,5
Kopisty	10,1	82	494	10,9	197 C3	25,1	54679,2

Since 2015 the resistivity sensors Fe-AirCorr, Zn-AirCorr and Fe-ACM and Zn-ACM sensors are exposed at test site Prague. The response of both sensors was similar – the measured output had been obtained during rain period – Fig. 14. The output from Zn-ACM sensor is higher (e.g. $0,60 \cdot 10^{-3} \mu\text{A}$) than from Fe-ACM (e.g. $0,47 \cdot 10^{-3} \mu\text{A}$) because galvanic current from cell Zn-Ag is higher than from cell Fe-Ag. The equation derived for relation between corrosion current and corrosion rate in other countries does not work in the Czech Republic.

For AirCorr sensors the sensitivity to rain occurrence is not so evident – Fig. 15. The records show the data from 09/2016 – month with the higher corrosion rate measured for both materials in the year 2016. The corrosion rate was measured practically in the same manner for both materials, but without any correlation to rain amount and duration.

In 2018 the AirCorr sensors were placed on steel bridge structures together with flat coupons to determinate corrosion rate of selected areas – Fig. 16. Project is ongoing and the data will be collect for next 2 years.

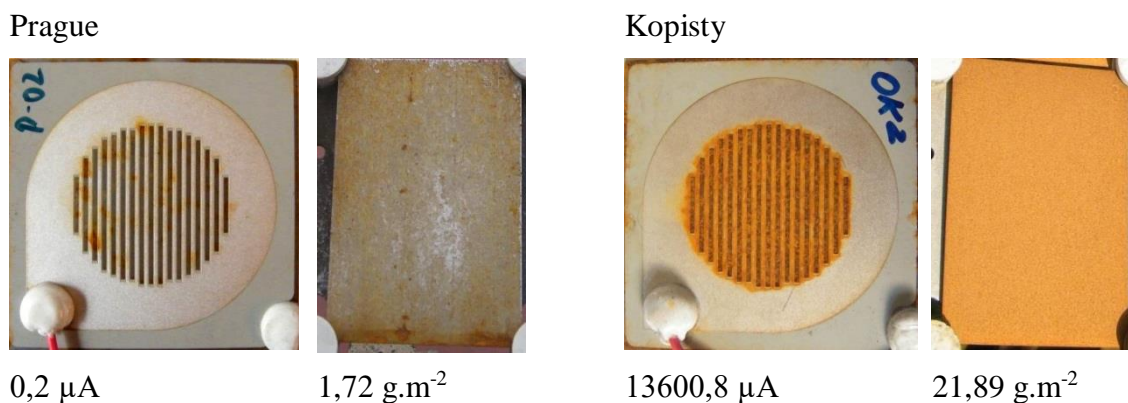


Fig. 12. The example of sensors and coupons after exposition in the same period.

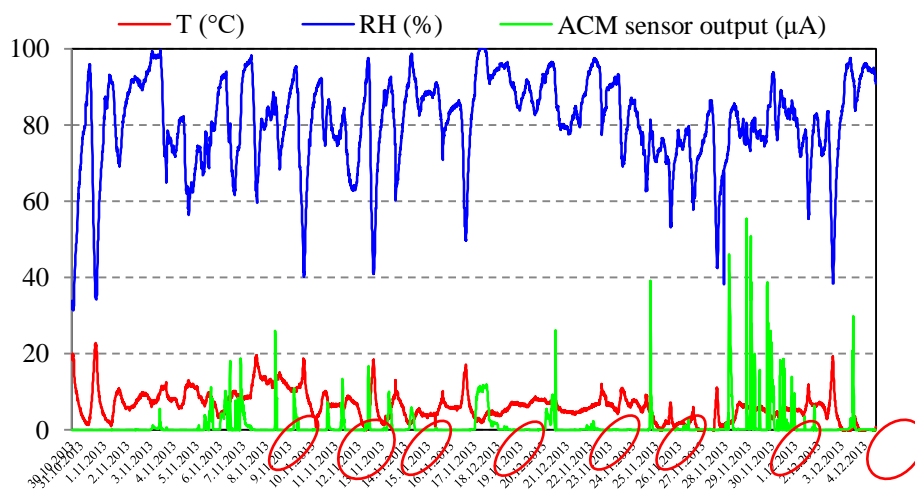


Fig. 13. Example of records of measured data (test site Kopisty, 11/2013).

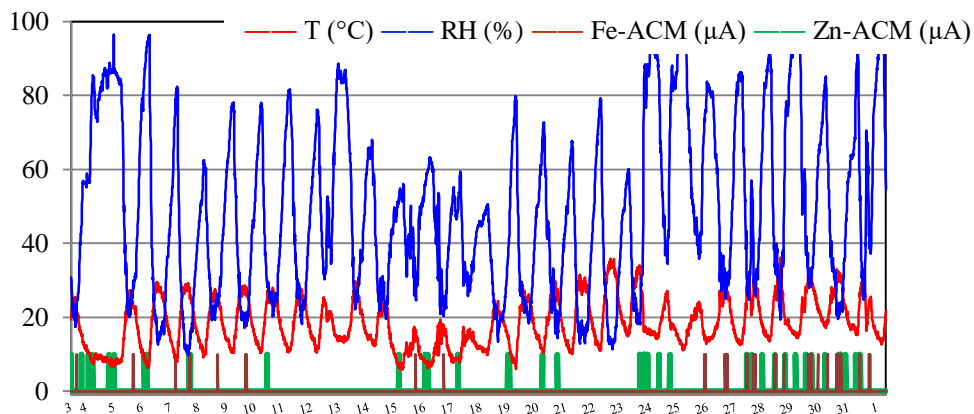
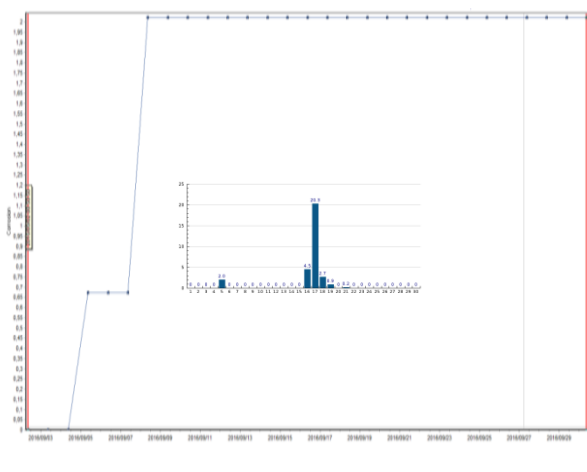


Fig. 14. Example of records of measured data (test site Prague, 5/2016).

Fe-AirCorr



Zn-AirCorr

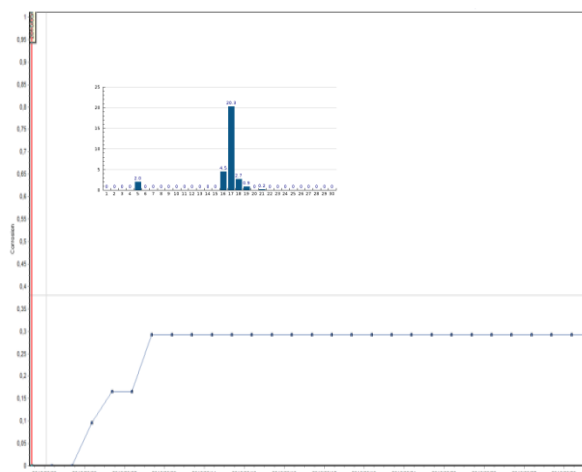


Fig. 15. Month (09/2015) records from Fe-AirCorr and Zn-AirCorr.

Table 4. Comparison of corrosion rate from standard exposure.

Methods	Corrosion loss r_{corr} ($\mu\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$)	
	carbon steel	zinc
standard specimen	7,0	0,4
ISO 9223 D-R calculation	17,8	1,2
Airr Corr sensor	8,8	1,7



Fig. 16. Example of flat coupons and Fe-AirCorr sensor on highway bridge.

4. Conclusion

Monitoring corrosion rate and mapping the corrosivity become very important step in preventing failures in long-term atmospheric exposition of steel structures.

Corrosion of steel bridge starts in case of deterioration/degradation of corrosion protection system (pain system, duplex system). The durability of corrosion protection system may be predicted according the atmospheric corrosivity of bridge microclimate and/or periodical control. If the corrosion protection system shows significant symptom of degradation it may be maintained. Repainting periods are provided for the maintenance of steel structures such as bridges because the deterioration of the paint coating can cause cross-sectional damage in steel members.

Atmospheric corrosion sensors may be used for continual monitoring of corrosion load of steel structures in specific areas. A sensor that is located on or adjacent to a structure that can be used to monitor the effect of environment on a structure or coating that is used to protect the structure. There are developed various types of sensors, but there are still missing long-term verification these sensors to be compared with exposure of standard corrosion coupons/specimens according to ISO 9223. This research is on-going projects in many countries including the Czech Republic.

References

- [1] HALAMA, M., KREISLOVA, K., LYSEBETTENS, J. V. Prediction of Atmospheric Corrosion of Carbon Steel Using Artificial Neural Network Model in Local Geographical Regions. *The Journal of Science and Engineering*. ISSN 0010-9312, 67, (2011), 6, pp. 1-6.
- [2] KREISLOVÁ, K. Comparison of methods for estimation of atmospheric corrosivity. In: *EUROCORR 2017*. Frankfurt: DECHEMA 2017.

- [3] MANSFELD, F. Monitoring of Atmospheric Corrosion Phenomena with Electrochemical Sensors, *J. Electrochem. Soc.*, 135 (1988), 6, pp. 1354-1358.
- [4] KcKENZIE, M., VASSIE, P. R. Use of weight loss coupons and electrical resistance probes in atmospheric corrosion tests, *Br. Corros. J.*, 20 (1985), 3, pp. 117- 124.
- [5] PROSEK, T., KOURIL, M., HILBERT, L. R. Real time corrosion monitoring in atmosphere using automated battery driven corrosion loggers, *Corrosion Engineering Science and Technology* 43(2008), 2, pp. 129-133.
- [6] MINESAWA, G.V., SASAKI, E. Multi-technology NDT inspection and monitoring of corrosion in steel bridge members. In: *Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers*, 2013.
- [7] FUSE, N., NAGANUMA, A., FUKUCHI, T., TANI, J., HORI, Y. Methodology to Improve Corrosion Rate Estimation Based on Atmospheric Corrosion Monitoring Sensors. *Corrosion*, 73 (2000), 2, pp. 199 – 209.
- [8] SASAKI, E., TANABE, A., MIKI, C., ITOKAZU S. Study on Performance Evaluation Method of Weathering Steels Based on Exposure Tests. In: *Proceedings of 11th Korea-Japan Joint Symposium on Steel Bridges*, 2011.
- [9] DEMO, J., ANDREWS, C., FRIEDERSDORF, F., A. Morgan, L. J. Deployment of a wireless corrosion monitoring system for aircraft applications. In: *Aerospace Conference 2013 IEEE*, pp. 1-10.
- [10] KASAI, N., HIROKI, M., YAMADA, T., KIHIRA, H., MATSUOKA, K., KURIYAMA, Y., OKAZAKI, S. Atmospheric corrosion sensor based on strain measurement. In: *Measurement Science and Technology*, 28 (2016), 1.
- [11] KREISLOVA, K., GEIPOVA, H., LICBINSKY, R., JEDLICKA, J., DOHNALEK, J. Degradation of construction materials in road tunnels. In: *Book of abstract 12th international conference Underground construction Prague 2013*, ISBN 978-80-260-3867-2.
- [12] KREISLOVA, K. Comparison of atmospheric corrosion of ACM sensors with standard flat specimens. In: *Proceedings of EUROCORR 2015. Frankfurt: DECHEMA 2015*.

Acknowledgment: This work was realized within the frame of the project MPO TA01031314 Operate methods for monitoring, prediction of bridge service life and safety bridges providing.

POŽADAVKY NA ROBUSTNOST STAVEB V SOUČASNÝCH PŘEDPÍSECH

REQUIREMENTS ON ROBUSTNESS OF STRUCTURES IN CURRENT PRESCRIPTIVE DOCUMENTS

Jana Marková¹⁾, Karel Jung²⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Přestože je robustnost konstrukce důležitým základním požadavkem na stavby, který by měl být pečlivě prověřen a pro konkrétní stavbu přiměřeně splněn, je tomuto požadavku v platných ČSN věnováno zatím jen málo pozornosti. Obdobně je tomu i v prováděcích vyhláškách jak ke stavebnímu zákonu, tak k zákonu o pozemních komunikacích. Proto je potřebné přijmout vhodná opatření, aby se do prováděcích vyhlášek požadavek na robustnost konstrukcí pozemních i inženýrských staveb skutečně operativně zavedl.

Klíčová slova: základní požadavky na stavby; robustnost konstrukcí; spolehlivost; hodnocení rizik; Eurokódy pro navrhování konstrukcí.

Abstract: Despite that robustness of structures is an important basic requirement on construction works which should be carefully analysed for each structural system, presently insufficiently attention is paid on this requirement in current European and Czech standards. Similar situation exists in operational regulations to building law and law on roads. It is therefore necessary to accept suitable measures to include requirement on robustness to construction works in the Czech Republic.

Key words: basic requirements on construction works; robustness of structures; reliability; risk assessment; Eurocodes for structural design.

1. Úvod

Základní požadavky na stavby jsou uvedeny ve stavebním zákonu [1], kde prvním požadavkem ze sedmi je „mechanická odolnost a stabilita“. V prováděcí vyhlášce 268/2009 [2] ke stavebnímu zákonu jsou tyto požadavky podrobněji rozvedeny a požadavek na zachování robustnosti (integritu) konstrukcí stavby uveden v bodě f):

„Stavba musí být navržena a provedena v souladu s normovými hodnotami tak, aby účinky zatížení a nepříznivé vlivy prostředí, kterým je vystavena během výstavby a užívání při řádně prováděné běžné údržbě, nemohly způsobit

¹⁾ doc. Ing., PhD., jana.markova@cvut.cz

²⁾ Ing., PhD., karel.jung@cvut.cz

- a) náhlé nebo postupné zřícení, popřípadě jiné destruktivní poškození kterékoliv její části nebo přilehlé stavby,
- b) nepřijatelné přetvoření nebo kmitání konstrukce, které může narušit stabilitu stavby, mechanickou odolnost a funkční způsobilost stavby nebo její části, nebo které vede ke snížení trvanlivosti stavby,
- c) poškození nebo ohrožení provozuschopnosti připojených technických zařízení v důsledku deformace nosné konstrukce,
- d) ohrožení provozuschopnosti pozemních komunikací a drah v dosahu stavby a ohrožení bezpečnosti a plynulosti provozu na komunikaci a dráze přiléhající ke staveništi,
- e) ohrožení provozuschopnosti sítí technického vybavení v dosahu stavby,
- f) porušení staveb v míře nepřiměřené původní příčině, zejména výbuchem, nárazem, přetížením nebo následkem selhání lidského činitele, kterému by bylo možno předejít bez nepřiměřených potíží nebo nákladů, nebo jej alespoň omezit,
- g) poškození staveb vlivem nepříznivých účinků podzemních vod vyvolaných zvýšením nebo poklesem hladiny přilehlého vodního toku nebo dynamickými účinky povodňových průtoků, případně hydrostatickým vztlakem při zaplavení,
- h) ohrožení průtočnosti koryt vodních toků, případně údolních profilů, mostů a propustků.“

Príspevek se zabývá požadavky preskriptivních předpisů na dosažení robustnosti konstrukcí včetně mostů a metodikou jejich dosažení.

2. Požadavek na robustnost konstrukcí v normách a předpisech

Robustnost je důležitým požadavkem, který je nezbytný v přiměřené míře uvážit při navrhování každé stavby. V Eurokódu ČSN EN 1990 [3] pro zásady navrhování pojem robustnost není přímo definován. V ČSN EN 1991-1-7 [4], který se zabývá mimořádnými zatíženími, se robustnost definuje jako schopnost konstrukce odolat nepříznivým jevům jako požár, výbuch, náraz nebo následek lidské chyby, aniž by tím nastalo porušení nepřiměřené původní příčině.

V ČSN EN 1991-1-7 [4] jsou doporučeny základní postupy, jak navrhovat konstrukce s ohledem na dosažení přiměřené úrovně robustnosti. Předpokládá se, že konstrukce může být během své životnosti ohrožena mimořádnými zatíženími. Zdroje těchto zatížení jsou buď známy, pak se konstrukce na tato zatížení může navrhnout, popř. velikost těchto zatížení lze vhodným způsobem omezit. Pokud zdroj mimořádného zatížení není předem znám, může být požadavek na zajištění alespoň minimální úrovně odolnosti. V ČSN EN 1991-1-7 [4] jsou uvedeny postupy a konstrukční opatření, jak pro různé typy konstrukcí tyto požadavky splnit. Stavby jsou v Eurokódech kategorizovány do tří tříd CC1 až CC3 (CC - Consequence Class) podle možných následků poruchy. Pro třídu obvyklých následků se pro pozemní stavby zavedly dvě podtřídy CC2a a CC2b. Pro mosty však obdobná kategorizace v Eurokódech dosud chybí, základní informace lze nalézt v ČSN 73 0038 [5].

V právě dokončovaném, revidovaném prEN 1990 [6] pro zásady navrhování konstrukcí, připravovaném v rámci dalšího rozvoje Euro kódů, jsou požadavky na robustnost podrobněji uvedeny v kapitole 4 a pro pozemní stavby také v informativní příloze E. Zde se robustnost uvádí v souvislosti s trvalou (popř. také dočasnou) návrhovou situací. Předpokládá se, že zásady pro dosažení robustnosti mostů budou ještě podrobněji uvedeny v nové normativní příloze A.2. Robustnost pro mimořádné situace by měla být nadále součástí EN 1991-1-7 [4]. Bylo rozhodnuto, že projektový tým, který měl mandát na přípravu pokynů o robustnosti do

nových Eurokódů, zpracuje výzkumnou zprávu JRC, ve kterém se podrobněji vysvětlí, jak dosáhnout požadované robustnosti staveb.

Důvodem, proč požadavky na robustnost nebudou podrobněji zahrnuty pro různé typy staveb do normativní části prEN 1990 [6] pro zásady navrhování, je obava, že projektant není schopen zohlednit v návrhu veškeré požadavky na robustnost, a tedy by zodpovídal za širokou škálu možných následků. Kromě toho zde hrozilo nebezpečí, že stavby budou významně neekonomické. Proto se členské země CEN dohodly, že základní požadavek na robustnost staveb nebude podrobněji do prEN 1990 [6] pro zásady navrhování zaveden. Pokud o to bude zájem, lze takový požadavek podrobněji zpracovat v preskriptivním dokumentu na národní úrovni, u nás např. v ČSN.

Požadavky na robustnost staveb jsou v ČR také uvedeny v ČSN ISO 2394 [7], která však byla u nás zavedena pouze v anglickém znění. Pokyny o robustnosti konstrukcí jsou obsaženy v základní kapitole 4 této normy a podrobněji rozvedeny v její informativní příloze E. Jsou zde uvedeny pokyny, jak stanovit robustnost konstrukcí na základě analýz a hodnocení rizik.

V současnosti české technické normy ČSN nejsou u nás závaznými dokumenty pro navrhování konstrukcí. Za určitých podmínek se mohou stát závaznými, např. rozhodnutím zodpovědných státních úřadů nebo na smluvním podkladě mezi dodavatelem a odběratelem.

Prováděcí vyhláška 268/2009 [2] ke Stavebnímu zákonu [1] požaduje splnit normové hodnoty, které zahrnují konkrétní technický požadavek, zejména limitní hodnotu, návrhovou metodu, národně stanovené parametry, technické vlastnosti stavebních konstrukcí a technických zařízení, obsažený v příslušné české technické normě, jehož dodržení se považuje za splnění požadavků konkrétního ustanovení této vyhlášky. Vyhláška [2] se uplatňuje pro pozemní stavby. Poznamenáme, že tato vyhláška však neplatí pro Prahu, kde se uplatňují tzv. Pražské předpisy [8]. Ty se neodvolávají na normové hodnoty, avšak na celé normy. Dochází tak vcelku ke zbytečné nekonzistenci našich předpisů v rámci ČR.

V případě mostů, tunelů a dalších stavebních objektů na pozemních komunikacích (PK) jsou požadavky na bezpečnost staveb uvedeny v Zákoně o pozemních komunikacích [4] a v jeho prováděcí vyhlášce [10]. Jsou zde požadavky o nezbytnosti splnit tyto základní požadavky na stavby na základě ČSN a dalších předpisů, není zde již uveden odkaz na normové hodnoty. Zákon o pozemních komunikacích se odvolává na vyhlášku [10], kde v příloze 9 je uveden rozsah a obsah projektové dokumentace staveb dálnic, silnic, místních komunikací a veřejně přístupných účelových komunikací (dále jen pozemních komunikací) pro provádění stavby.

Projektová dokumentace pro provádění stavby pozemních komunikací určuje požadavky na stavbu z technických a výsledných kvalitativních hledisek. Musí být vypracována do podrobností, které jednoznačně vymezují předmět díla, tj. stavbu, její technické vlastnosti a umožňují vyhotovit soupis prací jako podklad pro ocenění zhotovení stavby.

České technické normy, technické podmínky a další dokumenty vydávané a schvalované MD se pak uplatňují při navrhování a provádění mostů, tunelů a dalších stavebních objektů na PK na smluvním podkladě, tím dochází k jejich zezávazňování pro konkrétní stavbu.



3. Robustnost v prenormativním výzkumu


Robustností staveb se zabývalo seskupení univerzit a výzkumných ústavů, které byly podporovány v rámci Akce COST TU0601 [11], které se také účastnil Kloknerův ústav ČVUT v Praze. Výsledky této Akce byly využity jako podkladový materiál pro přípravu

doporučení do revidovaného prEN 1990 [6], který se připravoval v rámci projektového týmu v rámci přípravy 2. generace Eurokódů.

Příklad možného scénáře při analýzách robustnosti mostu na základě konečné zprávy Akce COST TU0601 [11] jsou uvedeny v tabulce 1. Systém v této tabulce může být vystaven různým nebezpečím, která zahrnují náraz vozidla, výbuch, náraz plavidla nebo vozidla, ale také možné agresivní prostředí jako rozmrazovací sole, působení deště, vodních proudů a oxidů uhlíku. Zranitelnost konstrukce je popsána úrovní porušení nosných prvků vlivem některého typu nepříznivé události. Při hodnocení robustnosti je potřebné uvážit všechny příslušné expozice konstrukčního systému a okamžité scénáře porušení. Analyzuje se, jak by měla být optimálně konstrukce navržena, aby působením nepříznivých scénářů nastalo nanejvýš jen její částečné porušení.

Tabulka 1. Příklad ilustrace systému při pravděpodobnostní analýze rizik robustnosti mostu.

Scénář	Charakteristiky	Indikátory	Možné následky
	<ul style="list-style-type: none"> - povodeň - náraz vozidla - náraz plavidla - exploze/ požár - seismičita - extrémní vítr - zatížení dopravou - rozmrazovací prostředky - voda - karbonatace - oxidy uhlíku 	<ul style="list-style-type: none"> - funkčnost - lokalita stavby - prostředí - návrhová životnost - význam pro společnost 	
	<ul style="list-style-type: none"> - překročení pevnosti materiálu - nadměrné trhliny - únava, eroze - koroze 	<ul style="list-style-type: none"> - návrhové normy - směrná spolehlivost - stáří konstrukce - materiály - degradace 	<p>přímé následky:</p> <ul style="list-style-type: none"> - na opravu - zmenšená použitelnost - menší rozsah škod na lidském zdraví - malé socio-ekonomické následky - malé poškození

	<ul style="list-style-type: none"> - ztráta provozuschopnosti - úplný nebo částečný kolaps 	<ul style="list-style-type: none"> - duktilita - charakteristiky spojů - statická neurčitost - segmentace, - monitorování - připravenost na vznik nepříznivé události 	<p>prostředí</p> <p>nepřímé následky:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hledisko dopravy - ekonomické následky - sanace prostředí
---	--	---	--

Návrhové metody doporučené pro zajištění zvýšené robustnosti stavby jsou uvedeny v tabulce 2 na základě kategorizace stavby do příslušné třídy následků podle prEN 1990 [6].

Tabulka 2. Indikativní metody pro zvýšení robustnosti konstrukce podle prEN 1990 [6].

Třídy následků pro pozemní stavby	Návrhové metody
CC1	Nejsou potřebné návrhové metody pro zvětšení robustnosti
CC2	<p>Pokud je to specifikováno odpovědným úřadem nebo odsouhlaseno pro jednotlivý projekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - navržení vodorovných táhel pro zajištění integrity a duktility - navržení vodorovných táhel a svislých pro zajištění integrity a duktility a alternativní přenos zatížení - navržení vybraných komponent jako klíčových prvků
CC3	<p>K požadavkům požadovaným pro třídu CC2 navíc uvážit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - možné iniciační zdroje poruch - propagaci poruch - výsledné následky - tam, kde je to potřebné, analyzovat rizika

Robustnost staveb lze navrhovat nebo ověřovat na základě zvolených konstrukčních opatření, popř. provádět analýzu na základě metod běžně uvedených v Euro kódech, nebo s použitím metod hodnocení rizik. Pro stanovení míry robustnosti lze např. použít ukazatel robustnosti, kde postup jeho stanovení uvádí ČSN ISO 2394 [10].

4. Faktory ovlivňující robustnost konstrukce

Robustnost konstrukce lze ovlivnit výběrem materiálových vlastností nosných prvků (pevnost, duktilita, tuhost), volbou nosného systému, způsobem přenosu zatížení a možnostmi náhradního přenosu zatížení, odolností vůči progresivnímu zřícení a dalšími faktory. Některé z těchto faktorů jsou v následujícím textu popsány.

4.1. Pevnost

Zvýšení pevnosti bývá v mnoha případech nejúčinnějším i nejekonomičtějším řešením pro dosažení větší robustnosti konstrukce. Jestliže se např. v konstrukci používají prvky z křehkých materiálů nebo štíhlé tlačené prvky, je potřebné tyto prvky zabezpečit vůči přetížení, např. zvýšením materiálové pevnosti klíčových prvků.

4.2. Celistvost konstrukce

Pojem celistvost konstrukce se v dřívějších předpisech definoval často různě, aniž by se přesněji vysvětloval. Při navrhování existujících konstrukcí se často předpokládalo, že konstrukce nemusí mít příliš velkou odolnost vůči vodorovným silám a postačuje dostatečná odolnost vůči svislým silám. Problémem však bylo v některých případech zatížení extrémním větrem, některé typy mimořádných zatížení a zatížení seizmická.

Při obvyklém návrhovém postupu se předpokládá, že každá konstrukce, pokud není záměrně oddělená dilatačními spárami, působí jako určitý celek, kdy rozdíly v posuvech a deformacích jednotlivých částí jsou přiměřeně malé, aby nedocházelo k poruchám. Vodorovné síly vyvolané zatíženími se mohou přenášet účinným systémem ztužení prostřednictvím diafragmat v úrovních stropních a střešních konstrukcí. Celý nosný systém musí mít dostatečnou odolnost, důležité jsou správně řešené vzájemné spoje nosných prvků (se zvláštním zřetelem u montovaných nebo prefabrikovaných konstrukcí), aby byl zajištěn přenos jednotlivých typů zatížení.

4.3. Sekundární nosné prvky

Konstrukční systém je vhodné navrhnout tak, aby ztráta jedné podpěry (sloupu, pilíře) nezpůsobila rozsáhlý kolaps celé konstrukce a nastaly pouze určité deformace vodorovných nosných konstrukcí, došlo ke vzniku plastických kloubů a k redistribuci zatížení. Než se ztrátou podpěry, je v některých případech ekonomičtější raději počítat s návrhem takového pilíře, který mimořádné zatížení přeneseme (např. mimořádný náraz do mostního pilíře). V některých případech se proto navrhuje sekundární nosný systém, který zajišťuje přenos mimořádných zatížení a pomáhá primárnímu nosnému systému odolávat nepříznivým účinkům. Primární prvky však musí být dostatečně únosné, aby po mimořádné události, kdy nastaly velké deformace sekundárních prvků, nedošlo ke zřícení celé konstrukce.

4.4. Vícečetný přenos zatížení

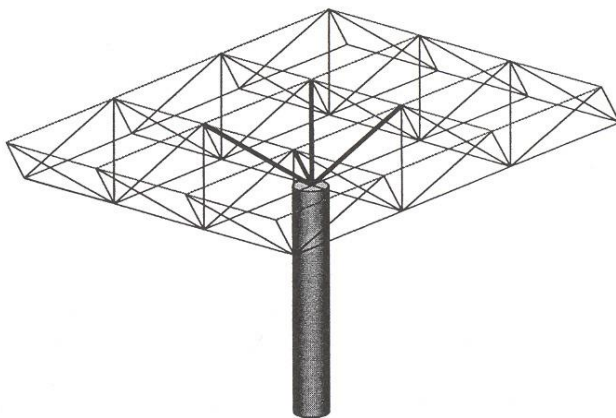
Konstrukční systém lze navrhnout tak, aby se při nehodovém porušení některého z nosných prvků zatížení přerozdělila do dalších prvků. Musí se splnit následující hlediska:

- zbývající nosné prvky musí být dostatečně pevné, aby po nehodovém odstranění určitého nosného prvku odolaly účinkům zatížení
- nosné prvky přetížené po nehodové události musí mít schopnost deformací, aniž by tím došlo ke ztrátě jejich odolnosti
- musí být k dispozici nosné prvky, které zajistí přenos zatížení z porušených prvků do dalších neporušených prvků
- zbývající nosné prvky musí zajistit funkci porušených prvků tak, aby se zachovala mechanická stabilita konstrukce.

Pozornost je potřebné věnovat případům, kdy vícečetný přenos zatížení, v němž jsou také zahrnuty nosné prvky z křehkých nebo málo přetvárných materiálů, může vést k progresivnímu zřícení celé konstrukce.

Příkladem jsou velkorozponové konstrukce hal, kde působením agresivního prostředí, např. chloridů, vlhkosti i rozdílných teplot, dochází ke korozi výztuže, a tedy také k rychlé ztrátě odolnosti konstrukce vůči zatížením a nepříznivým vlivům prostředí. Důlková koroze nemusí být včas rozpoznána a korozi oslabená výztuž nepřenesla zvýšené zatížení (např. zvýšený spád sněhu), což může vést k náhlému zřícení celé konstrukce. Pokud by byla výztuž dostatečně duktilní, pak by důlková koroze některého z výztužných prutů vedla pouze k přerozdělení zatížení a nenastal by progresivní kolaps celé konstrukce.

Na obrázku 1 je znázorněn styčník prostorové ocelové příhradové konstrukce, který umožňuje vícečetný přenos zatížení do sloupu. Tato příhradová konstrukce je obvykle tvořena štíhlými prvky (válcovanými profily, trubkami), které jsou vzájemně spojeny ve styčnicích. Tlačené prvky mají charakter křehkého chování (dochází ke ztrátě odolnosti vlivem vzpěru), zatímco tažené prvky mají duktilní charakter se schopností plastifikace. Problémem mohou být vlastní styčníky, kterým je potřebné při navrhování věnovat dostatečnou pozornost. Ve styčnicích totiž dochází k oslabení průřezů vlivem spojovacích prostředků, ke vzniku pnutí vlivem svařování, projevuje se jakost provedení svarů, jejich typy nebo uspořádání (přednost by se měla dát svarům oboustranným před jednostrannými). Koncové průřezy nosných prvků mohou být méně únosné a mohou vést k porušení dříve, než se dosáhne vyčerpání předpokládané únosnosti daného prvku. Nedostatečná odolnost styčníku může vést ke kolapsu, přestože příhradová konstrukce v okolí styčníku zajišťuje vícečetné způsoby přenosu zatížení.



Obr. 1. Styčník ocelové příhradové konstrukce stavby.

Ve styčnicích dochází k lokálnímu oslabení průřezů, a i když jsou připojované nosné prvky duktilní, může nastat křehký lom a následné zřícení konstrukce. Při mnohočetném opakování zatížení může dojít ke snížení duktility a pevnosti i u velmi odolných materiálů. S možností únavy materiálu je potřebné při navrhování nebo ověřování konstrukce počítat.

4.6. Duktilita a křehkost materiálů

Pozornost je potřebné věnovat výběru materiálů z hlediska jejich vlastností. Duktilitou materiálu se obvykle rozumí poměr mezi celkovou maximální deformací a maximální pružnou deformací. Za maximální přijatelnou deformaci se obvykle považuje u konstrukce taková deformace, kdy má ještě konstrukce přijatelnou míru odolnosti. V tabulce 3 jsou pro porovnání uvedeny stupně duktility vybraných materiálů.

Tabulka 3. Stupně duktility pro běžné stavební materiály.

Typ konstrukčního materiálu	Duktilita
Měkká ocel, hliníkové slitiny	přes 10
Vysoko pevnostní ocel	5 až 20
Železobeton	1 až 10
Dřevo	1 až 3
Kámen, zdící prvky	1 až 2
Beton	1 až 2
Vysoko pevnostní beton	1 až 1,5
Sklo, obkladové materiály	1

4.7. Progresivní kolaps

Při navrhování konstrukce je potřebné ověřit její chování, aby nebyla náchylná na progresivní kolaps. Příkladem mohou být příhradové stožáry vysokého napětí, které jsou ohroženy kombinací zatížení námrazou a větrem, pro které nejsou dosud v Euro kódech doporučeny vhodné výpočetní modely. Zde je důležité zajistit, aby případné zřícení jedné podpěry nevedlo ke zřícení celého systému stožárů.

Dalším příkladem je aplikace křehkých materiálů na střešních konstrukcích (např. skleněných ploch, aramidových vláken, různých typů textilií). Jako příkladem nevhodného výběru materiálů je střešní konstrukce montrealského stadiónu, která se zřítla dokonce dvakrát, jednou vlivem větru a podruhé nadměrným nahromaděním sněhu.

V případě aplikace křehkých materiálů na nosných částech střešní konstrukce je potřebné zajistit celistvost konstrukčního systému prostřednictvím táhel nebo jiných spojovacích článků.

4.8. Hledisko tuhosti konstrukce

V obvyklých případech se musí velikost deformací nosných prvků omezit, neboť by se tím mohla ohrozit robustnost konstrukce, která by se mohla zřítit vlivem nestability (např. vliv účinků druhého řádu). Tuhost je nepřímo úměrná k deformacím. Z hlediska kritérií robustnosti se tuhost snižuje vzrůstajícím zatížením. Tím vzniká problém při řešení náhradních způsobů přenosu zatížení konstrukčním systémem, ve kterém mají prvky různé tuhosti. Proto se při navrhování konstrukce na některé typy zatížení volí primární a sekundární nosný systém, kdy se jeden nosný systém chová jako tuhý (např. smykové stěny o omezené duktilitě), další pak jako ohybově odolný se zvýšenou duktilitou, avšak s nižší celkovou smykovou tuhostí.

4.9. Monitorování, kontrola jakosti a preventivní opatření

Pro vyloučení nebo omezení různých chyb a nedostatků týkajících se také robustnosti konstrukce jsou potřebné pravidelné inspekce a různé typy monitorování. V případě, že se zjistí nedostatky závažnějšího charakteru, jako je např. nadměrný průhyb nebo přítomnost trhlin, pak je nezbytné provést průzkum a hodnocení stavu konstrukce. Základní postupy pro hodnocení existujících konstrukcí jsou uvedeny v normě ČSN ISO 13822 [12]. Celý proces hodnocení může vést k nápravným opatřením, jako je oprava nebo zesílení nosné konstrukce.

Poznamenáme, že preventivním opatřením může být také kontrola velikosti zatížení, kdy např. u zatížení sněhem se může zajistit monitorování sněhové pokrývky. Po dosažení určité hranice se pak musí přistoupit k odstraňování sněhu. Dalším opatřením může být instalace zařízení pro aktivní odtávání sněhu, kdy je také důležité zabezpečit účinné odtékání roztáté vody tak, aby nedocházelo k jejímu nebezpečnému hromadění na postupně se prohýbající střešní konstrukci. V případě zatížení mimořádným nárazem např. od vysokozdvizného vozíku nebo nákladního vozidla je vhodné konstrukci chránit svodidlem nebo jiným zabezpečovacím zařízením, které pohltí alespoň část nárazové energie. Do konstrukce se mohou také zabudovat různá zařízení pasivního nebo aktivního charakteru, která indikují překročení určité hranice zatížení.

5. Závěrečné poznámky

Robustnost je základní vlastností každé stavby, která by se měla při navrhování ověřit s přihlédnutím ke třídě spolehlivosti konstrukce a k možným následkům poruchy. Konstrukce musí být navržena tak, aby měla dostatečnou úroveň spolehlivosti vůči různým předvídatelným typům zatížení. Měla by však mít určitou schopnost přenést i předem méně očekávané účinky zatížení, aniž by tím došlo k jejímu poškození v míře nepřiměřené původní příčině.

Robustnosti konstrukce lze dosáhnout kombinací různých opatření, které umožňují zajistit její prostorovou tuhost a stabilitu. Důležitý je výběr vhodných materiálů s přihlédnutím ke konkrétním podmínkám, správné provedení konstrukčních detailů a zajištění možností alternativních způsobů přenosu zatížení při nehodovém odstranění nosného prvku. Těžko proveditelným konstrukčním detailům je vhodné se vyhnout. Klíčové nosné prvky je vhodné navrhnout na vyšší úroveň spolehlivosti, než na kterou jsou navrženy ostatní nosné prvky. Důležitá je kontrola při provádění, zabezpečovací a ochranná opatření a systém pravidelných prohlídek v průběhu návrhové životnosti stavby.

Přestože je robustnost konstrukce důležitým základním požadavkem na stavby, který by měl být pro stavbu pečlivě analyzován a pro konkrétní stavbu přiměřeně splněn, je tomuto požadavku v platných ČSN věnováno zatím jen málo pozornosti. Obdobně je tomu i v prováděcích vyhláškách jak ke stavebnímu zákonu, tak k zákonu o pozemních komunikacích.

Proto je potřebné přijmout vhodná opatření, aby se do prováděcích vyhlášek požadavek na robustnost konstrukcí pozemních i inženýrských staveb skutečně operativně zavedl.

Literatura

- [1] ČR. *Zákon č. 183, 2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu*, znění č. 169/2018 Sb.
- [2] MMR ČR. *Vyhláška č. 268/2009 o technických požadavcích na stavby, 2009, znění č. 323/2017 Sb.*
- [3] ČAS. *ČSN EN 1990 ed. 2 Eurokód: Zásady navrhování*, 2012
- [4] ČAS. *ČSN EN 1991-1-7 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení - Mimořádná zatížení*, 2007
- [5] ČAS. *ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení*, 2015
- [6] CEN. *prEN 1990 Eurocode: Basis of Design*, final draft, 2018
- [7] ČAS. *ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí*, 2016
- [8] MAGISTRÁT hl. m. PRAHA. *Nářízení č. 10/2016 Sb. hl. m. Prahy - nařízení, kterým se stanovují obecné požadavky na využívání území a technické požadavky na stavby v hlavním městě Praze (Pražské stavební předpisy)*
- [9] ČR. *Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, znění k 10/2018*
- [10] MD ČR. *Vyhláška č. 208/2018 Sb., kterou se mění vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů*
- [11] FABER, M. *Robustness of Structures, Final report of Cost Action TU0601*, ČVUT v Praze, 2011
- [12] ČAS. *ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*, 2015

Poděkování: Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu FV20585 „Operativní metody monitorování a predikce životnosti mostů“ podporovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR.

RELIABILITY ANALYSIS OF IMPACTS DUE TO THE ROAD VEHICLES

ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI PŘI NÁRAZECH ZPŮSOBENÝCH SILNIČNÍMI VOZIDLY

Jana Marková¹⁾, Michal Kalinský²⁾

¹⁾ ČVUT v Praze

²⁾ TÜV-SÜD Czech, s.r.o.

Abstrakt: Analýza spolehlivosti železobetonového mostního pilíře, vystaveného náhodnému nárazu, je založena na pravděpodobnostních metodách. V analýze mimořádného zatížení nárazem silničních vozidel jsou běžně zohledněny zásady Eurokódů a doporučení uvedené JCSS. Ukazuje se, že spolehlivost mostního pilíře navrženého podle Eurokódů pro trvalou návrhovou situaci je dostatečná. Avšak pravděpodobnost selhání pilíře při náhodném nárazu je poměrně vysoká. Zejména pro případy nárazů těžkými vozidly na komunikacích dálničního typu. Přesto je tato pravděpodobnost selhání konstrukce stále v rámci přijatelného rozmezí doporučeného evropskými dokumenty.

Klíčová slova: mostní pilíř, úroveň spolehlivosti, náhodný náraz.

Abstract: Reliability analysis of a reinforced concrete bridge column exposed to accidental impact is based on probabilistic methods. Principles of Eurocodes and recommendations given in JCSS Probabilistic Model Code are considered in the analysis of accidental design situation due to an impact caused by road traffic under the bridge. It is shown that the reliability of the bridge column designed according to Eurocodes at persistent design situation is sufficient. Probability of the column failure given an accidental impact seems to be relatively high for highways and road traffic, nevertheless, within the acceptable range recommended by the European documents.

Key words: bridge column, reliability level, accidental impact.

1. Introduction

Bridges and other structures located in the vicinity of highways and roads may be endangered by the impact of a heavy car. The response of the structure subjected to impact load is a complicated highly non-linear process since large displacements, deformations, non-linear

¹⁾ Doc., Ing., Ph.D., jana.markova@cvut.cz

²⁾ Ing., Michal.Kalinsky@tuv-sud.cz

material behaviour and contacts with friction are likely to occur. In common cases, for structural design the impact is represented by an equivalent static force giving the equivalent action effects in the structure.

The aim is to investigate reliability of a bridge column under accidental impact of a heavy vehicle. Probabilistic methods of the theory of structural reliability are applied in reliability analysis considering a bridge column designed according to Eurocodes and recommendations given for accidental impact forces in EN 1991-1-7 [1].

Accidental design situation is evoked due to a vehicle accidentally leaving its track and impacting the column, see Figure 1. The column should be verified considering the impact force A_d acting at the height 1,25 m for trucks (0,5 m for passenger cars) above the level of the road surface.

The representative value of an accidental action can be specified in such a way that higher impact action will occur with the annual probability less than 10^{-4} . When a risk analysis is not available, EN 1991-1-7 [1] recommends the probability $P_C = 0,01$ of collision of a truck with a bridge column. Two different design situations should be considered for the bridge column:

- persistent (normal) design situation N, which is assumed to occur with the probability P_N ;
- accidental design situation A, which is assumed to occur with the probability P_A .

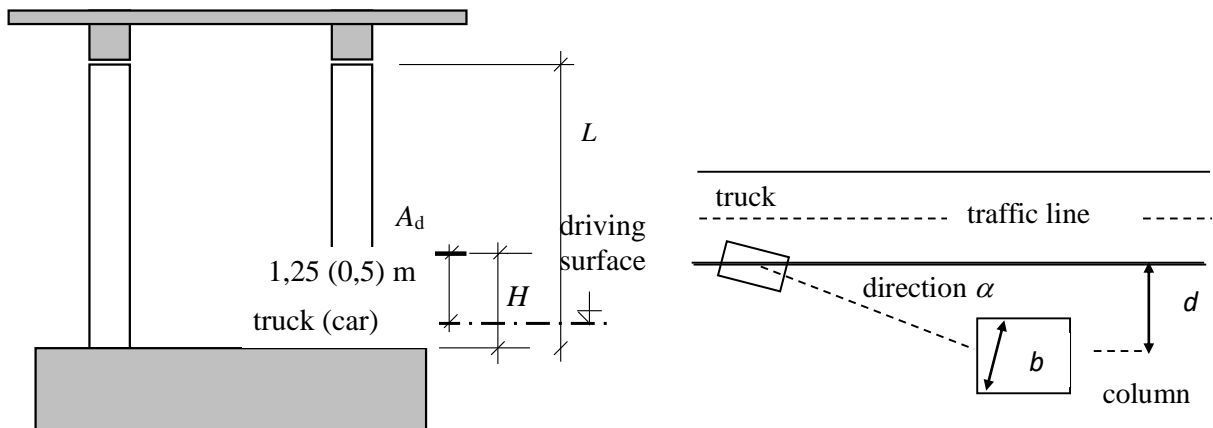


Fig. 1. Bridge column in an accidental design situation.

For mutually exclusive events N and A it holds that $P_N + P_A = 1$. Using the total probability theorem, the probability of a failure P_f is given as

$$P_f = P_{fN} P_N + P_{fA} P_A \cong P_{fN} + P_{fA} P_A \quad (1)$$

It should be noted that approximation in equation (1) may be justified, as the probability of the accidental design situation P_A is usually very small and the complementary probability approaches to unity, $P_N = 1 - P_A \approx 1$. If the total probability P_f is limited by the target value P_t (e.g. $P_t = 1,3 \times 10^{-6}$ per year, $\beta_t = 4,7$), then it follows from (1) that the probability of failure P_{fA} should satisfy the condition given as

$$P_{fA} \leq (P_t - P_{fN})/P_A \quad (2)$$

The probability of accidental design situation P_A may be assessed from the relationship

$$P_A = P_L P_C \quad (3)$$

where P_L is the probability of the truck leaving its intended track, and P_C is the probability of collision with the column. The probability P_L can be determined taking into account recommendations of Background materials [2] given as

$$P_L = n T \lambda \quad (4)$$

where n is a number of vehicles per time unit, T is a period of time under consideration, λ is a probability of a vehicle leaving the road per unit length of track.

Assuming the basic variables $\lambda = 10^{-10} \text{ m}^{-1}$, $T = 365$ days, $n = 5000$ trucks per day on the basis of statistical data of Background materials [2], the annual probability P_L of a truck leaving a road per 1 m of track is given as

$$P_L = n T \lambda = 5000 \times 365 \times 10^{-10} = 1.83 \times 10^{-4} \quad (5)$$

EN 1991-1-7 [1] recommends the common probability of collision as $P_C = 10^{-2}$. Taking into account recommendations of Background materials [2], as an example, the probability $P_C = 2 \times 10^{-2}$ can be determined for distance $d = 10$ m of the bridge column from the track. Thus, the probability of the adverse event is assessed as

$$P_A = P_L P_C = 1.83 \times 10^{-6} \quad (6)$$

for $P_C = 10^{-2}$ (or $P_A = 3.65 \times 10^{-6}$ for $P_C = 2 \times 10^{-2}$). The probability of failure P_{fA} should fulfil the condition expressed by equation (2)

$$P_{fA} \leq (1.3 \times 10^{-6} - P_{fN}) / P_A < 0,71 \quad (7)$$

for $P_A = 1.83 \times 10^{-6}$ (or $P_{fA} < 0.36$ for $P_A = 3.65 \times 10^{-6}$), where target probability $P_t = 1.3 \times 10^{-6}$ ($\beta_t = 4.7$) as recommended in EN 1990 [3] and the probability P_{fN} is considerably lower than P_t . The upper bounds indicated in (7) correspond to $P_{fN} = 0$. In the following text the probability of failure of the bridge column is determined for six study cases.

2. Action effects

The bridge column is designed for the persistent design situation according to EN 1990 [3] and EN 1991-2 [4] given as

$$\sum_{i>1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (8)$$

The column should be also designed assuming the impact of the road traffic using the accidental load combination given as

$$\sum_{i>1} G_{k,j} + A_d + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (9)$$

Permanent actions G , traffic load models Q and impact load A_d considered in the design of the bridge column are listed in Table 1. The partial factors γ and the reduction factors ψ recommended in EN 1990 [3] are applied in the design of the bridge column.

The design value of bending moment M_d of the column is given as

$$M_d = N_d (e_0 + e_a + e_2) \quad (10)$$

where e_0 denotes the first order eccentricity due to external forces, e_a is the additional eccentricity taking into account geometric imperfections and e_2 is the second order eccentricity due to the deformations of the column, N_d is the axial design force.

Table 1. Actions considered in the design.

Type of loading	Action
Self-weight of a superstructure	148 kN/m
Surfacing layers	24 kN/m
Pavements and corbels	26 kN/m
Self-weight of column $b \times h$	$bh L \gamma_c$
Load model LM1* (TS)	448 kN ($Q_{k,1} = 300$ kN, $Q_{k,2} = 200$ kN)
Load model LM1* (ULS)	36 kN/m ($q_{k,1} = 9$ kNm ⁻² , $q_{k,2} = 2,5$ kNm ⁻²)
Load on footways**	7.5 kN/m
Braking forces	345 kN
Accidental force A_d ***	<u>1000</u> -2500, <u>750</u> -1500, <u>500</u> -1000, <u>150</u> -300 kN

* Adjustment factors $\alpha_{Q1} = \alpha_{Q2} = 1$ and $\alpha_{qi} = 1$ are considered.

** Combination value.

*** Underlined values of impact forces A_d were recommended in the working drafts of EN 1991-1-7.

The eccentricities e_a and e_2 are determined in accordance with Section 4 of EN 1992-1-1 [5]. The additional eccentricity e_a is given as

$$e_a = v_a L_0/2 \quad (11)$$

where L_0 is the effective length of the bridge column considered as $L_0 = 2L$ and the inclination v from the vertical $v = 1/200$, thus $e_a = 1/200 L$. The second order eccentricity e_2 is

$$e_2 = 0.1 r^{-1} K_1 L_0^2 \quad (12)$$

where the coefficient K_1 depends on the slenderness ratio $\beta = L_0/i$ (i is radius of gyration). The curvature $1/r$ is determined as

$$\frac{1}{r} = \frac{2 K_2 \varepsilon_{y,d}}{0.9(h - d_1)}, \quad \text{where } K_2 = \frac{N_{ud} - N_d}{N_{ud} - N_{bal,d}} \leq 1 \quad (13)$$

N_{ud} is the design ultimate capacity of cross-section $N_{ud} = \alpha f_{cd} A_c + f_{yd} A_s$, N_d is the design axial force and $N_{bal,d}$ is the axial force which, when applied to a section, maximises ultimate moment capacity of the cross-section. The force $N_{bal,d} = 0.5 \alpha f_{cd} A_c$ is considered for symmetrical reinforcement. The coefficient α takes into account the long-term effects on the compressive strength, $\alpha = 0.85$ according to EN 1992-1-1 [5].

3. Design of column cross-section

The column has height of $L = 6.3$ m and a rectangular cross-section $b \times h$. The concrete class C 25/30 and reinforcement S 500 are considered. The reinforcement A_s of the column is symmetrical, the axial distance of the reinforcement from the edge $d_1 = 0.05$ m. The column cross-section is designed considering the design axial force N_d and the design bending moment M_d using a simplified interaction diagram described by the following formulas

$$\begin{aligned} &\text{for } N_d < 0.5 \alpha b h f_{cd} : \\ &[A_s f_{yd} (h - 2 d_1) + h N_d (1 - N_d / (\alpha b h f_{cd}))] / 2 - M_d > 0 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} &\text{for } N_d > 0.5 \alpha b h f_{cd} : \\ &K_2 [A_s f_{yd} (h - 2 d_1) / 2 + \alpha b h^2 f_{cd} / 8] - M_d > 0 \end{aligned} \quad (15)$$

These relationships approximate well appropriate design rules of EN 1992-1-1 [5]. The reinforcement area A_s of the column should satisfy the conditions for the minimum and the maximum area of reinforcement given as

$$0.15 |N_d| / f_{yd} < A_s, \quad 0.003 b h < A_s < 0.08 b h \quad (16)$$

Using relationships (14) and (15), for specified material properties and reinforcement A_s , the cross-sectional capacity moment M_R and moment M_d due to action effects are given in Table 2.

Table 2. Design of the bridge column for impact forces.

Case	N_d [MN]	e_0 [m]	A_s [m ²]	M_d [MNm]	M_R [MNm]
1	2.61	0.52	0.0066	1.71	1.75
2	2.07	0.66	0.0066	1.64	1.65
3	2.61	0.39	0.0043	1.37	1.4
4	2.07	0.49	0.0043	1.3	1.3
5	2.61	0.26	0.0021	1.03	1.06
6	2.07	0.33	0.0021	0.96	0.96

The cross-sectional dimensions of the column are 0.80×0.80 m, eccentricities $e_a = 0.03$ m and $e_2 = 0.10$ m. Groups of traffic loads according to EN 1991-2 [4] are considered in the design of column at persistent design situation. The horizontal equivalent design force A_d , caused by truck, is applied at the height H (see Figure 1), 1,25 m above a highway surface in accordance to recommendations of EN 1991-1-7 [1]. The height H is reduced by 20 % taking into account interaction of the column with superstructure.

The column is designed for the persistent and accidental design situation. In accidental design situation the following accidental load combinations are considered:

- Case 1: $A_d = 1$ MN, combination with frequent value of traffic load;
- Case 2: $A_d = 1$ MN combined with permanent actions;
- Case 3: $A_d = 0.75$ MN, combination with frequent value of traffic load;
- Case 4: $A_d = 0.75$ MN combined with permanent actions;
- Case 5: $A_d = 0.5$ MN, combination with frequent value of traffic load;
- Case 6: $A_d = 0.5$ MN, combined with permanent actions;

Reliability of bridge column designed by Eurocodes is verified by means of probabilistic methods.

4. Probabilistic verification of bridge column

The limit state function g can be expressed as the difference of resistance moment M_R and the moment due to the effect of forces M_E

$$g = \xi_R M_R - \xi_E M_E \quad (17)$$

where the coefficients of model uncertainties ξ_R and ξ_E are considered as random variables to cover imprecision and incompleteness of the relevant theoretical models.

Some basic variables given in Table 3 are assumed to be deterministic values - denoted "DET" (A_s, b, h, E_s), while the others are considered as random variables having the

rectangular distribution “REC”, normal distribution - “N”, lognormal distribution - “LN”, Gamma distribution - “GAM” and Gumbel distribution - “GUM”. Statistical properties of the random variables are further described by the moment characteristics, the mean and standard deviation, partly taken from the previous studies in the Klokner Institute CTU [7,8,9] and recommendations of the Probabilistic Model Code [6] of the Joint Committee on Structural Reliability JCSS.

Table 3. Statistical properties of basic variables for bridge column.

Basic variables	Symbol	Distr. type	Dimension	Mean	Standard deviation
Material properties	f_c	LN	MPa	35	5
	f_y	LN	MPa	560	30
	E_s	DET	GPa	200	0
	a	REC *	-	0.85	0.03
Geometrical properties	b	DET	m	nom.	0.01
	h	DET	m	nom.	0.01
	d_1	GAM	m	nom.	0.01
	A_s	DET	m ²	nom.	0
Coefficients of uncertainty	ξ_R	N	-	1.1	0.11
	ξ_E	N	-	1.0	0.10
Action models	γ_c	N	MN/m ³	0.025	0.0025
	Q_{TS}	GUM	MN	nom	0.3 nom
	q_{UDL}	GAM	MN/m ²	nom	0.1 nom
	q_f	GAM	MN/m ²	nom	0.1 nom
	Q_b	GUM	MN	nom	0.1 nom
	A	LN	MN	nom	$w \times \text{nom}$

* lower bound 0.8 and upper bound 0.9

The theoretical impact force A can be expressed

$$A = \sqrt{mk(v^2 - 2a \frac{d}{\sin \alpha})} \quad (18)$$

where m is a vehicle mass, k is a vehicle stiffness, v is a velocity of the vehicle before leaving the track, a is a deceleration of the vehicle, α is an angle between collision course and track direction, d is a distance from the structure to the road.

Four types of roads are recommended in EN 1991-1-7 [1], as indicated in the following Table 4. The probabilistic model of impact force A applied in reliability analysis is based on the statistical properties of basic variables. The mean of impact force A is considered by the lower bound of static equivalent impact forces recommended in EN 1991-1-7 [1], indicated by the underlined values of A_d in the last row of Table 1.

Reliability analysis of the bridge column designed for persistent design situation leads to the reliability index $\beta = 5.4$, greater than the annual value 4.7 recommended in EN 1990 [3].

Reliability analysis of the column designed also for accidental design situation (cases 1 to 6) indicates low values of the reliability index β for highways and roads, is in the range from 0.7 to 0.9 (P_{fA} is from 0.20 to 0.25).

Taking into account relationship (2), theoretical limit of the probability of failure P_{fA} for the considered bridge column (located in the distance 10 m from the track) may be assessed as

$$P_{fA} \leq (1.3 \times 10^{-6} - 6.7 \times 10^{-16}) / 3.65 \times 10^{-6} = 0.37 \quad (19)$$

where probability $P_{fN} = 6.7 \times 10^{-16}$ (β is about 8) is computed for the persistent design situation of the column designed also for the accidental impact force, and the probability of the adverse event is considered here $P_A = 3.65 \times 10^{-6}$ as in Section 2.

Thus, it follows from Table 4 that the probability of the failure P_{fA} of the bridge column for common types of roads satisfies the condition given in (2).

Table 4. Reliability index β and the probability of failure P_f for load combination in accidental design situation for different types of roads.

Case	Type of road	B	P_{fA}
1	highways	0.86	0.20
2	highways	0.78	0.22
3	roads	0.80	0.21
4	roads	0.68	0.25
5	urban areas	0.74	0.23
6	urban areas	0.52	0.30

5. Conclusions

The reliability of bridge column at the persistent design situation is sufficient as the reliability index β is greater than the target value (4.7) recommended in EN 1990 for a reference period of one year.

Although probability of the column failure P_{fA} under accidental impact due to a road vehicle for highways and roads seems to be relatively high (P_{fA} is from 0.20 to 0.25), it is less than the upper bound of the failure probability determined in accordance to Eurocodes that is 0.71.

Further research of impact resistance of structural members should be focused on probabilistic models of accidental impact forces, and on probabilistic risk assessment based on appropriate data for consequences of structural failure.

References

- [1] CEN. EN 1991-1-7 Eurocode 1. 2006. *Actions on Structures, Part 1-7: General Actions – Accidental Actions*.
- [2] CEN. CEN/TC 250/SC1. *Background Materials of CEN/TC250/SC 1*. 1998. Documents N153.1, N167.1, N183.2, N183.3, N221, 1995 to 1998.
- [3] CEN. EN 1990 Eurocode. 2002. *Basis of Structural Design and Annex A.2 Application for bridges*.
- [4] CEN. EN 1991-2 Eurocode 1. 2002. *Actions on Structures, Part 2: General Actions. Traffic Loads on Bridges*.
- [5] CEN. EN 1992-1-1 Eurocode 2. 2004. *Design of Concrete Structures – Part 1: General rules and rules for buildings*.
- [6] JCSS. *Probabilistic Model Code*. 2016. www.jcss.ethz.ch.
- [7] MARKOVÁ, J., KALINSKÝ, M. Požadovaná úroveň spolehlivosti konstrukcí v mimořádné návrhové situaci. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní 2017. pp. 257-265.
- [8] MARKOVÁ, J. Analyses of Imposed Load Models in Current Standards. In: *Risk, Reliability and Safety. Innovating Theory and Practice*. ISBN 978-1-138-62937-0. Londýn: Taylor & Francis Group 2017, pp. 2426-2432. I2017.
- [9] MARKOVÁ, J., MAREK, P., KALINSKY, M. *Alternative Procedures for the Assessment of Road Safety Barriers*. In: *Safety, Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon*. ISBN 978-1-138-00123-7. Leiden: CRC Press/Balkema 2014, pp. 2515-2521.

Acknowledgements: This study has been conducted at the Klokner Institute CTU within the framework of the research project FV20585 supported by the Ministry of Industry and Trade.

STATISTICKÉ ÚDAJE O STAVU MOSTŮ VČESKÉ REPUBLICE

STATISTICAL DATA ON CZECH REPUBLIC BRIDGE CONDITION

Pavol Pecha¹⁾, Dana Procházková²⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Článek se zabývá důležitými prvky silniční infrastruktury, kterými jsou mosty. Nejprve popisuje současný sběr dat shromažďovaných v silniční databance ČR, jejímž úkolem je předmětná data shromažďovat, ověřovat a poskytovat uživatelům. Na základě dat k 1. 7. 2018 článek uvádí výsledky statistického zpracování dat, které dokumentují současný stav mostů v České republice.

Klíčová slova: silniční databanka; most; stupnice pro hodnocení stavu mostu; současný stav mostů v ČR.

Abstract: The article deals with the important elements of the road infrastructure, which are bridges. Firstly, it describes the current gathering the data compiled in the Czech road database, the task of which is data to collect, to verify and to provide to users. Based on the data to July, 1, 2018, the article gives the results of the statistical data processing, which document the current state of bridges in the Czech Republic.

Key words: road database; bridge; scale for assessing the bridge state; the current state of bridges in the Czech Republic.

1. Úvod

Pro zajištění bezpečného státu i bezpečí lidí je nutné zajistit obslužnost území za podmínek normálních, abnormálních a kritických, a proto dopravní infrastruktura je věnována systematická péče v České republice i v EU [1,2]. Zvláštní péče je v České republice věnována prvkům kritické infrastruktury (zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení; a nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení; a nařízení vlády č. 432/2010 Sb. o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury [3]) do kterých patří mosty na dálnicích a silnicích první třídy.

Bezpečný provoz mostů závisí na mnoha různých faktorech, jako jsou: technické parametry a jejich změny v čase, režim dopravy, kvalita oprav a údržby, pohromy všeho druhu, které se

¹⁾ Ing., pechapa4@fd.cvut.cz

²⁾ Doc., RNDr., DrSc., prochazkov0061@fd.cvut.cz

v území, ve kterém jsou umístěny, mohou vyskytnout [4]. Proto řízení rizik spojených s mosty zacílené na bezpečnost během celé životnosti se musí soustředit na proměnnou úroveň rizika. Příčiny selhání mostů shrnuje práce [5].

Pro zajištění bezpečnosti mostů je třeba mít poznatky o stavu mostů, což vyžaduje kvalitní data. Proto se předložená práce zabývá sběrem příslušných dat v České republice a provádí jejich statistické vyhodnocení zacílené na zjištění stavu mostů.

2. Silniční databanka ČR

Jednotný systém dopravních informací (JSDI) v České republice je komplexní systém pro sběr, zpracování, sdílení, publikování a distribuci dopravních informací z celé sítě pozemních komunikací v České republice. S jeho vývojem bylo započato na základě usnesení Vlády ČR č. 590/2005. Národní dopravní informační centrum (NDIC) je v nepřetržitém provozu, sbírá, zpracovává, sdílí, publikuje a distribuuje dopravní informace a dopravní data o aktuální dopravní situaci ze sítě komunikací všech kategorií z celé ČR. V centru se shromažďují informace o dopravních nehodách, uzavírkách, požárech vozidel, kolonách a počasí a dalších problémech. Odtud se dopravní informace šíří na proměnné informační tabule, na webové stránky, do aplikace pro mobilní telefony, a také prostřednictvím datového distribučního rozhraní pro rozhlasové a televizní stanice, přepravce, telekomunikační operátory a ostatním. Celkem cca 180 odběratelům. Detailní dopravní informace se šíří nonstop také prostřednictvím služby RDS-TMC (Radio Data System - Traffic Message Channel) pro navigační přístroj.

Na základě údajů [6] silniční databanku ČR vytváří specializované pracoviště Ředitelství silnic a dálnic České Republiky (ŘSD ČR), kterým je Odbor silniční databanky a Národní dopravní informační centrum (NDIC) se sídlem v Ostravě. Odbor se skládá ze tří oddělení, jejichž úkoly jsou:

- příprava a sběr dat,
- GIS a zpracování dat a Národního dopravního informačního centra,
- provoz Informačního systému o silniční a dálniční síti České Republiky (dále jen ISSDS ČR) na sledovaných pozemních komunikacích (dálnice a silnice I., II. a III. třídy) a poskytování dopravních informací z území celé ČR prostřednictvím NDIC.

Dle [6] sběr dat je zajišťován jak vlastními kapacitami, tak smluvně. Aktualizace dat je prováděna dvakrát ročně. Výstupní informace tvoří numerické údaje, mapy a statistiky. Pravidelnými uživateli dat jsou: Ministerstvo dopravy ČR; ŘSD ČR; Správy a údržby silnic - správa silnic II. a III. třídy; Krajské úřady; Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad; Český úřad zeměměřičský a katastrální; Český hydrometeorologický ústav; složky Integrovaného záchranného systému; Centrum dopravního výzkumu; městské a obecní úřady; ostatní státní správa; a také školy (výzkum, diplomové práce); soukromý sektor i veřejnost. Na základě sledovaného zdroje jsou v databance následující údaje o mostech:

- mosty přiřazené k jednotlivým třídám komunikace,
- mosty rozříděné dle stavu nosné konstrukce,
- mosty rozříděné dle délky přemostění.

Speciální část [7] databáze zobrazuje objekty (mosty, podjezdy, železniční přejezdy, tunely, brody), kilometráž silnic I. - III. třídy, kilometrovníky dálnic, výsledky sčítání dopravy 2016

včetně základních atributů. Aktualizace dat probíhá 2x ročně, a to v dubnu (data k 1. lednu daného roku) a v říjnu (data k 1. červenci daného roku). Zobrazovaná data silniční a dálniční sítě ČR jsou v majetku a správě Ředitelství silnic a dálnic ČR - odboru silniční databanky a NDIC.

Ve sledované databance je také systém hospodaření s mosty (BMS) [8]. Jde o aplikaci, která obsahuje výsledky mostních prohlídek vyplývající ze silničního zákona (zákon č. 13/1997 Sb.). Systém obsahuje modul evidenční, inspekční, údržbový a finanční.

3. Stupnice používaná v ČR pro hodnocení stavu mostů

Stav mostů v silniční databance je dle ČSN 73 6221 sledován dle stupnice, která má sedm stupňů:

- 1 – stav bezvadný; bez jakýchkoliv závad,
- 2 – stav velmi dobrý; pouze vzhledové závady, které neovlivní zatížitelnost,
- 3 – stav dobrý; jsou větší závady, které neovlivňují zatížitelnost,
- 4 – stav uspokojivý; jsou závady a poruchy, které nemají okamžitý nepříznivý vliv na zatížitelnost, které však mohou zatížitelnost v budoucnu ovlivnit,
- 5 – stav špatný; závady a poruchy ovlivňují sice zatížitelnost, jsou však ještě odstranitelné bez větších zásahů,
- 6 – stav velmi špatný; závady a poruchy ovlivňují zatížitelnost a jsou odstranitelné pouze opravou důležitých částí konstrukce,
- 7 – stav havarijní; závady a poruchy ovlivňují zatížitelnost takovou měrou, že vyžadují okamžitou nápravu, popř. uzavření mostu.

4. Stav mostů v České republice

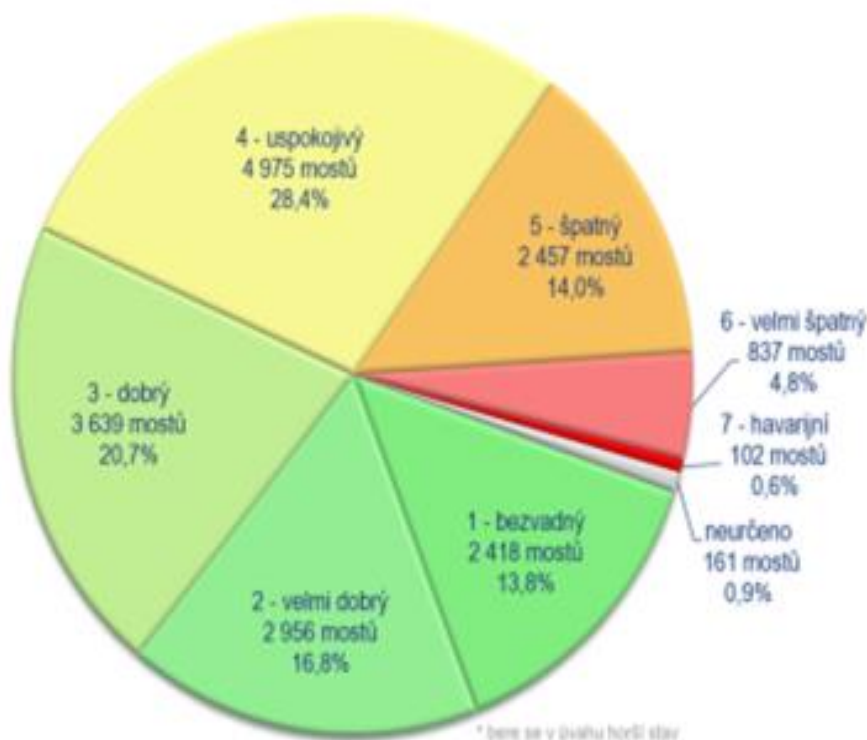
Statistickým zpracováním dat k 1. 7. 2018 ze silniční databanky jsou získány výsledky:

1. Počet mostů dle stavu nosné konstrukce – obrázek 1.
2. Příklady komunikací, na kterých je uveden stav mostů dle stavu nosné konstrukce nebo spodní stavby a třídy komunikace dle stupnice popsané v předchozím odstavci. Zvýrazněné jsou mosty v kategorii 5 – 7 – obrázek 2.

Při řešení projektu „Operativní metody monitorování, predikce životnosti mostů a zajištění bezpečných mostů“ pro MPO (grant FV20585) byla sestavena databáze mostů pro dálnice na základě dat z října 2016 [10]. Srovnání údajů o stavu mostů v roce 2016 a 2018 ukazuje, že stav mostů na dálnici D1 se na základě rekonstrukce výrazně zlepšil.

5. Závěr

Přes výše uvedený pozitivní fakt spojený s dálnicí D1, však výše uvedená data ukazují, že v České republice je řada mostů, a to i na dálnicích a na silnicích první třídy, které patří mezi



Obr. 1. Roztřídění mostů v České republice dle stavu nosné konstrukce nebo spodní stavby (k 1. 7. 2018; 17 545 mostů); zpracováno dle [9].

		počet	délka	plocha	počet	délka	plocha	počet	délka	plocha	počet	délka	plocha	počet	délka	plocha
kraj Jihomoravský CZ064	D	131	4 097	74 169	47	1 417	23 450	27	3 336	48 252	--	--	--	205	8 851	143 871
	I.	131	4 693	72 237	67	1 523	23 895	36	2 284	33 175	--	--	--	234	8 500	129 306
	II.	217	3 643	39 282	121	1 976	23 380	142	2 261	26 056	2	--	--	482	7 880	88 718
	III.	223	2 821	24 428	174	1 906	17 548	275	2 513	20 518	2	7	37	674	7 247	62 531
	celkem	702	15 254	210 116	409	6 822	88 273	480	10 395	126 001	4	7	37	1 595	32 477	424 426
kraj Olomoucký CZ071	D	163	12 250	205 336	27	749	11 512	8	1 846	23 705	1	57	794	199	14 902	241 347
	I.	158	4 432	65 603	45	570	9 936	26	408	6 372	1	12	632	230	5 423	82 543
	II.	185	2 985	30 231	124	1 321	13 072	73	663	5 603	1	--	--	383	4 970	48 907
	III.	274	4 217	35 744	203	1 929	14 818	248	1 789	12 170	1	2	9	726	7 937	62 741
	celkem	780	23 864	336 914	399	4 569	49 338	355	4 706	47 650	4	71	1 435	1 538	33 231	435 538
kraj Zlínský CZ072	D	55	2 712	45 356	--	--	--	3	112	1 738	--	--	--	58	2 823	47 094
	I.	131	4 376	68 965	36	571	8 830	28	301	5 057	6	--	--	201	5 248	82 853
	II.	118	1 473	14 815	58	639	6 856	41	486	4 712	1	9	99	218	2 608	26 482
	III.	234	3 214	31 663	172	1 555	13 609	97	1 332	14 643	6	8	135	509	6 109	60 050
	celkem	538	11 776	160 799	266	2 765	29 296	169	2 231	26 150	13	17	234	986	16 788	216 479
kraj Moravskoslezský CZ080	D	155	15 683	228 214	10	1 110	17 077	7	615	9 585	4	8	2 149	176	17 416	257 025
	I.	319	13 232	220 026	84	2 394	44 107	45	1 920	27 580	38	130	1 541	486	17 676	293 255
	II.	241	5 774	68 363	117	2 949	32 792	80	1 526	17 526	3	4	59	441	10 252	118 740
	III.	336	5 485	51 658	197	3 272	31 520	175	2 060	18 393	6	--	--	714	10 818	101 571
	celkem	1 051	40 174	568 261	408	9 725	125 496	307	6 121	73 084	51	142	3 750	1 817	56 161	770 591
ČESKÁ REPUBLIKA CZ01	D	1 324	103 080	1 655 178	210	15 688	258 785	107	10 286	146 992	49	526	10 040	1 690	129 579	2 070 995
	I.	2 132	79 321	1 194 558	672	15 906	253 080	372	14 039	209 215	69	578	8 901	3 245	109 844	1 665 753
	II.	2 286	41 324	438 482	1 368	18 372	189 438	870	12 678	134 172	13	27	318	4 537	72 401	762 389
	III.	3 271	42 743	361 587	2 725	25 043	203 474	2 047	19 887	157 380	30	78	606	8 073	87 752	723 048
	celkem	9 013	266 468	3 649 785	4 975	75 009	904 777	3 396	56 890	647 758	161	1 208	19 865	17 545	399 576	5 222 185

Obr. 2. Příklad údajů o stavu mostů v České republice dle [9].

prvky kritické infrastruktury ČR, v nepřijatelném stavu. Je si třeba uvědomit, že jde o vážné nebezpečí pro jak pro uživatele mostů, tak i občany a celého státu. Selhání každého mostu má potenciál poškodit veřejná aktiva, tj.: životy, zdraví a bezpečí lidí; majetek soukromý i veřejný; životní prostředí; další objekty a infrastruktury, což znamená narušení ekonomického, technického i sociálního zázemí státu.

Dle ČSN 73 6221 je stav mostů v České republice posuzován na základě spolehlivosti. Podle současného poznání, shrnutého v práci [11], je však třeba v zájmu bezpečí obyvatel, uživatelů mostů i celého státu sledovat vlastnost vyšší, kterou je bezpečnost. Proto je třeba změnit požadavky legislativy, upravit normy i zaměření inspekcí; pro zvláště důležité mosty je nutno také upravit pravidla pro provádění údržby.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. Praha: ČVUT 2012, ISBN: 978-80-01-05103-0, 318p.
- [2] EU. Green Paper on a European Programme for Critical Infrastructure Protection. Brussels: EU. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:5_2005_DC0576&
- [3] ČR. *Sbírka zákonů*.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J. Criticality and Risks of Bridges. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*. ISSN 2074-1308. 12 (2018), 3, pp. 1-6; <http://naun.org/cms.action?id=18814>.
- [6] <https://rsd.cz/wps/portal/web/rsd/Silnicni-databanka>
- [7] http://geoportal.rsd.cz/arcgis/services/WMS_objekty/MapServer/WMServer?
- [8] http://bms.vars.cz/Dokumenty/cely_manual.pdf
- [9] www.rsd.cz
- [10] PROCHÁZKA, Z. Databáze mostů na dálnicích v České republice. *Archiv ČVUT, FD*. Praha 2018.
- [11] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>

ZDROJE RIZIK A OPATŘENÍ PRO ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI MOSTŮ

SOURCES OF RISKS AND MEASURES FOR BRIDGES SAFETY IMPROVEMENT

Jan Procházka¹⁾, Dana Procházková²⁾, Zdenko Procházka³⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Článek se zabývá příčinami, které narušují bezpečnost mostů na pozemních komunikacích. Vychází z konceptu řízení bezpečnosti složitých technických děl. Obsahuje výsledky založené na speciálně sestavené databázi, která obsahuje data o selhání mostů ve světě. Na základě analýzy katalogu závad mostních objektů v České republice uvádí též příčiny rizik, které narušují spolehlivost mostů. Pro zajištění celkové bezpečnosti mostů pak uvádí návrhy opatření pro řízení bezpečnosti mostů.

Klíčová slova: kritická infrastruktura; kritický prvek; most; riziko; spolehlivost; bezpečnost; opatření pro zvýšení bezpečnosti.

Abstract: The article deals with causes, which disturb the safety of bridges on the roads. It is based on the concept of safety management of complex technical facilities. It contains the results based on a specially compiled database, which includes the data about the failure of bridges in the world. Based on the analysis of bridge objects defects catalogue in the Czech Republic, it also provides the causes of risks that undermine the bridges reliability. In order to ensure the overall safety of bridges, then it lists the suggestions of measures for the bridges safety management.

Key words: critical infrastructure; critical element; bridge; risk; reliability; safety; measures for safety improvement.

1. Úvod

Dopravní infrastruktura patří do základních systémů tvořících kritickou infrastrukturu v Evropské unii, ve vyspělých zemích i v České republice [1]. Mezi kritické prvky dopravní infrastruktury patří také mosty, a to silniční i železniční. **Charakteristiky mostu** jsou: časové; územně prostorové; technické; organizační; vlastnické; a institucionální.

Mosty jsou technická díla, která jsou výsledkem technického umu celých generací lidí. Z hlediska veřejného zájmu je třeba, aby mosty byly nejen spolehlivé, ale i bezpečné. Podle

¹⁾ RNDr., Ph.D., prochj31@fd.cvut.cz

²⁾ Doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

³⁾ Ing., CSc., prozde@seznam.cz

současného poznání bezpečnost technického díla je chápána na úrovni celku a po celou dobu životnosti. Bezpečnost podle současného poznání označuje úroveň antropogenních opatření a činností, kterými lidé zajišťují bezpečí technického díla a bezpečí své [2-4]. Z pohledu struktury, která je nutná pro bezpečnost mostu, jako technického díla, jde o složitý otevřený systém typu systém systémů (*dále jen SoS*) [2]. To znamená, že jde o několik otevřených systémů různé povahy (technické, územní, organizační, finanční, personální, kybernetické), které jsou vzájemně provázané tak, aby zajistily dopravní obslužnost území; a to podle důležitosti území většího či menšího. V důsledku vzájemné závislosti základních systémů jednotlivých mostů, porucha či selhání jednoho dílčího systému způsobí poruchu či selhání dílčího systému druhého. Systémy mají různou povahu (technické části, organizační prvky, informační propojení, personál) a různé umístění. Navíc v čase se celý systém, tj. technické dílo most, i jeho dílčí systémy vyvíjí a kvůli různým povahám systémů nelze předpokládat, že synergicky.

Vzájemná provázanost dílčích systémů mostu působí místní závislosti, které zlepšují provozuschopnost mostu a také jsou příčinou zranitelnosti. Na základě poznatků shrnutých v práci [3] jsou typickými vlastnostmi SoS zaměřeného na plnění určitých cílů např. operační nezávislost a emergentní chování jednotlivých dílčích systémů, kompatibilita a interoperabilita (styková provozuschopnost) dílčích systémů. Operační nezávislost dílčích systémů spočívá v tom, že při rozložení SoS zaměřeného na plnění určitých cílů na dílčí systémy, jsou tyto dílčí systémy schopny fungovat nezávisle. Emergentní / inherentní chování dílčích systémů znamená, že SoS vykonává funkce a uskutečňuje záměry, které nejsou uloženy žádnému z dílčích systémů. Emergentní chování SoS je výsledkem interakcí prvků každého jednotlivého systému a nelze ho předvídat na základě znalostí o chování jednotlivých prvků systému, protože na základě současného poznání reality se v chování jakéhokoliv komplexního systému projevují jak nejistoty, tak neurčitosti, a to ve vzájemných propojeních, a to od jednotlivých prvků počínaje. Kvůli složitosti systémů jsou to právě neurčitosti, se kterými se neumíme vypořádat, protože je neumíme ocenit. Jsou tudíž zdrojem neočekávaných rizik [2,4].

Emergentní chování SoS je spojené s propojeními v SoS, která jsou realizovaná vazbami a toky mezi prvky, komponentami nebo systémy nižšího řádu za určitých podmínek, např. při výskytu vnějších pohrom či úmyslných aktů [2]. Z hlediska požadavků lidí nežádoucí propojení jsou zdrojem rizik, která neumíme vypořádat předem, a proto k jejich zvládnutí musíme mít připravena specifická opatření odezvy.

Pro zajištění bezpečí a potřeb lidí i celé lidské společnosti musí mosty své úkoly plnit v požadované kvalitě po celou dobu své životnosti. Jako každé technické dílo jsou mosty vloženy do jistého prostředí, ve kterém jsou jisté zdroje rizik, a navíc svou existencí a službami, které na úseku obslužnosti zajišťují, mosty další zdroje rizik v lidském systému vytváří.

Proto je třeba poznat a řídit rizika mostů spojená s:

- prostředím, ve kterém je most umístěn,
- mostem samotným, protože jeho stav se v čase mění v důsledku stárnutí materiálu, změn v konstrukci i změn v podloží, se kterým je most propojen,
- žádanými i nežádanými interdependencemi, které vzniknou v důsledku propojení mostu s okolním prostředím a mění se během času v důsledku: změn nároků na obslužnost a s tím související proměny v zatížení mostu; zanedbání péče o most na úseku údržby a včasných oprav; výskytu nadprojektových pohrom; a činnosti insiderů a teroristických útoků.

Jelikož zdroje, síly a prostředky lidské společnosti jsou omezené, musí být prováděno správné řízení rizik, tj. řízení rizik ve prospěch integrální bezpečnosti [2,4,5]. Z důvodu omezených možností nelze vyhovět zbožným přáním akademiků formulujícím absolutní cíle, ale je třeba zvolit postup, který je realizovatelný (pro jeho dosažení jsou zdroje, síly a prostředky, tj. znalosti, postupy, materiál, finance, technika a personál) a má jasně stanovená pravidla a odpovědnosti [4].

Článek uvádí výsledky založené na speciálně sestavené databázi, která obsahuje data o selhání mostů ve světě. Kritickou analýzou předmětných dat stanovuje příčiny selhání mostů, a to z pohledu integrální bezpečnosti. Na základě analýzy katalogu závad mostních objektů v České republice uvádí též příčiny rizik, které narušují spolehlivost mostů. Pro zajištění celkové bezpečnosti mostů pak uvádí návrhy nástrojů na řízení bezpečnosti mostů.

2. Souhrn poznatků o zajištění bezpečnosti technických děl

Technická díla patří do základních aktiv lidského systému, protože svou činností zajišťují pro lidi základní potřeby, a to: přímo nebo zprostředkovaně. Kromě přínosů pro lidskou společnost jsou s nimi spojeny i jevy, které lidi vážně ohrožují, tj. havárie a různá selhání. Technická díla jsou umístěna v území, ve kterém se vyskytují pohromy různého druhu, které jsou zdroji rizik, která tudíž technická díla ohrožují [6]. Proto lidé musí dbát na bezpečnost technických děl, což znamená kvalifikovaně pracovat s riziky, a protože v čase se charakter rizik mění a přibývají stále nová rizika, tak je třeba sofistikovaně řídit rizika v čase s cílem dosáhnout toho, aby bezpečnost technických děl rostla [2-6].

2.1. Bezpečnost a spolehlivost technických děl

Složitost technických děl, tj. systémů systémů (SoS) vychází z požadovaných rysů systémů, a to: velký rozměr; použití více technologií; složité funkční závislosti; velká interoperabilita; velký výkon; a vysoká bezpečnost, tj. funkčnost a spolehlivost i nízké ohrožení chráněných aktiv při podmínkách normálních, abnormálních i kritických. Přijatelnost rizika ve skutečnosti je výsledkem porovnávání několika typů přijatelnosti – technická přijatelnost (spolehlivost a složitost technologií, strojů a zařízení), ekonomická přijatelnost (náklady) a socio-politická přijatelnost (vnímání rizik) [4].

Spolehlivost technického díla je definovaná jako charakteristika daného objektu vyjádřená pomocí pravděpodobnosti, že tento objekt bude vykonávat specifikovaným způsobem funkce, které jsou na něm požadovány během stanoveného časového intervalu a za stanovených resp. předpokládaných podmínek. Ve spojení s technickými díly je cílem provozní spolehlivost systému (dependability), což znamená, že systém (dílo, objekt, zařízení) plní stanovené požadavky a že jeho provoz vyhovuje stanoveným podmínkám. Tato souhrnná vlastnost je pro analytické účely nepraktická, a proto se rozkládá do dvou základních vlastností, kterými jsou zranitelnost a odolnost. Provozní spolehlivost je důležitá u složitých objektů, jejichž systémy hrají klíčovou roli v obslužnosti společnosti, protože ovlivňují rozhodovací cyklus veřejné správy a politickou a sociální soudržnost a napomáhají v odstraňování fyzických a psychických škod, jsou nejen velmi složité, ale i zranitelné [2]. Proto se v jejich hodnocení vždy charakterizují a popisují tři základní vlastnosti: pružná odolnost (resilience); zranitelnost; a schopnost adaptace.

Zatímco od 40. let minulého století se inženýrské disciplíny (inženýrství spolehlivosti) cíleně snažily zajistit spolehlivost a funkčnost technických děl, tak po analýze příčin velkých havárií

na přelomu 70. a 80. let minulého století se cíl změnil a současným cílem je bezpečnost technických děl [2,4].

Bezpečné technické dílo je chápáno jako SoS, který je zabezpečen vůči všem vnitřním a vnějším pohromám včetně lidského faktoru, tj. všem škodlivým jevům, a který ani při svých kritických podmínkách neohrožuje sebe a své okolí, tj. prostor, ve kterém žijí lidé. To znamená, že bezpečnost technického díla je vlastnost technického díla, která je nadřazena spolehlivosti [4]. Proto parametry, které určují kvalitu systému, jsou uspořádány do pořadí:

- bezpečnost, tj. schopnost systému předcházet kritickým stavům systému (aktivní bezpečnost využívá prvky řízení; pasivní bezpečnost využívá ochranné prvky) a při jejich výskytu neohrozit existenci ani sebe, ani svého okolí,
- spolehlivost, tj. schopnost systému poskytovat požadované funkce za daných podmínek, v dané kvalitě a v daném časovém intervalu,
- dostupnost, tj. schopnost systému poskytovat požadované funkce při výskytu procesu, který danou funkci využívá,
- integrita, tj. schopnost systému poskytovat časově korektní a platná hlášení uživatelům o poruchách systému,
- kontinuita, tj. schopnost systému poskytovat požadované funkce bez přerušení během vyvolání procesu,
- přesnost, tj. schopnost systému zajistit požadované chování systému v požadovaném rozmezí.

Bezpečnost technických děl není tudíž jen záležitost technická, je směsicí aspektů a vysoce souvisí s provozní spolehlivostí. Předmětný cíl znamená, že řešení žádného úkolu spojeného s technickým dílem není možné uskutečnit izolovaně, tj. bez ohledu na okolí. Proto se dnes provádí strategické řízení, jehož základní principy jsou uvedeny v pracích [2-6].

2.2. Řízení rizik zacílené na bezpečnost technických děl

Technická díla jsou složité socio-kyber-technické objekty [4-6], přičemž složitost vychází z jejich struktury (soubor vzájemně provázaných otevřených systémů různé povahy, tzv. systémy systémů). Složitost vychází z: velkého rozměru; použití více technologií; složitých funkčních závislostí; velké interoperability; velkého výkonu; a požadavků na vysokou bezpečnost, tj. funkčnost a spolehlivost i nízké ohrožení chráněných aktiv při podmínkách normálních, abnormálních i kritických. Rizikem velkých technických děl je právě jejich velikost, skutečnost, že zajišťují potřeby rozsáhlých populací a území, a že jejich případný výpadek má tudíž dalekosáhlé důsledky na tyto populace a tato území.

Současné poznání ukazuje, že svět, ve kterém žijí lidé, tj. lidský systém musí být ve stavu, že vzájemně propojené systémy, kterými jsou životní prostředí, sociální systém a systém technologický, existují ve vzájemném souladu, tj. je zajištěna jejich koexistence. **Koexistence** obecně znamená společná existence. Ve sledovaném případě jde o zajištění takových podmínek v lidském systému při umístění technického díla do prostředí, které zajistí společnou existenci propojených systémů, tj. sociálního, environmentálního a technologického.

O potřebě a důležitosti koexistence se dnes uvažuje v mnoha technických oborech. Práce [1-5] ukazují, že technická díla nemohou být navrhována jako uzavřené systémy, ale vždy musí být zvažováno jejich okolí a dynamický vývoj jak technického díla, tak jeho okolí. Přitom je třeba mít na paměti, že nejde vždy o synergie, a proto je třeba řešit konflikty. Jelikož každý

konflikt znamená problém, tak je třeba zajistit připravenost jak v oblasti řízení, tak v zázemí, a to v oblastech organizace, techniky, personálu a financí. To znamená opírat se o znalosti a jednat proaktivně.

Zde si je nutné uvědomit, že současné technické normy a standardy zajišťují zvládnutí pouze normálních a nejvýše abnormálních podmínek, tj. dle [2] cca 68.4 % podmínek. Pro zvládnutí zbývající části podmínek je třeba kvalifikovaně pracovat s riziky [5]. Pro zajištění integrální bezpečnosti technického díla [2,4-6] je třeba na základě současných znalostí v souvislosti s technologickými díly zvažovat All-Hazard-Approach, přístup Defence-In-Depth, umět sestavit program zvyšování bezpečnosti a kultury bezpečnosti v celém technologickém celku, a provádět řízení procesů pro podporu bezpečnosti po celou dobu životnosti technického díla. Např. je třeba zvažovat: možné lidské chyby při stavbě, konstrukci, montáži, provozu a řízení technologických děl; mechanická selhání komponent nebo celého systému; stárnutí prvků, komponent, zařízení, systémů; zastarávání postupů ve světle nových poznatků a poučení z havárií; chyby obsluhy i úmyslné útoky.

Z důvodu proměnnosti světa, která vede k nejistotám a neurčitostem v datech, na jejichž základě provádíme inženýrské výpočty pro stavbu, zařízení a konstrukce i pokyny pro provoz technologických děl si je třeba uvědomit, že při výskytu extrémních pohrom dojde k selhání, a proto je třeba mít připraven plán na zvládnutí neočekávaných nebo obtížně předem představitelných situací, který se především soustředí na minimalizaci lidských ztrát, a bude dbát na prevenci ztrát v technologickém díle (loss prevention) proto, aby bylo možné technologické dílo provizorně nahradit a posléze obnovit, což vede k tomu, že se zamezí jak ztrátě konkurenceschopnosti vlastníka technologického díla, tak ztrátě ekonomického potenciálu území a nadměrným výdajům veřejné správy na podporu nezaměstnaných [2,4].

Škody, ztráty a újmy způsobené pohromou danému technologickému dílu závisí na fyzikálních, chemických, biologických a časových charakteristikách pohromy a na charakteristice technologických děl, a to technické a sociální. Škody přímé jsou v důsledku přímého působení pohromy. Škody nepřímé jsou způsobené domino efekty, tj. dalšími pohromami, které iniciuje původní pohroma a poruchami infrastruktur, které vedou k neposkytování životodárných služeb [2-5]. Proto při práci s riziky je nutné:

1. Rozumět procesu vzniku pohrom a podmínkám, ve kterých proces probíhá.
2. Znat, kde pohroma může vzniknout a jaké má fyzikální a jiné charakteristiky.
3. Identifikovat ohrožení od pohromy dle stanovených standardů.
4. Stanovit dopady pohrom o velikosti ohrožení na chráněné zájmy.
5. Eliminovat nepřijatelné dopady pohrom tam, kde to jde za přijatelných nákladů.
6. U zbylých dopadů vypočítat pomocí prognostických modelů pravděpodobnost jejich realizace s tím, že se vezmou v úvahu i možná selhání preventivních opatření.
7. Vypočítat možné škody na chráněné zájmy v konkrétním území podle chráněných zájmů, které jsou skutečně v území a na základě pravděpodobností určit výši rizika.
8. Identifikovat a realizovat zmírňující opatření s ohledem na lidi, majetek a životní prostředí byla ALARP (tak malá, jak je rozumně možné dosáhnout).
9. Prokázat, že byla provedena všechna opatření k zabránění a zmírnění dopadů pohrom.

Podle [5] kritéria pro posuzování rizik vychází z:

- charakteru a druhu následků, které se mohou vyskytnout včetně jejich měření,
- způsobu stanovení pravděpodobnosti výskytu rizika,

- časového rámce následků a pravděpodobnosti výskytu rizika,
- způsobu určení úrovně rizika,
- úrovně, pod níž je riziko přijatelné nebo tolerovatelné,
- úrovně rizika, od níž je třeba zajistit cílenou odezvu,
- možnosti kombinace více rizik.

Podle Mezinárodní organizace pro standardizaci kvalifikované řízení rizik musí respektovat:

1. Řízení rizik musí být nedílnou součástí systému řízení sledované entity.
2. Řízení rizik musí být obsaženo v každém procesu rozhodování sledované entity.
3. Řízení rizik se musí explicitně zabývat nejistotou a neurčitostí v procesech a podmínkách sledované entity a jejího okolí.
4. Řízení rizik musí být systematické a strukturované.
5. Řízení rizik musí vycházet z nejlepších dostupných informací.
6. Řízení rizik musí být dynamické a vhodně reagovat na různé změny.
7. Řízení rizik musí být uzpůsobeno každé instituci.
8. Řízení rizik musí mít na zřeteli vliv člověka (lidský faktor).
9. Řízení rizik musí mít schopnost neustálého zlepšování

Zvládání rizik znamená „ovládnutí rizik“ a vyžaduje, abychom se dokázali pohybovat po ose „anticipace budoucího“ a „zhodnocení minulého“. Metody ekonomického hodnocení si kladou za cíl měřitelně prokázat, jaké jsou užitky a náklady různých variant rozhodnutí o riziku a na základě toho vybrat projekty řízení rizika nebo činnosti, které jsou schopné nejlépe přispět k růstu společenského blahobytu. Jinými slovy, ekonomické analýzy v pravém slova smyslu pracují jak s náklady, tak i dopady jednotlivých variantních programů a zabývají se volbou.

Problémy spojené s řízením rizik jsou i v oblasti dat a metod, např. jak zvládat náhodné a znalostní nejistoty, kdy lze použít zjednodušené výpočty, tj. zanedbat nelinearitu problému, časovou proměnnost apod. [5].

Protože z aplikace poznatků z přírodovědných, technických i sociálních věd vyplývá, že nic není absolutní, tak je v každém technickém díle nutno počítat s poruchami, nehodami, skoro nehodami i haváriemi. Zajistit u daného technického díla konkurenceschopnost a plnění základních funkcí znamená zvládnout problémy co nejlépe a v co nejkratší době, tj. být správně připraven (odezva na extrémní pohromy včetně postupů, personálního, materiálního, technického a finančního zajištění) [2,4].

Řešení problémů spojených s riziky spočívá v oblasti investiční, technické, technicko - organizační, správní a řídicí, vědeckovýzkumné, výchovy a dalších, a proto vyžaduje finanční zdroje a vysoce kvalifikované lidské zdroje. Efektivní řešení předmětných problémů nelze zajistit bez koncepčního řízení, pro které musí připravit podrobné, objektivní a systematické údaje objektivní výzkum. Operativní přístup při řešení problémů rizik bez navázání na strategické plány obvykle není správným řešením ve střednědobém a dlouhodobém výhledu, a proto ho lze použít jen při odezvě [2-6].

Úkolem řízení rizika je najít optimální způsob, jak vyhodnocená rizika snížit na požadovanou společensky přijatelnou úroveň, případně je na této úrovni udržet. Praktické provedení vyžaduje zdroje, síly a prostředky, kterých není nikdy nazbyt. Proto je třeba se orientovat na

závažná rizika, jak stanovuje TQM [9], používat principy ALARA, ALARP [2] a postupovat odpovědně, což znamená monitorovat provoz technického díla, nepřehlížet skoro nehody nebo hromadění malých narušení či zkušenosti z jiných technických děl.

Pro zajištění bezpečnosti zahrnující funkčnost, provozní spolehlivost a stabilitu se musí znát prahová hodnota – kritičnost, která určuje stav, při kterém SoS zaměřený na plnění určitých cílů nezajišťuje očekávané funkce v požadovaném čase, místě a v požadované kvalitě. Pro odhalení slabin SoS zaměřeného na plnění určitých cílů je nutno používat multikriteriální metody [4,5,7]. Současné chápání slova „kritický“ ve spojení se SoS znamená mezní plnění požadovaných cílů. Proto je třeba sledovat vzájemné závislosti mezi komponentami a dílčími systémy a řízení bezpečnosti SoS zacílit tak, aby respektovalo jak podmínky pro funkčnost celého SoS, tak podmínky nutné pro funkčnost jednotlivých systémů, [2-4].

V úvahu je třeba vzít zranitelnosti jednotlivých systémů vůči očekávaným pohromám v území a důležitosti dílčích systémů pro dané území. Zranitelnost systému je míra selhání systému (tj. systém přestane fungovat nebo bude fungovat nesprávně) v území a čase. Tuto míru lze měřit např. normovaným souhrnným (integrálním) rizikem od všech očekávaných pohrom v daném území nebo pravděpodobností výpadků systému, ke kterým dojde v důsledku těchto pohrom, do nichž se zahrnují i vnitřní problémy systému samotného. Proto se dále zaměříme na řízení integrálního rizika.

2.3. Řízení rizik mostů zacílené na bezpečnost

Podle údajů shromážděných v práci [2] kritičnost mostů lze snižovat aplikací ochranných opatření (např. zavedením opatření, která budou regulovat provoz mostu s ohledem na jeho momentální fyzický stav), vytvářením záložních řešení obslužnosti území, zpracováním a zajištěním realizace opatření a činností v plánech kontinuity, plánech pro nepředvídané události (contingency plan) a v krizových plánech. Zálohy a jejich prvky se nesmí kumulovat na jednom místě, ale musí se geograficky diverzifikovat, a pokud je to možné, musí se u záloh spoléhat na různé technologie. Proto strategie řízení bezpečnosti území v předmětné souvislosti musí být územně specifická, musí totiž respektovat míru důležitosti mostu v území a také míru zranitelnosti od specifických pohrom, které se liší území od území. Navíc kritičnost mostu v území se musí posuzovat v území o určité rozloze, která odpovídá obslužnosti od dané infrastruktury (pozn.: nároky na obslužnost jsou jiné v hustě osídleném území a jiné v řídko osídleném území).

Z práce [2] rovněž vyplývá, že vysoká zranitelnost mostu je příčinou vysoké kritičnosti mostu. Příčinou vysoké zranitelnosti je i malá robustnost mostu, způsobená např. malou odolností vůči možným pohromám v území, ve kterém je most umístěn. Podle EU je ochrana životně důležitých infrastruktur a jejich prvků, tj. v našem případě mostů věc veřejná i soukromá. Stát / vláda musí použít veškeré nástroje k podpoře spolupráce mezi veřejným a soukromým sektorem, tj. legislativu, výzkum, výchovu a vzdělání, finanční a jiné podpory. Jelikož veřejná správa je odpovědná za správu území, tak musí řídit mosty jako prvky kritické infrastruktury tak, aby jejich kritičnost byla přijatelná. Z pohledu veřejného zájmu je třeba odstranit nebo značně omezit možnosti zásahů politiků do rozhodování o infrastruktuře a jejich kritických prvcích, protože jejich cíle jsou zpravidla jiné než dlouhodobá funkčnost infrastruktury v území bez ohledu na to, která politická strana je u moci.

Protože každý most byl vyprojektován a postaven na základě určitého stavu znalostí o existujících rizicích a s rozvojem poznání a zvyšováním zranitelností území v čase z různých důvodů (např. větší počet lidí či výstavba zdrojů domino efektů) dochází jak ke zvýšení rizik, tak k objevení nových rizik. Musí se provádět modernizace a počítat s obnovou po výskytu

pohrom. Plán obnovy mostu musí být proaktivní, správně vyhodnocen, mít transparentně vypořádaná rizika a obsahovat odpovědi na otázky: co udělat?; jak to udělat?; v jakém časovém intervalu?; nezvýší to rizika pro jiná chráněná aktiva? Apod. Pro zajištění realizace musí být vždy stanovena jasná odpovědnost.

Podle údajů shromážděných v práci [3] je v souladu se světem vhodné pro hodnocení mostů jako kritických prvků používat pětistupňovou stupnici:

- velmi dobrý stav: prvek je v bezvadném fyzickém stavu a plní zamyšlené funkce. Náklady na údržbu jsou v souladu se standardy a normami. Prvek je nový nebo je nedávno obnoven. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy nejsou. Veškerý program je plněn účinně a efektivně,
- dobrý stav: prvek je fyzicky v dobrém stavu a plní zamyšlené funkce. Náklady na údržbu jsou v souladu se standardy a normami, ale rostou. Prvek je asi v polovině své životnosti. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy jsou jen občas. Veškerý program je plněn přijatelně,
- přijatelný stav: prvek vykazuje známky opotřebení a nižší výkonnosti než je zamyšlená. Některé části jsou nedostatečné, Náklady na údržbu překračují částky stanovené standardy a normami, a rostou. Prvek byl dlouho používán a je v poslední fázi své životnosti. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy jsou časté. Veškerý program je většinou plněn, objevují se však neúčinné a neefektivní způsoby plnění,
- špatný stav: prvek vykazuje významné známky opotřebení a plní zamyšlené funkce na nízké úrovni. Mnoho částí je nedostatečných. Náklady na údržbu významně přesahují částky ze standardů a norem. Prvek se blíží ke konci své životnosti. Nároky na provoz přesahují údaje v projektu, provozní problémy jsou zřejmé. Veškerý program je plněn jen v značně omezeném rozsahu,
- kritický stav: prvek je ve špatném stavu a nepracuje tak, jak by měl. Je vysoká pravděpodobnost jeho selhání. Náklady na údržbu jsou vysoce nepřijatelné ve srovnání se standardy a normami, rekonstrukce není nákladově efektivní. Je nutná výměna. Nároky na provoz jsou výrazně vyšší než projektové; provozní problémy jsou vážné a trvalé. Stanovený program není plněn.

Podle [8] *nástroje pro řízení mostů* jsou nástroje státu, jeho orgánů i organizací, které zajišťují bezpečnost mostu, tj. jinými slovy ochranu a rozvoj chráněných aktiv, jsou následující:

- akty řízení a nástroje pro jejich aplikaci na úrovních politické, strategické, taktické, operativní (funkční) i technické. Musí být založené na kvalifikovaných datech, odborných hodnoceních a správných metodách rozhodování, a jejich vynucení musí být dáno veřejným zájmem,
- výchova a vzdělání zúčastněných lidí, a to včetně občanů, kteří jsou systémem ovlivněni,
- specifická výchova technických a řídicích pracovníků v organizační struktuře systému i ve veřejné správě,
- technické, zdravotnické, ekologické, kybernetické a jiné standardy, normy a předpisy, tj. nástroje pro regulaci procesů, které mohou nebo by mohly vést k výskytu (vzniku) škodlivých jevů nebo k zesílení jejich dopadů,
- inspekce,
- výkonné složky ke zvládnutí nouzových a kritických situací,

- systémy řízení ke zvládnutí kritických situací,
- plánování bezpečnostní, nouzové, continuity (ve smyslu přežití kritických situací) a krizové.

Jelikož provoz mostů není statický problém, ale problém dynamický, musí se provádět řízení bezpečnosti, ve kterém je obsažena problematika údržby, pomocí indikátorů zvažujících změny v čase. Každý provoz i jeho organizace jsou jedinečné, a proto indikátory jim musí být přizpůsobeny na míru. Existuje obecný logický postup pro jejich sestavení a používání, ale použití v konkrétní praxi musí zohledňovat místní specifika.

Podle [2] další aspekt, který hraje roli při dopadu pohromy na systém je resilience (houževnatost), která na rozdíl od zranitelnosti, odpovídá na otázku „Jak systém reaguje?“. Na základě analýzy současného poznání existují dále uvedené typy resilience:

1. Inženýrská resilience se soustřeďuje na stabilitu v blízkosti ustáleného stavu, na rezistenci vůči poruchám a na rychlost návratu do původního stavu.
2. Systémová resilience se soustřeďuje na podmínky vzdálené od rovnovážného ustáleného stavu, ve kterém poruchy mohou přepnout systém z jednoho stavu do jiného. Systémová resilience souvisí s přizpůsobivostí (adaptabilitou), výdrží a proměnlivostí.
3. Sociální resilience nemusí být vždy žádoucí, protože naopak může podporovat nežádoucí status quo.

Z teorie řízení systémů vyplývá, že resilience (houževnatost) systému souvisí s robustností, redundancí, vynalézavostí a rychlostí nastartování správné odezvy. Resilience (pružná odolnost, houževnatost) je potenciál systému, který spočívá ve specifickém uspořádání systému, které: udržuje funkce a zpětné vazby systému; a zahrnuje schopnost systému reorganizovat se na základě změn vyvolaných poruchami. Z toho vyplývá, že řízení udržitelnosti musí vycházet z řízení resilience, které má dva cíle:

1. Zabránit vzniku případu, že se systém dostane do nežádoucích stavů v důsledku výskytu vnějších poruch a vnější zátěže.
2. Uchovat prvky aktivující systémovou reorganizaci a obnovu v důsledku masivních změn.

Proces řízení resilience probíhá ve třech krocích, tj.:

Krok 1: Resilience koho, čeho? Navrhuje se konceptuální model systému na základě specifických otázek: Jaké jsou prostorové hranice systému?; Jaké jsou klíčové systémové služby využívané v systému?; Jaké jsou zainteresované skupiny?; Jaké jsou klíčové složky systému, jak se charakterizují, jaký je jejich význam a dynamika?; Jaký je historický profil systému?; Jaké systémové proměnné působí jako hybné síly klíčových systémových služeb a produktů?; Které faktory jsou kontrolovatelné a zvladatelné?

Krok 2: Resilience vůči čemu? (scénáře). Analyzují se vnější poruchy a rozvojové procesy (procesy udržitelného rozvoje) a popisují se žádoucí uspořádání, která jsou resilientní. Scénáře se musí vyhnout především nekontrolovatelným a víceznačným vnějším hybným silám.

Krok 3: Analýza resilience. Zkoumají se interakce mezi vnějším působením a resilientními složkami a zjišťují se procesy v systému, které ovládají dynamiku systému. Klíčovým prvkem analýzy resilience je určení *prahové hodnoty*.

Z výše uvedeného vyplývá, že při inženýrských problémech se zabýváme zranitelností a resiliencí, a s jejich pomocí vypořádáváme rizika; snižujeme zranitelnost a zvyšujeme

resilienci. Kritičnost mostu je funkcí zranitelnosti a resilience mostu, a také důležitosti mostu pro život lidské společnosti. Z analýzy odborné literatury vyplývá:

1. Na základě praxe na Novém Zélandě je navržena strategie monitorování mostů zacílená na prevenci ztrát [10]; tj. „*asset management*“. Předmětná strategie je založena na principu řízení významných rizik pro mosty. Optimalizuje systém monitoringu i údržbu podle důležitosti mostu pro území v dlouhodobém časovém intervalu. Za selhání mostu se považuje každá situace, při které most neplní požadovanou obslužnost definovanou ve strategickém plánu území či státu. Proto se zaměřuje na řízení prioritních rizik během celé životnosti mostu. Monitoring mostů zahrnuje:
 - vizuální kontroly,
 - nedestruktivní technická hodnocení stavu,
 - systémová hodnocení stavu prováděná experty za účelem posouzení bezpečnosti mostu pro potřebu stanovení opatření řízení prioritních rizik.
2. Cílem všech hodnocení bezpečnosti mostů dle [11-15] je posoudit:
 - složité síťové interakce vyplývající z rozdílných vlastností pozemní komunikace,
 - nejistá zatížení, klimatické, meteorologické a provozní podmínky,
 - místní pohromy a specifické degradační procesy,
 - potřeby velkých průmyslových podniků, které mají specifické nároky na převoz zboží,
 - specifické potřeby obslužnosti ze strany obrany a nouzových služeb,
 - nejistoty a neurčitosti v materiálových charakteristikách mostů a z toho plynoucí mezní podmínky pro provoz,
 - otázky dlouhodobé životnosti a současného stavu.Hodnocení životnosti a současného stavu mostu je dle [11,12] nutno zaměřit na:
 - korozi ocelové výztuže mostu,
 - rozvrstvení betonových ploch,
 - šířku trhlin v betonových strukturách,
 - únavu ocelových struktur,
 - identifikaci velkých napjatostí v ocelových strukturách,
 - posuzování dřevěných částí.Pomocí systémového hodnocení se zjišťují dopady způsobené:
 - ztekucením materiálu,
 - zatopením mostu,
 - vahou vozidel,
 - režimem dopravního provozu.
3. Práce [16] se zabývá riziky, která působí období vysokých teplot na mosty a navrhuje metodu pro vyhodnocení kritičnosti, která je s těmito riziky spojená. Uvedené výsledky ukazují velkou kritičnost u betonových mostů způsobenou extrémními teplotami.
4. Z důvodu velkých dopadů teroristických útoků na důležité prvky kritické infrastruktury, do kterých patří i mosty na důležitých pozemních komunikacích, je vyvinuto mnoho

metod, které se zabývají určením kritičnosti mostů s ohledem na teroristický útok, např. [17]. Důležitá je jak fyzická ochrana, tak promyšlené rozmístění náhradních komponent důležitých mostů v území.

5. Stav mostů se mění v čase v důsledku meteorologických podmínek i změn zatížení. Proto je důležité mít u významných mostů zaveden systém řízení mostu BMS (Bridge management system) [18]. Systém řízení musí vycházet ze sledování kritičnosti. Při určování kritičnosti roli hrají:

- stáří mostu,
- geometrický tvar struktury mostu,
- materiál, ze kterého je most zhotoven,
- zatížení mostu pravidelná i občasná extrémní,
- meteorologické podmínky apod.

Odolnost ocelových mostů ovlivňuje koroze a únava materiálu [18].

6. Podle dokumentu USA [19] pro zajištění bezpečnosti mostů je nutné:

- centralizovaná hierarchie při řízení mostů,
- použití takových technologií při opravách a údržbě, které zmírní přerušování dopravy na přijatelnou míru,
- při každé práci na mostě je třeba provádět opatření na zvýšení bezpečnosti a na zmírnění nepřijatelných dopadů na místní hospodářství a komunity,
- při výběru postupů pro práci na mostech je třeba přihlížet ke kritičnosti mostu, nákladům na práce, mobilitu uživatelů mostu, celkové bezpečnosti, bezpečnosti při práci a dopadům na hospodářství a lidskou společnost,
- mít plán prací, který počítá s vypořádáním možných rizik.

7. Podle prací [20-23] se kritičnost mostu určuje skórováním. Hodnotí se

- sociální a ekonomická důležitost mostu,
- důležitost mostu pro běžný život a provoz,
- důležitost mostu z pohledu bezpečnosti a potřeb pro ochranu zdraví.

Pro zajištění bezpečnosti mostů, které jsou kritickým prvkem jak dopravní infrastruktury, tak celé kritické infrastruktury je nutné omezit používání jednoduchých modelů a představ, a použít koncept složitějšího technického díla v dynamicky se vyvíjejícím složitém světě. Pro správné řízení rizik je třeba dle [2,4] v každém jednotlivém případě mostu:

1. Identifikovat iniciační jevy a sekvence následných jevů, které mohou významně přispět ke škodám a újmám na chráněných aktivech při poruše mostu nebo při nízké kapacitě provozuschopnosti, která vede k výraznému snížení obslužnosti území.
2. Poskytnout realistické kvantitativní míry pravděpodobnosti výskytu jevů, které způsobí realizaci rizik.
3. Poskytnout realistické vyhodnocení potenciálních dopadů škodlivých jevů spojených s hypotetickými sekvencemi jevů, které vedou k havárii mostů nebo k nízké kapacitě jejich provozuschopnosti.
4. Poskytnout rozumné podklady pro rozhodování o řízení rizik mostů během provozu, tj. adresné plány řízení rizik.

3. Data a metody výzkumu

Na základě studia dostupných 36 zdrojů z celého světa byla sestavena databáze obsahující data o selháních mostů [24]. Databáze obsahuje data od r. 1297 o 281 selháních mostů. Vzhledem k tomu, že most je technický systém, který interaguje během své životnosti s okolím, předmětná data byla zpracována metodami, které používají inženýrské disciplíny pracující s riziky, a to Ishikawův diagram [7].

Samostatný výsledek pro ČR byl získán na základě zpracování dat [25], která neobsahují všechny údaje důležité pro bezpečnost mostu, jsou zaměřené na spolehlivost mostů. To znamená, že chybí údaje jak o veličinách, které jsou v čase náhodně proměnné (změny materiálu, změny tvaru a propojení konstrukcí, stárnutí, změny zatížení a změny prostředí), tak o dopadech externích jevů a úmyslných lidských činů. K dispozici jsou pouze údaje spojené se spolehlivostí mostních konstrukcí. Proto soupis zdrojů rizik je omezený; chybí v něm řada zdrojů rizik, které jsou důležité pro bezpečnost mostů.

4. Zdroje rizik, které narušují bezpečnost mostů

Analýza databáze selhání mostů [24] ukazuje, že člověk je jak tvůrcem mostů, tak i nositelem jejich zkázy. Lidský faktor se nežádoucím způsobem uplatňuje jak chybami při jednotlivých úkonech při navrhování, výstavbě a konstrukci, tak chybami v řízení provozu na mostech. Inspekce prováděné po kolapsech mostů často jako jednu z příčin kolapsu mostu určily lidskou chybu, a to především v řízení bezpečnosti mostu během životnosti [24]. Jde o chyby spojené s:

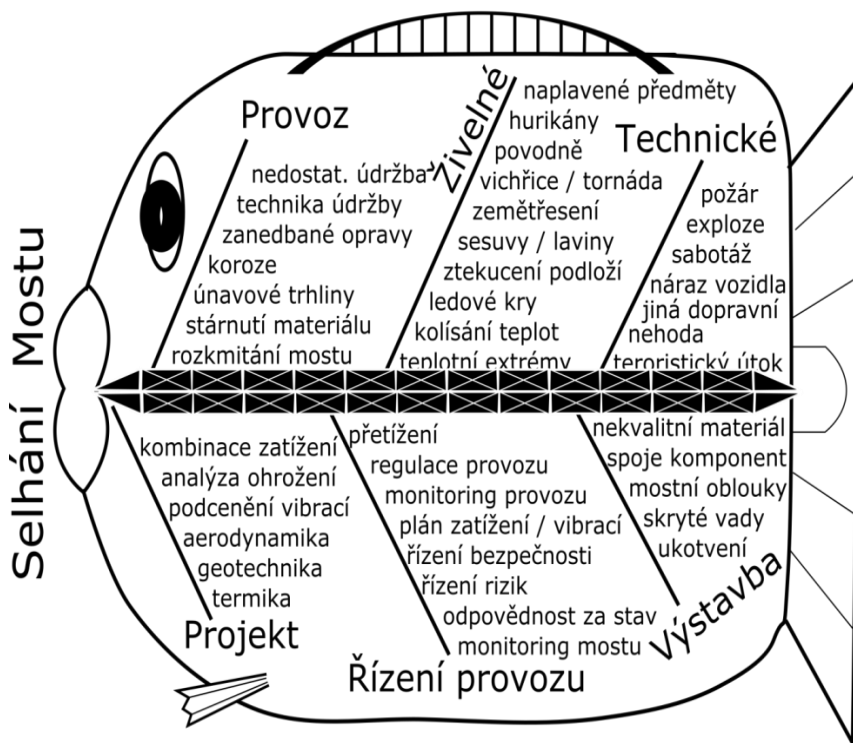
- zanedbáním významných pohrom v území, ve kterém se nachází most, anebo podcenění jejich velikosti, tj. nerespektování principu All-Hazard-Approach,
- návrhem a výstavbou mostu (špatné zadávací podmínky, chyby v projektu, chyby ve výpočtech, malá robustnost konstrukce apod.),
- nedostatečnou regulací provozu, tj. povolen provoz, který způsobuje zatížení překračující mezní hodnoty technických parametrů mostu,
- nedostatečným řízením přepravy v území, tj. povolena přeprava v území, která způsobuje zatížení překračující mezní hodnoty technických parametrů mostu,
- nedostatečnou údržbou mostních objektů, tj. nekvalitně prováděná údržba a opravy, které způsobují degradaci kritických prvků a systémů mostů,
- nedostatečnou regulací rychlostí vozidel na mostě,
- nedostatečnými financemi pro opravy a údržbu mostů,
- nedostatečnou kvalitou správy mostu,
- zanedbáním dohledu nad bezpečností mostu,
- chybným plánováním a koordinací opatření pro řízení prioritních rizik.

Kritická analýza databáze selhání mostů odhalila, že příčiny selhání mostů jsou:

- **živelní pohromy:** zemětřesení, povodně, vichřice, tajfuny, tornáda, hurikány, sesuvy, laviny, ztekucení podloží; síla nahromaděných ledových ker; síla nahromaděných velkých a objemných předmětů,

- **změna podmínek prostředí:** velké rozdíly teplot během krátké doby, velká námraza, vysoká teplota,
- **technické pohromy:** nárazy vozidel do mostů, požár vozidel na mostě, exploze vozidla na mostě, mechanické poškození mostu vozidlem, dopravní nehoda na mostě, exploze v blízkosti pilířů mostu,
- **chyby v projektu mostu:** špatné kombinace zatížení; podcenění velikostí možných pohrom; nezávažení resonancí v konstrukci; podcenění vibrací; nezávažení aerodynamických sil; nezávažení geotechnických zranitelností v podloží; nezávažení velkých teplotních rozdílů apod.,
- **chyby při výstavbě a konstrukci mostu:** nekvalitní materiál (často ochuzený beton); skryté vady v materiálu; špatné ukotvení; chyby ve spojích komponent; špatné provedení mostních oblouků apod.,
- **technické chyby při provozu mostu:** nedostatečná údržba; špatná technika údržby; zanedbané opravy; neprovádění včasných oprav; koroze; únavové trhliny v materiálu; podcenění stárnutí materiálu, rozkmitání mostu v důsledku specifického provozního zatížení, apod.,
- **chyby v řízení provozu mostu:** časté přetížení; nedostatečná regulace provozu v závislosti na limitách a podmínkách mostu jako technického díla; chybí monitoring provozu; chybí plán řízení provozu s ohledem na zatížení a na vznik specifických vibrací; chybí program řízení bezpečnosti; chybí řízení celkové bezpečnosti mostu; není stanovena odpovědnost za stav mostu; chybí plán řízení rizik mostu,
- **sabotáže,**
- **teroristické útoky.**

Obrázek 1 ukazuje roztřídění příčin selhání mostů.



Obr. 1. Příčiny selhání mostů na pozemních komunikacích z pohledu rizik, které narušují bezpečnost mostů.

6. Zdroje rizik, které narušují spolehlivost mostů v ČR

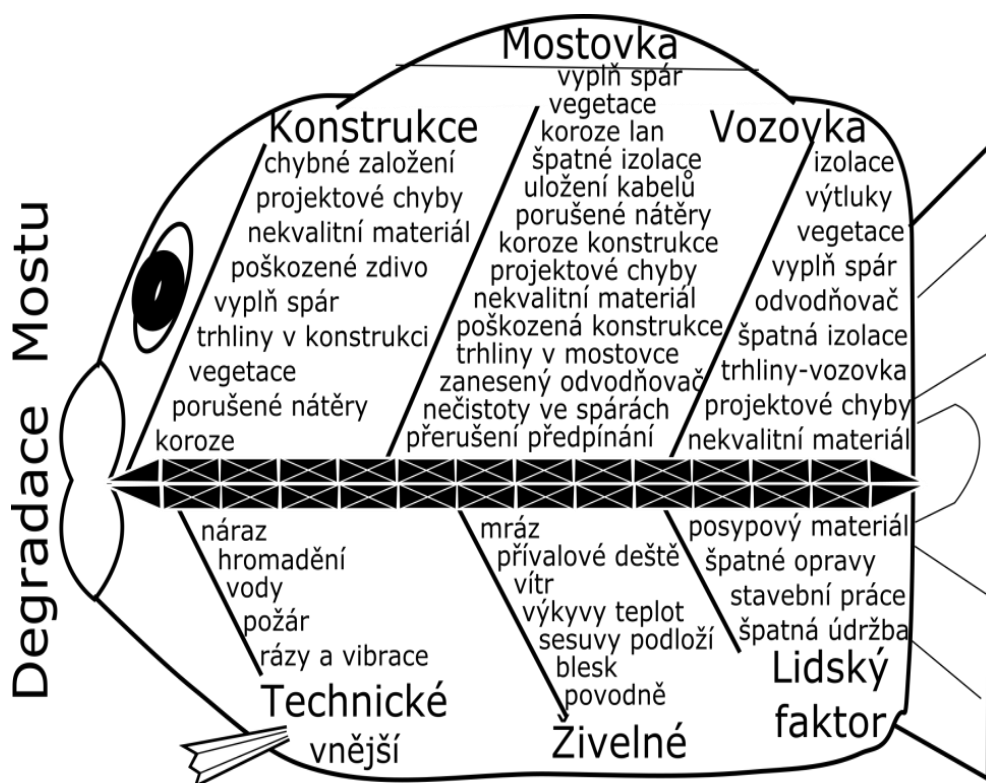
Datový soubor [25] neobsahuje údaje o všech příčinách rizik z oblasti řízení provozu na mostech a ze správní oblasti; nejsou sledovány zdroje rizik spojené s typem vozidel, vahou vozidel, rychlostí vozidel, hustotou provozu vozidel na mostu, dopravním režimem a s dohledem nad celkovou bezpečností mostu ze strany státu. Proto na jeho základě, lze stanovit jen některé zdroje rizik, které narušují bezpečnost mostů. Analýzou předmětného katalogu bylo zjištěno, že kritická místa mostů jsou:

- upevnění nosné konstrukce do podloží,
- nosná konstrukce,
- mostovka,
- vozovka,
- předpínací lana u ocelových nebo železobetonových mostů,
- ložiska,
- odvodňovače,
- dilatační správy.

Jejich narušení, která způsobují degradaci mostu, jenž může vést až k selhání celého mostu, způsobují příčiny:

- živelní pohromy: mráz; příválové deště; vítr; velké výkyvy teploty; sesuvy podloží; blesk; povodně,
- technologické pohromy vnější: náraz do konstrukce; hromadění povrchové vody na vozovce; požár na vozovce; rázy a vibrace od provozu vozidel,
- lidský faktor: špatná údržba, špatné opravy; velké množství posypového materiálu; stavební práce na vozovce,
- nosná konstrukce: chybné založení v podloží; chyby v projektu; nekvalitní materiál beton či ocel; poškozené zdivo; špatně vyplněné spáry; povrchové trhliny v omítce; trhliny ve zdivu; trhliny smykové; výskyt vegetace; únavové trhliny v ocelových prvcích; porušené nátěry; koroze betonu
- mostovka: chyby v projektu; nekvalitní materiál beton či ocel; poškozená konstrukce; špatně vyplněné spáry; trhliny povrchové; hluboké trhliny; trhliny smykové; zanesený odvodňovač; výskyt vegetace; únavové trhliny v ocelových prvcích; porušení nátěrů betonových i ocelových prvků; koroze ocelových lan; koroze betonu; špatné izolace; nesprávně uložené kabely v mostovce; nahromadění nečistot ve spárách; přerušení předpínacích lan,
- vozovka: chyby v projektu; nekvalitní materiál; poškozený povrch – trhliny a výtluky; špatně vyplněné spáry; zanesený odvodňovač; výskyt vegetace; špatné izolace.

Obrázek 2 ukazuje příčiny degradace technického stavu mostů zobrazené pomocí Ishikawova diagramu; zdroje rizik sledované v ČR s ohledem na zajištění spolehlivosti mostu.



Obr. 2. Příčiny selhání mostů na pozemních komunikacích z pohledu rizik, které narušují spolehlivost mostů.

6. Opatření pro zvýšení bezpečnosti mostů

Z pohledu současných potřeb a cílů dále navržený soubor opatření vychází ze znalostí a zkušeností získaných aplikací integrální bezpečnosti a z analýz selhání mostů. Dle práce [4] je třeba mít systém řízení bezpečnosti (SMS) mostů zacílený na integrální bezpečnost. Koncept SMS musí mít jasný program na zvyšování bezpečnosti, a to včetně kultury bezpečnosti. S ohledem na poznatá rizika, která vedla k selhání mostů je pro zajištění bezpečnosti mostu nutné:

- jasně stanovit požadavky na zadávací podmínky mostu, tj. aplikace All-Hazard-Approach; odpovědnost navrhovatele + odpovědnost dozoru Státu,
- jasně stanovit požadavky na projekt, výstavbu a konstrukci mostu, tj. aplikace Defence-In-Depth; odpovědnost stavitele + odpovědnost dozoru Státu,,
- jasně stanovit požadavky pro provoz mostu; odpovědnost provozovatele + odpovědnost dozoru Státu,
- provozovat monitoring prioritních rizik a s ním spojený podpůrný systém pro kvalitní rozhodování o rizicích v případě, že jsou vážně narušeny limity a podmínky zajišťující bezpečnost mostu,
- vypracovat a v praxi používat plán řízení rizik konkrétního mostu, který obsahuje způsob vypořádání rizik a příslušné odpovědnosti v jednotlivých vrstvách systému řízení bezpečnost,

- zajistit alokaci zdrojů, sil a prostředků, které vytvoří schopnost včasné zvládnout možná rizika, jejich realizace má potenciál vážně narušit bezpečnost mostu, a tím i obslužnost území a další veřejná aktiva.

7. Závěr

Článek ukázal seznam zdrojů rizik, které ovlivňují bezpečnost mostů, a tím poškozují bezpečí veřejných aktiv, která člověk potřebuje k životu. Na základě znalostí o zvládnání rizik technických děl se v článku navrhuje, aby v souladu s praxí ve vyspělých zemích měl každý důležitý most systém řízení bezpečnosti mostů zacílený na integrální bezpečnost. Na základě poznatků o selhání mostů je uveden seznam nejdůležitějších položek, kterým je potřeba věnovat pozornost při řízení bezpečnosti mostů.

Kultura bezpečnosti při tvorbě a provozu mostů souvisí s organizační kulturou, která je souborem dohodnutých pravidel uplatňovaných v řízení organizačních jednotek státu dohlížejících na tvorbu a provoz mostů, tj. na vytváření norem institucionálního chování. Znamená správné aplikování znalostí, přemýšlení a správné reakce na reálné situace. Nejde totiž jenom o dodržování norem a předpisů zacílených na spolehlivost mostů, protože tím můžeme přehlédnout jevy, které normy a předpisy nevidí. Z hlediska veřejného zájmu most musí být bezpečný, tj. zajišťovat požadované úkoly na úseku obslužnosti a ani při svých kritických podmínkách neohrožovat sebe a své okolí.

V rámci dalšího výzkumu budou použity výsledky projektu RIRIZIBE [6] a bude sestaven systém pro podporu rozhodování pro posouzení míry bezpečnosti mostu; a pro vybrané důležité mosty bud sestaven plán řízení rizik.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. Praha: ČVUT 2012, ISBN: 978-80-01-05103-0, 318p.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D., *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05245-7. ČVUT, Praha 2013, 223p.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [6] CVUT. Projekt „Řízení rizik a bezpečnost složitých technologických objektů (RIRIZIBE)“ CZ.02.2.69/0.0/0.0/16 _018/000.
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN: 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [8] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. ČVUT, Praha 2011, 483p.

- [9] ZAIRI, M. *Total Quality Management for Engineers*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1991.
- [10] BUSH, S., OMENZETTER, P., HENNING, T. F. P., MCCARTEN, P. A *Risk and Criticality Based Data Collection and Monitoring Strategy for Bridge Asset Management*. <http://hdl.handle.net/2292/2528>
- [11] CHEN, G. A Pragmatic and Innovative Approach for Civil Infrastructure Management: Structural Behavior Monitoring. In: *Nondestructive Characterization for Composite Materials, Aerospace Engineering, Civil Infrastructure, and Homeland Security*. San Diego: SPIE 2010, pp. 76491I-76410-
- [12] ANSARI, F. Autonomous Multi-Scale Self-Regenerative Systems for Monitoring of Civil Structures. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure*. Zurich 2009. pp 1-7.
- [13] RIMS. *Guidelines for Data Collection and Monitoring for Asset Management of New Zealand Road Bridges*. IPWEA 2015
- [14] AUSTRROADS. *Guidelines for Bridge Management*. Sydney: NSW 2004.
- [15] US. *Bridge Inspection Committee - State Bridge Inspection Manual*. Washington: State Department of Transportation Administrative and Engineering Publications 2010
- [16] ILOMETS, S., KALAMEES, T. Evaluation of the Criticality of Thermal Bridges. *Journal Build Rehabilitation*, 1 (2016), 11 DOI 10.1007/s41024-016-0005-6
- [17] BENSI, M. T., BHATTACHARYA, B. Probability-Based Vulnerability and Criticality Assessment of a Highway Bridge Subjected to Terrorist Attack. In: *Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering*. ISBN 978-0-415-45134-5. London: Taylor & Francis Group 2007, pp. 1-8.
- [18] AFLATOONI, M., CHAN, T. H. T., THAMBIRATNAM, D. P., THILAKARATHNA, I. *Classification of Railway Bridges Based on Criticality and Vulnerability Factors*. <http://asec2012.conference.net.au/papers/117.pdf>
- [19] DEPARTMENT OF CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING. Rapid Replacement/Construction of Bridges. *CFIRE 02-02 (2012)*. www.cfire.wistrans.org
- [20] UKKUSURI, S. V., YUSHIMITO, W. F. A Methodology to Assess the Criticality of Highway Transportation Networks. *J. Transp. Secur.* (2009), 2, pp. 29–46.
- [21] HAM, D. B., LOCKWOOD, S. *National Needs Assessment for Ensuring Transportation Infrastructure Security-Contractor's Final Report, Requested by American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Transportation Security Task Force*. http://freight.transportation.org/doc/NCHRP_B.pdf, Accessed: Mar01, 2007
- [22] LATORA V., MARCHIORI, M. *Vulnerability and Protection of Infrastructure Networks*. *Phys. Rev. E. Stat. Nonlin. Soft Matter Phys.* 71:015103. R.doi:10.1103/PhysRevE.71.015103
- [23] LIU, C., FAN, Y. Y. *A Two-Stage Stochastic Programming Model for Transportation Network Retrofit*. CDROM. Washington: Transportation Research Board of the National Academies, 2007.
- [24] ČVUT. *Archiv databází, publikací a výzkumných zpráv*. Praha: ČVUT, fakulta dopravní 2018.

[25] MD ČR. *Katalog závad mostních objektů pozemních komunikací*. Praha: MD ČR, 2008. č.j. 850/08-910-IPK/1, 188p.

Poděkování: Autoři děkují Ministerstvu průmyslu ČR za grant FV20585 „Operativní metody monitorování, predikce životnosti mostů a zajištění bezpečných mostů“ v jehož rámci byl článek zpracován.

ŘÍZENÍ BEZPEČNOSTI MOSTŮ A ČESKÁ LEGISLATIVA

BRIDGES SAFETY MANAGEMENT AND CZECH LEGISLATIVE

Dana Procházková^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: Mosty jsou kritickými prvky dopravní infrastruktury, která je jednou ze základních infrastruktur, které tvoří kritickou infrastrukturu. Pro zajištění bezpečí lidí je důležitá obslužnost území, a proto je důležitá bezpečnost dopravní infrastruktury, a to především jejich kritických prvků, jako jsou mosty. Pro kvalitní řízení bezpečnosti mostů jsou důležité jejich technické parametry i styl řízení jejich bezpečnosti, a to při projektování, výstavbě i provozu. Parametry řízení mostů nastavuje platná legislativa i její vynutitelnost. Provedená analýza legislativy ukazuje, že řízení mostů v ČR se děje na základě konceptu spolehlivosti technických děl. Z důvodu zajištění základních funkcí státu je třeba řízení mostů provádět na základě konceptu integrální bezpečnosti.

Klíčová slova: kritická infrastruktura; most; riziko; bezpečnost; spolehlivost; provozní spolehlivost; řízení bezpečnosti.

Abstract: Bridges are critical elements of the transportation infrastructure, which is one of the basic infrastructures that constitute the critical infrastructure. For ensuring the human security, it is important the territory serviceability, and therefore, the transport infrastructure safety is important, namely their critical elements such as there are bridges. For quality bridge safety management, there are important both, their technical parameters and the safety management style, namely during the design, construction and operation. Bridge management parameters set the legislation in force and its enforceability. The performed analysis of the Czech Republic legislation shows that bridge control is performed on the concept of reliability of technical facilities. From the reason of ensuring the essential functions of the State, it is needed to perform the bridge management based on the concept of integral safety.

Key words: critical infrastructure; bridge; risk; safety; reliability; dependability; safety management.

1. Úvod

Dopravní infrastruktura je jednou ze základních infrastruktur, které tvoří kritickou infrastrukturu každého státu [1]. Jejím cílem je zajistit obslužnost území za podmínek

^{*)} doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

normálních, abnormálních a kritických. EU ji proto věnuje systematickou péči [2]. V České republice upravují ochranu kritické infrastruktury právní předpisy: zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení; nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení; a nařízení vlády č. 432/2010 Sb. o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury [3]. Právě poslední zmíněný předpis upravuje způsob určování kritických prvků; podle něho do řady kritických prvků patří mosty na dálnicích a silnicích první třídy.

Bezpečný provoz mostů závisí na mnoha různých faktorech, jako jsou: technické parametry a jejich změny v čase, režim dopravy, kvalita oprav a údržby, pohromy všeho druhu, které se v území, ve kterých jsou umístěny, mohou vyskytnout [4]. Proto řízení rizik spojených s mosty zacílené na bezpečnost během celé životnosti se musí soustředit na proměnnou úroveň rizika. Předmětná úroveň je ovlivněna způsobem provozu (dvě krajní meze jsou:

- pracovat kvalitně s prioritními riziky,
- co možná nejvíce rizik podcenit a soustředit se na dosažení velkého zisku)

a úrovní údržby. To znamená, že musí být zvažovány nejen technické, ale i: lidské a organizační aspekty; řízení degradace technického díla a jeho prioritních zařízení; monitoring a řízení zásadních faktorů rizika (velikost zranitelnosti, četnost výskytu realizace); podmínky prvků bariér bezpečnosti; a možnosti snížení rizik [4].

Na základě poučení ze studia selhání mostů se ve vyspělých zemích požaduje, aby každý důležitý most byl kvalitně monitorován a měl kvalitní systém řízení bezpečnosti monitoring mostů [5,6]. Protože dopravní zatížení a velikost nákladů přepravovaných po mostech stále rostou, tak mnoho vyspělých zemí provádí posuzování smykové kapacity mostů. Např. výzkum mostů [7] ukázal, že u 60 % mostů v Holandsku je kapacita mostu kritická, tj. provoz probíhá za podmínek, které jsou na hranici kritičnosti, a proto stát musí provést nápravu. To, že řada mostů ve vyspělých zemích je provozována na hranici kritických podmínek ukázala havárie mostu v Janově dne 15. 8. 2018, při které podle sdělovacích prostředků zahynulo minimálně 43 lidí a mnoho dalších lidí bylo zraněno [8].

Analýzy havárií a selhání technických děl [4,9] ukazují, že jde o problém u mnoha technických děl, protože česká legislativa neukládá, aby se při projektování zvažovaly dynamické změny způsobené během provozu (výskyt živelních pohrom, vibrace, provozní zatížení, únava materiálu, stárnutí, apod.), kombinace možných zatížení a možná nežádoucí propojení, která jsou možná při podmínkách jiných než normálních, které zvažují normy.

Jelikož každé vypořádání rizik vyžaduje zdroje, síly a prostředky, tak stát pro zajištění svých základních funkcí musí vytvořit podmínky pro kvalitní práci s riziky ve všech entitách, které jsou důležité. Proto se článek zabývá otázkou, na jaké úrovni česká legislativa a používané normy a standardy vytváří podmínky pro bezpečnost mostů.

2. Bezpečnost a spolehlivost

Bezpečnost i spolehlivost jsou důležité vlastnosti technických děl. Obě jsou spojeny s rizikem a používají stejné metody a postupy pro práci s riziky. Jejich vzájemný vztah se na základě analýz velkých havárií technických děl provedených koncem sedmdesátých a počátkem osmdesátých let minulého století, změnil [9-12]. Výrazně k tomu přispělo i důsledné uplatnění teorie systémů a zavedení pojetí integrální bezpečnosti v r. 1994 [13].

2.1. Riziko

Riziko je fenomén současné doby. Ve strategickém řízení *riziko* označuje pravděpodobnou velikost škod, ztrát a újmy na chráněných aktivech, která: odpovídá ohrožení spojenému s danou pohromou, které je normativně stanovené; a je normována na jednotku času a území, popř. vybranou velikost skupiny lidí [14].

Vždy, když pracujeme s rizikem, ať ho řídíme nebo s ním vyjednáваме, a to v klasickém pojetí nebo v moderním pojetí zaměřeném na bezpečí a udržitelný rozvoj, tak musíme respektovat, že hlavními znaky každého rizika jsou nejistota a neurčitost. Jejich příčiny dělíme na odchylky vznikající při průběhu děje, který je:

- obvyklý za normálních podmínek systému, kdy vznikají jen malé variace (zdroj nejistot),
- skutečný, kdy vznikají příležitostné změny procesu v systému, které vedou k výskytu příležitostných extrémních hodnot (zdroj nejistot a příležitostných neurčitostí),
- proměnný, kdy vznikají velké změny procesu v systému, např. způsobené vnějšími příčinami (zdroj neurčitostí).

Nejistota souvisí s rozptylem pozorování a měření. Lze ji do hodnocení a predikce zapracovat pomocí aparátu matematické statistiky. Neurčitost souvisí jak s nedostatkem znalostí a informací o procesu, tak s přirozenou variabilitou procesů a dějů, které vyvolávají pohromy nebo dokonce hrubými chybami. Pro zapracování a zvážení neurčitostí je aparát matematické statistiky nedostatečný a je třeba používat jiný, modernější matematický aparát, který poskytují např. teorie extrémních hodnot, teorie mlhavých množin, teorie fraktálů, teorie dynamického chaosu, vybrané expertní metody a vhodné heuristiky [15].

Neurčitost dat vyplývá ze skutečnosti, že data jsou neúplná, nehomogenní (tj. jejich přesnost závisí na jejich velikosti nebo na čase výskytu) a nestacionární, tj. data mají značný rozptyl a jsou zatížena náhodnými a někdy i systematickými chybami, jejichž funkce rozdělení obvykle není možno stanovit. Protože není nic absolutně přesného, tak obecně u každé veličiny, kterou zkoumáme, musíme zvažovat nejistoty a neurčitosti dat. Proto bezpečnostní i rizikové inženýrství vyžadují, aby se při řešení úkolů ověřovala kvalita datových souborů z hlediska jejich věrohodnosti s ohledem na daný úkol.

Rizika vstupují do veřejné oblasti, naplňují-li některý z dále uvedených atributů:

1. Jde o externality, které nemohou řešit tržní mechanismy.
2. V souvislosti s individuálními právy jsou občanům vnucovány škodlivé dopady.
3. Je ohrožena značná část veřejnosti.
4. Politické rozhodnutí vyvolá událost, při které dojde k realizaci rizika.
5. Nežádoucí události, tj. jevy, při kterých se realizují nepřijatelná rizika, jsou rozloženy tak, že neberou ohled na politickou spravedlivost.

Pro zajištění základních funkcí státu veřejná správa musí zajistit, že rizika jsou analyzována nejen z hlediska společenských dopadů, nýbrž také z hlediska dopadů na systém řízení veřejné správy. Může se totiž stát, že rozhodování veřejné správy může dopady nouzové situace ještě zhoršit. Kroky postupu řízení rizik veřejné správy se liší od běžného postupu řízení jen tím, že se musí věnovat značná pozornost formulaci kontextu a musí se řídit rizika ze strategických a procesních hledisek [9,14].

Nicméně je třeba vzít v úvahu, že v současné době existují 3 vyhraněné koncepty, které pracují s riziky:

- řízení a inženýrství spolehlivosti, kde řízení rizik u technických děl je zacílené na spolehlivost, např. [16],
- řízení a inženýrství zabezpečení (bezpečnostní), kde řízení rizik technických děl je zacílené na zabezpečené technické dílo, např. [17],
- řízení a inženýrství bezpečnosti, kde řízení rizik je zacílené na bezpečné technické dílo, např. [18].

Všechny tři uvedené koncepty používají stejné postupy, metody, nástroje i techniky. Praxe ukazuje, že mezi nimi jsou občas konflikty – např.:

- při požáru objektu v Chicagu, který byl dobře zabezpečený, lidé v objektu uhořeli; dobře zabezpečená pilotní kabina umožnila Andreasovi navést letadlo plné lidí do svahu Alp a usmrtit je,
- gilotina je na základě fyzikálních zákonů spolehlivý systém, ale z pohledu současného chápání bezpečnosti [12,13] není bezpečný, jelikož způsobuje ztrátu života člověka apod.,
- most v Janově byl podle provozovatele spolehlivý (legislativy mnoha zemí jsou založeny na spolehlivosti) [8], ale zřítel se, tj. nebyl spolehlivý (protože nevydržel reálné podmínky).

Poznatky z praxe dle údajů v práci [9] ukazují, že v řadě případů technických děl opatření na zajištění bezpečnosti se výrazně liší (někdy jsou dokonce konfliktní) při aplikaci inženýrství spolehlivosti od těch, které stanovuje aplikace inženýrství bezpečnosti.

2.2. Spolehlivost

Prvním důležitým aspektem spojeným s technickým dílem je volba samotného konceptu pro konstrukci a provoz technického díla. Velmi dlouho se za základ bezpečných technických děl považovala teorie spolehlivosti, jejím zakladatelem v r. 1816 byl Samuel T. Coleridge. Její velký rozvoj nastal ve 40. letech minulého století.

Spolehlivost (ve smyslu reliability) je schopnost systému bezchybně dodržovat stanovené požadavky po stanovenou dobu za určitých podmínek. Provozní spolehlivost systému (ve smyslu dependability) znamená, že systém (objekt, zařízení) plní stanovené požadavky a že jeho provoz vyhovuje stanoveným podmínkám. Tato souhrnná vlastnost je pro analytické účely nepraktická, a proto se rozkládá do dvou základních vlastností, kterými jsou zranitelnost a odolnost. Provozní spolehlivost je důležitá u složitých objektů, jejichž systémy hrají klíčovou roli v obslužnosti společnosti, protože ovlivňují rozhodovací cyklus veřejné správy a politickou a sociální soudržnost a napomáhají v odstraňování fyzických a psychických škod, jsou nejen velmi složité, ale i zranitelné [4].

Dle údajů shromážděných v práci [9] u běžných technických zařízení a objektů se prokazuje schopnost bezchybné funkčnosti na stoleté pohromy; u důležitých mostů, přehrad pro tisícileté pohromy; a u jaderných zařízení na deseti tisícileté pohromy (pozn. úložiště aktivního plutonia vyžadují prokázání odolnosti na sto tisíciletou pohromu). Různé prahové hodnoty jsou stanoveny tak, aby zajistily provozuschopnost po celou dobu předpokládané životnosti. Dosavadní řešení jsou prováděná na základě dobré inženýrské praxe a jejich dlouhodobá bezpečnost a spolehlivost se těžko prokazuje.

Spolehlivostní inženýrství (přesněji inženýrství spolehlivosti) se přednostně zabývá chybami a redukováním četnosti jejich výskytu. Spolehlivost je definovaná jako charakteristika daného objektu, která je vyjádřena pomocí pravděpodobnosti, že sledovaný objekt bude vykonávat

specifikovaným způsobem funkce, které jsou na něm požadovány během stanoveného časového intervalu a za stanovených resp. předpokládaných podmínek.

Teorie spolehlivosti je matematická disciplína, která se zabývá mírou selhávání prostředků nebo systémů, od kterých se očekává nějaká funkčnost nebo odolnost vůči vnějším vlivům, a rychlostí zotavení z jejich poruchových stavů. V hierarchii matematických odvětví patří pod aplikovanou statistiku. Pomocí nástrojů teorie spolehlivosti se vyčíslují parametry poruch, jako např. bezpečnost nebo spolehlivost, především těch zařízení, jejichž nečinnost nebo nesprávná činnost jsou z nějakého důvodu vysoce nežádoucí.

Opět je třeba zvážit, že již v r. 1978 Barry Turner [11] na základě analýz havárií technických děl vyslovil myšlenku, že složitost systému, kterým je technické dílo, zabraňuje stanovit všechna rizika, která mohou poškodit technické dílo a jeho okolí. Předmětný poznatek rozpracoval a potvrdil Charles Perrow na základě důkladné analýzy jaderné havárie Three Mile Island [12] a také závěry EU v r. 1981, které vedly k vydání direktivy SEVESO [19].

Předmětné poznání pochopitelně narušilo hegemonii teorie spolehlivosti a vzniklo soupeření mezi oběma směry, na které poukázal Scot Sagan [10]. Do dnešního dne dohady mezi zástupci inženýrství spolehlivosti a inženýrství bezpečnosti pokračují. Spolehlivostní inženýři věří, že haváriím může být zabráněno dobrým organizačním projektem a řízením (tj. jde o přístup založený na vysoké spolehlivosti). Předmětný přístup tvrdí:

- bezpečnost je primárně organizační cíl; zálohování zvyšuje bezpečnost, protože duplikace a překrytí zajistí, že spolehlivý systém nemá nespolehlivé části,
- decentralizované rozhodování dovoluje promptní a flexibilní odezvy na překvapení,
- kultura spolehlivosti zvyšuje bezpečnost podpořením jednotné aktivity obsluhy, protože vyžaduje striktní organizace činností;
- kontinuální akce, výcvik a simulace vytváří a udržují vysokou úroveň spolehlivosti systému,
- testy a poučení z havárií jsou efektivní a mohou být doplňovány předtuchami a simulacemi.

Spolehlivostní inženýři často považují spolehlivost a bezpečnost za synonyma. To je pravda jen v některých speciálních případech. Všeobecně má bezpečnost širší / vyšší význam a je pravda, že spolehlivost a bezpečnost mají mnoho společných vlastností [9].

Inženýři prosazující řízení rizik ve prospěch bezpečnosti [10-12,17,18] tvrdí, že u složitých technických děl jsou havárie a selhání nevyhnutelné a že zálohování často zvyšuje složitost systému. Je totiž pravdou, že mnohé havárie nastaly bez toho, že by selhala nějaká komponenta. Právě naopak, častokrát všechny komponenty při haváriích fungovaly podle očekávání a bezchybně [20]. Taktéž se může stát, že komponenty mohou selhat (mít poruchu) bez toho, aby došlo k havárii. Havárie a nehody mohou být zapříčiněny provozem zařízení mimo povolené rozsahy hodnot parametrů nebo časových limitů, z kterých vycházely analýzy bezpečnosti či analýzy spolehlivosti. To znamená, že systém může mít vysokou spolehlivost a přece může dojít k havárii. Navíc, generalizované pravděpodobnosti a analýzy spolehlivosti se nemohou přímo aplikovat na specifické, anebo lokální podmínky. Nejdůležitější je, že havárie a nehody mnohdy nejsou výsledkem jednoduchých kombinací chyb (selhání) komponentů [4,20].

Na základě současného poznání není tudíž možné, aby spolehlivostní inženýrství nahrazovalo systém řízení bezpečnosti, může ho ale doplnit. Musí to však být provedeno s jasným vědomím, že konečným cílem je zvýšení odolnosti systému vůči nebezpečím spojeným s

výskytem náhodných chyb. Je vždy lepší, když se zařízení (systém) navrhuje tak, že individuálně náhodné chyby nemohou způsobit havárii, i kdyby se vyskytly (např. princip zabudovaný do ovládání zařízení – nemůžeš splnit úkon v požadované kvalitě, neproved' ho; nemůžeš splnit úkon v požadované kvalitě, informuj a nastartuj odezvu); je si však třeba uvědomit, že to není vždy možné. Velké opatrnosti je třeba při aplikování technik odhadování spolehlivosti pro posuzování bezpečnosti. Pokud nejsou havárie nevyhnutelně zapříčiněné událostmi, které se dají vyjádřit pravděpodobnostmi, nelze pro ně všeobecně používat míry pravděpodobnosti rizika. Odhady pravděpodobnosti měří pravděpodobnost náhodných chyb a ne rizik a nehod anebo havárií. Když se při analýzách systému řízení bezpečnosti najde projektová chyba, je daleko účinnější ji odstranit, než někoho přesvědčovat pomocí vypočítaných pravděpodobností, že tato chyba nikdy nezpůsobí havárii. Nízké hodnoty pravděpodobnosti výskytu havárie nezaručují bezpečnost a bezpečnost nevyžaduje mnohdy ultra vysokou spolehlivost zařízení.

Hlavním nedostatkem pravděpodobnostních modelů nejčastěji není to, co zahrnují, ale to, co nezahrnují. Nízké hodnoty pravděpodobnosti jednoduše hovoří o tom, že systém neselže uvažovaným způsobem, ale naopak, selže s daleko vyšší pravděpodobností způsobem, o kterém uvažováno nebylo. Odlišování rizika nehody od chyb je podstatné pro to, abychom porozuměli rozdílu mezi bezpečností a spolehlivostí.

2.3. Bezpečnost

Bezpečnost, jako soubor opatření a činností zajišťujících bezpečí a udržitelný rozvoj lidského systému či jiné entity (který omezuje podmínky vzniku nebezpečí), vytváří lidé, kteří by se měli starat nejen o přežití, moc, sociální shodu a prevenci škod, ale měli by vyřešit následující metodicko-konceptuální problémy:

1. Neuvažovat bezpečnost v „kulturní izolaci“, protože tak se bezpečnost stává sebe referenční. Bezpečnost se musí formovat pod vlivem apriorně definovaných rizik.
2. V bezpečnostních studiích je třeba oprostit koncept bezpečnosti od ideologického a politického klíše.
3. V metodice řízení bezpečnosti je třeba dát důraz na rozhodování o řešení problémů a na zvažování přínosů a dopadů konkrétních rozhodnutí, a to z pohledu veřejného zájmu.
4. Stále mít na paměti vztah mezi rizikem a bezpečností; obecně nejde o komplementární veličiny [4,20]. Podstata problému je v odpovědích na otázky: Jak se identifikují rizika a jejich škodlivé dopady? Odpověď: Stanovují se věrohodnými scénáři. Ale jak se takový scénář tvoří? Obvykle se scénář odkazuje na minulé události a jevy, a nebere v úvahu porušování pravidel a pátrání po možných překvapeních.

Moderní stát hraje roli, která se dá popsat v termínech řízení rizik, protože přerozděluje určité typy rizik prostřednictvím systému blahobytu / veřejného blaha a zdravotní péče. Rostoucí debaty o riziku na úrovni veřejné správy je možné vysvětlit jako důsledek uvědomění rizik, kvůli nimž může selhat poskytování veřejných služeb. Nadto veřejnost se může při špatně zvládaných krizových a nouzových situacích domnívat, že veřejná správa je zdrojem rizik.

Integrální bezpečnost technického díla je bezpečnost systému jako celku, tj. je založena i na řízení rizik spojených s rozhraními mezi komponentami. Bezpečnost technických děl není proto jen záležitost technická, je směsicí aspektů zabezpečení a spolehlivosti a vysoce souvisí s provozní spolehlivostí technického systému. **Bezpečnost systému** je vlastnost systému, která zajišťuje, že ani za kritických podmínek systém neohrozí sebe, ani své okolí.

Zajištění bezpečného systému je výsledkem fungování procesu řízení bezpečnosti (uspořádaného souboru opatření a činností), který je souborem procesů, jež mají pod kontrolou všechny faktory, které by mohly vést ke vzniku škody, ztráty či újmy na systému a jeho okolí. Ze systémového hlediska se bezpečnost skládá z následujících komponent:

1. Informační činnost pro podporu rozhodování, protože stav bezpečí je výsledkem racionálního rozhodování a dobrých informací. Je však třeba počítat s vlivy na rozhodování o bezpečí jako jsou různá omezení (institucionální, právní, organizační), vlivy médií a veřejného mínění a dimenze politické (zájmové skupiny, ideologie) a technologické.
2. Struktura technického systému, což jsou zařízení, technologie a organizační složky.
3. Lidé jako subjekty bezpečnosti (experti a manažeři bezpečnosti), lidé jako objekty bezpečnosti (ochrana a prevence).
4. Procedury spojující lidi a strukturu.

Podle práce [21] mají rozhodující vliv na bezpečnost následující faktory: odpovědná autonomie; adaptabilita, celistvost; a smysluplnost úkolů. Protože lidské chování není deterministické, jsou hlavními charakteristikami předmětných systémů vynořující se vlastnosti, nedeterministické chování a složité vztahy mezi organizačními cíli. O každém sledovaném systému vždy rozhoduje člověk a údržba, renovace, změny. Z inženýrského pohledu se sledované systémy charakterizují *strukturou, hardwarem, procedurami, prostředím, toky informací, organizací* (problém organizačních havárií – [22,23]) a *rozhraním mezi uvedenými položkami*.

Na základě současného poznání shrnutého v pracích [4,9] orientace na bezpečnost musí být součástí systému řízení technického díla při respektování omezení reálného světa. V praxi to znamená zvažovat:

- technické dílo jako kombinaci lidí, postupů a zařízení, které jsou integrované tak, aby se prováděl specifický provozní úkol nebo funkce ve specifickém prostředí,
- koncept bezpečnosti systému jako aplikaci speciálních technických a organizačních dovedností s cílem systematicky předcházet identifikaci ohrožení a řízením rizik a škodám a ztrátám na aktivech lidského systému s nimi spojených, a to během celé životnosti každého zařízení vytvořeného a realizovaného člověkem,
- bezpečnost kybernetických nástrojů použitých v systémech řízení.

2.4. Současná praxe a důvody pro její vylepšení

Spolehlivost technického díla je definovaná jako charakteristika daného technického díla, která je vyjádřena pomocí pravděpodobnosti, že sledované technické dílo bude vykonávat specifikovaným způsobem funkce, které jsou na něm požadovány během stanoveného časového intervalu a za stanovených resp. předpokládaných podmínek.

Jakmile přijmeme fakt, že technická díla jsou systémy systémů, na jejichž tvorbě a provozu se podílí člověk a jeho finance, tak se objeví zcela nové problémy, protože musíme zvažovat záměr investora a otázky právní, finanční, pojišťovací, organizační, politické a sociální, přírodní a jistě i nějaké další. Proto v souladu s [4,9] platí, že problém je však v tomto rozšířeném pojetí složitější, neboť se nedá jednoduše abstrahovat do matematických, matematicko-statistických a pravděpodobnostních řešení vyúsťujících do soustavy součinitelů spolehlivosti, do návrhových pravděpodobností poruchy nebo jiných veličin, se kterými

pracujeme při navrhování stavebních konstrukcí. Když připočteme ještě korupci, tak snad bezpečnost zajistíme jen výjimečně. Proto musíme aplikovat metody rizikového inženýrství a reálné možnosti lidí.

Bezpečnost v současném pojetí má cíle vyšší, tj. technické dílo musí nejen plnit řádně své funkce po dobu životnosti, ale ani za kritických podmínek nesmí ohrozit sebe a své okolí. Právě tento fakt upřednostňuje řízení bezpečnosti. Navíc koncept integrální bezpečnosti řeší konflikty proaktivně, od počátku projektu a uplatňuje princip předběžné opatrnosti [4,9]. Podle něho řídicí systém sledovaného technického díla musí udržovat určené fyzikální veličiny (parametry dílčích systémů) na předem určených hodnotách. V procesu regulace mění řídicí systém působením na akční veličiny stavy jednotlivých řízených systémů tak, aby bylo dosaženo žádaného stavu celého systému. U řídicího systému se sledují v prioritním pořadí vlastnosti jako:

- úroveň dodržování stanovených podmínek provozu a nevytváření škodlivých (nepříjemných) dopadů na samotný systém a na jeho okolí,
- funkčnost (úroveň plnění požadovaných úkonů),
- provozuschopnost, tj. úroveň plnění požadovaných úkonů v závislosti na podmínkách normálních, abnormálních a kritických,
- provozní stálost, tj. úroveň dodržování stanovených podmínek provozu v čase,
- inherentně zabudovaná odolnost vůči možným pohromám.

Z výše uvedeného vyplývá, že řídicí systémy určují kvalitu a výkon (výkonnost) systémů. Mají rozhodující vliv na bezpečnost, a proto se u řídicích systémů sledují faktory: odpovědná autonomie; adaptabilita; celistvost; a smysluplnost úkolů. Celistvost vyjadřuje vnitřní jednotu, tj. autonomnost, nezávislost a odlišnost od okolí. Protože lidské chování není deterministické, jsou hlavními charakteristikami předmětných systémů vynořující se vlastnosti, nedeterministické chování a složité vztahy mezi organizačními cíli. O každém sledovaném systému vždy rozhoduje člověk a údržba, renovace, změny. Z inženýrského pohledu se sledované systémy charakterizují strukturou, hardwarem, procedurami, prostředím, toky informací, organizací (problém organizačních havárií) a rozhraním mezi uvedenými položkami [20].

2.5. Bezpečnost a kritičnost technických děl

Z důvodů složitosti technických děl jsou u nich typické vzájemné závislosti, které mají povahu fyzickou, kybernetickou, logickou a územní. V důsledku závislosti dochází ke spřažením trvalým nebo dočasným jen za jistých podmínek. Předmětná spřažení jsou příčinou průřezových rizik, která se realizují jen za jistých podmínek a vedou ke kaskádovitým jevům, neočekávaným jevům, které působí významné ztráty a škody jak na aktivech technologického díla, tak na okolí, tj. veřejných aktivech. Ve složitých systémech je možné velké množství kombinací procesů, a proto nejsme schopni stanovit všechny možné scénáře havárií. Nerozlučitelnost chování systému spočívá v tom, že systémy: jsou vystaveny skrytým propojením, která mohou neutralizovat zálohování, spojky, firewalls, a tím vytvořit situace, pro které inženýři nepřipravili rozumný postup. Kaskádová selhání mohou akcelarovat ztrátu kontroly, zmást obsluhu a odepřít možnost obnovy normálního režimu.

Proto na základě současného poznání je třeba počítat jak s proměnnou technických (technologických) děl v čase, tak s dynamickým vývojem okolí technologických děl, což znamená i proměnu vzájemných vztahů technologických děl a jejich okolí. Proto cíl zajistit

bezpečné technologické dílo znamená řídit integrální bezpečnost pomocí zacíleného řízení rizik, a to na několika úrovních: technické, funkční / operativní, taktické, strategické i politické. Je zřejmé, že kvalifikované řízení na úrovních technické až strategické musí provádět systémoví inženýři, kteří nemusí být experty na všechny aspekty systému, ale musí rozumět podsystémům a různým jevům v nich natolik, aby byli schopni popsat a modelovat jejich charakteristiky, pochopit rizika, jejich zdroje a dopady a včasnými zásahy zabránit škodám a ztrátě konkurenceschopnosti technologického díla.

Podle úvah současných filosofů rizika ve společnosti mají svoji objektivní i subjektivní stránku, navíc nestojí mimo kulturní a hodnotové souvislosti (nejsou v tomto směru ani „čistě vědeckým“ problémem a zasluhují pozornost i z hlediska občanské participace). I když moderní společnost uplatňuje onu pohodlnou strategii pojištění a odškodnění, nelze na ni plně spoléhat, neboť některá rizika jsou schopna zasáhnout podstatu sociálního systému, což platí pro některá rizika bezpečnostní.

Je si třeba uvědomit, že riziko není komplementární veličinou k bezpečnosti. Lze zavést organizační opatření, např. systémy varování, organizační resilienci apod., kterými lze zvýšit bezpečnost, i když velikost rizika se nesníží [14]. Komplementární veličinou k bezpečnosti technického díla je kritičnost technického díla (C), chápána jako míra, s jakou může dojít v souvislosti s činností sledovaného technického díla k úrazu osob, zničení materiálu, škodě či jiným velkým ztrátám. Platí vztah:

$$C = S * O * B$$

ve kterém S je závažnost největšího dopadu dané pohromy; O pravděpodobnost výskytu pohromy; a B je podmíněná pravděpodobnost, že se při dané pohromě vyskytne nejzávažnější dopad. Kritičnost označuje určitou prahovou hodnotu pro sledovaný objekt. Jsou-li její hodnoty pod tímto prahem, tak je stav žádoucí a opačně. Ve světě existuje řada standardů, které upravují řízení bezpečnosti či snižování kritičnosti [9].

Dle současného poznání má v technických dílech kultura bezpečnosti, která souvisí s organizační kulturou. Jde o soubor dohodnutých pravidel uplatňovaných v řízení technického díla a na vytváření norem institucionálního chování. Znamená správné aplikování znalostí, přemýšlení a správné reakce na reálné situace. Nejde totiž jenom o dodržování norem a předpisů zacílených na spolehlivost našich opatření a činností, protože tím můžeme přehlédnout jevy, které normy a předpisy nevidí. Jde o chování založené na řízení znalostí [24].

3. Most jako technické dílo a požadavky na most z pohledu integrální bezpečnosti

Mosty patří k uznávaným inženýrským konstrukcím a mostařská tradice má v naší republice hluboké kořeny. Proto je třeba řídit jejich bezpečnost na současné úrovni poznání.

Bezpečnost v současném pojetí založeném na dokumentu OSN z r. 1994 [13] je soubor opatření a činností, které provádí člověk, aby zajistil své bezpečí a udržitelný rozvoj, tj. i svých výtvorů, ke kterým patří mosty. Jelikož je tvůrcem technických děl, tak musí také ve veřejném zájmu zajišťovat bezpečnost technických děl, tj. ve sledovaném případě mostů. V daném pojetí je bezpečnost integrální vlastnost systému, která má rozměry politické, environmentální, ekonomické, technické, potravinové, zdravotní, osobnostní a komunitní, což

znamená, že je vícerozměrná. Jde o vlastnost systému, na které závisí existence systému. V důsledku svého charakteru se integrální bezpečnost neomezuje jen na jednostranná řešení jako je represe, ale zabývá se situacemi ovlivňujícími určitou úroveň bezpečnosti prostřednictvím tzv. řetězce bezpečnosti [1], jenž se skládá z následujících částí:

- proaktivita (odstranění strukturálních příčin nejistoty a neurčitosti, které narušují bezpečí – tj. stav, kdy vznik ztrát, škod a újm na chráněných aktivech je přijatelná),
- prevence (odstranění přímých příčin nejisté situace porušující stávající stav bezpečí),
- připravenost (vytváření zázemí pro řešení situací, v nichž je stav bezpečí narušen),
- odezva (provedení reakce zacílené na dosažení bezpečí),
- obnova (provedení opatření pro stabilizaci a další rozvoj).

Úroveň bezpečnosti závisí na úrovni práce s riziky, přičemž platí, že snížení rizik vždy vede ke zvýšení bezpečnosti, ale obráceně to neplatí [14]. Z recentního poznání vyplývá, že bezpečnost subjektu (území, technické dílo, organizace, objekt, stát) závisí jednak na riziku v daném místě (tj. závisí jak na možných pohromách, které postihují dané místo, tak na místních zranitelnostech vůči jednotlivým možným pohromám, které postihují dané místo) a jednak na metodách zvládnání a řízení rizik, která jsou zdrojem ztrát, škod a újm na člověku a dalších chráněných aktivech.

Pro potřebu řízení a zvládnání rizik je třeba provést: identifikaci, analýzu, hodnocení, alokaci a ošetření rizik. Alokace rizik zahrnuje vypořádání rizik a přidělení vyjednávání s riziky jednotlivým zúčastněným. Protože svět se dynamicky vyvíjí, tak je třeba instalovat monitoring a v případě potřeby provést aplikaci nápravných opatření. Rizika stále přibývají a lidská společnost nemá zdroje, síly a prostředky, aby tomu zabránila, tak musí cíleně řídit rizika. Aby řízení bylo úspěšné, tak se musí zaměřit na prioritní rizika a jejich aspekty.

Vyjednávání s riziky vychází ze současných možností lidské společnosti a spočívá v rozdělení vypořádání rizik do kategorií, ve kterých se příslušná část rizika zajistí tak, že se: sníží, tj. preventivními opatřeními se odvrátí realizace rizika; zmírní, tj. účelovými preventivními opatřeními odezvy a připraveností (varovné systémy a jiná opatření nouzového a krizového řízení) se sníží nebo odvrátí nepřijatelné dopady při realizaci rizika; pojistí; připraví rezervy na odezvu a obnovu a zálohy pro zajištění přežití lidí a kontinuitu provozu státu / území / organizace; a připraví plán pro odezvu na nepředvídané situace (contingency plan) v případě rizik neřiditelných nebo příliš nákladných na eliminaci, anebo málo častých.

Základním cílem státu je zajistit bezpečnost lidského systému a jeho chráněných aktiv, a proto hlavním cílem programů veřejné správy zaměřených na bezpečné území je prevence vůči pohromám a v případě přírodních pohrom, které nelze odvrátit, je to zmírnění nepřijatelných dopadů předmětných pohrom. Aby prevence pohrom a zmírnění jejich dopadů byly efektivní, je nutné, aby všichni zúčastnění na všech úrovních spolupracovali. V každém společenství je důležité, aby spolupracovali vlastníci technologií a infrastruktur, místní veřejná správa a veřejnost s cílem snížit rizika všech možných pohrom. Předmětná spolupráce musí být založena na otevřené a správné politice, která mimo jiné pomáhá také růstu důvěry lidí ve veřejnou správu i vlastníky infrastruktur a technologií v tom směru, že přijímaná opatření omezují rizika pohrom, které mají extrémní dopady.

Bezpečnost musí být proto integrální součástí podnikatelských aktivit vlastníků infrastruktur a technologií. Všechny podniky musí být řízeny tak, aby výskyt nehod, které mají vliv na bezpečnost, byl minimální. K tomu musí směřovat veškeré činnosti a úsilí řídicích pracovníků i zaměstnanců. Klíčovými prvky pro daný cíl jsou vzájemná spolupráce, otevřená komunikace a pravidelné sledování plnění cílů na úseku bezpečnosti. Na základě současných požadavků

zakotvených v legislativě rozvinutých zemí vlastníci technologií a infrastruktur musí pro zvyšování bezpečnosti:

- prosazovat bezpečnost jako celistvou součást svých podnikatelských činností a podporovat bezpečné činnosti,
- aktivně vyhledávat informace o bezpečnosti,
- vstupovat do spolupráce se správními úřady i s ostatními podnikateli s cílem zlepšovat bezpečnost,
- vytvářet společně s ostatními podniky podmínky pro společnou odezvu a vzájemnou pomoc,
- vytvářet profesní organizace a hledat nejlepší dostupná řešení (Best Available Technology).

Veřejná správa musí stanovovat cíle na úseku bezpečnosti, vytvářet jasný a celistvý rámec pro řízení bezpečnosti a pomocí vhodných inspekcí a vynucovacích opatření musí zajistit, že všechny relevantní požadavky na úseku bezpečnosti jsou plněny. Musí se chovat pro-aktivně při stimulaci subjektů v oblasti podpory prosazování nových přístupů v prevenci kromě své tradiční snahy zajistit zvládnutí dopadů vyskytnuvších se pohrom. Má vedoucí roli v motivaci všech sektorů společnosti pro podporu prevence pohrom a pro identifikaci nástrojů pro rozvoj národní kultury, která prosazuje prevenci pohrom. Musí rovněž zajistit, aby veřejnost dostávala včas všechny relevantní informace týkající se extrémních dopadů pohrom a aby jim porozuměla. Tím si vlastně získává důvěru veřejnosti v to, že její dozorná činnost je správná. Vyše uvedené skutečnosti opět ukazují, že projednávané záležitosti patří do všech základních vědních oborů, tj. sociálních, environmentálních i technických.

Řízení bezpečnosti vychází z řízení procesů, které je založeno na důsledném využití znalostí o problému v systému a jeho okolí, a proto se mu také říká „knowledge management“. Nositelé znalostí jsou lidé, znalosti nelze nikomu odebrat, ale lze je neomezeně rozšiřovat a množit. Ve znalostní společnosti je to právě duševní kapitál, který dominuje a má zcela jiné postavení než dříve. To vše vyžaduje jiný pohled na řízení útvarů a jednotek. Procesní řízení založené na ovládnutí řídicích a prováděcích procesů se odlišuje od operačního přístupu, který se běžně používá v rozhodovacím procesu klasického řízení. Klasické řízení je založeno na funkčním přístupu, který se zaměřuje zejména na výstupy (výsledky), což je vlastně orientace na důsledky, a ne na příčiny. Je zřejmé, že hodnocení výsledků nemusí odhalit příčiny nesplnění cíle. V okamžiku, ve kterém se zaměříme na výstupy, zanedbáváme principy prevence.

Procesní řízení založené na řízení znalostí se nezaměřuje na výsledky, ale na příčiny. Je založené na rozpracování koncepce a metodologie. Uplatnění prvků řízení znalostí v rozhodovacím procesu řídicího pracovníka vede k přechodu od individuálního rozhodování ke skupinovému přístupu. Důležitá je role řídicího pracovníka, který daný proces musí usměrňovat k přijetí kvalitního rozhodnutí. Je však třeba vzít v úvahu, že popsáný postup je nejenom časově náročnější, ale je také náročnější na přípravu jednotlivých členů procesního týmu včetně řídicího pracovníka. Ze zkušeností při uplatňování prvků procesního řízení v podnikové sféře vyplynulo, že při rozhodování rutinním je individuální rozhodnutí výhodnější, pro přípravu rozhodnutí neprogramového (tj. složitého a nestandardního) je žádoucí volit metodu skupinového rozhodování (vytvoření procesního týmu). V obou případech však je řídicí pracovník vždy za rozhodnutí odpovědný.

Pro podporu řízení bezpečnosti technických děl byly vytvořeny OECD [25] specifické nástroje, které jsou pro technická díla rozpracované v práci [4], z nichž nejdůležitější jsou:

- zlatá pravidla bezpečnosti (Golden Rules for Safety),

- kultura bezpečnosti (Safety Culture),
- program na zvyšování bezpečnosti (Safety Performance Indicator Programmes),
- indikátory / ukazatelé bezpečnosti (Safety Performance Indicators).

Systém řízení bezpečnosti (SMS) zahrnuje organizační strukturu, odpovědnosti, praktiky, předpisy, postupy a zdroje pro určování a uplatňování prevence pohrom či alespoň zmírnění jejich nepříjemných dopadů v komunitě a jejím okolí. Opírá se o koncepci prevence pohrom či alespoň jejich závažných dopadů, která zahrnuje povinnost zavést a udržovat systém řízení, ve kterém jsou zohledněny dále uvedené aspekty:

- role a odpovědnosti osob podílejících se na řízení závažných ohrožení spojených s pohromami na všech organizačních úrovních technického díla a opatření na zajištění výcviku, která jsou sladěna s identifikovanými potřebami výcviku,
- plány pro systematické identifikování závažných ohrožení spojených s pohromami a z nich plynoucích rizik, která jsou spojena s normálními, abnormálními a kritickými podmínkami a pro hodnocení pravděpodobnosti jejich výskytu a maximální očekávané velikosti,
- plány a postupy pro řízení bezpečnosti všech komponent a funkcí v technickém díle, a to včetně údržby objektů, zařízení,
- plány na implementaci změn v technickém díle (území, objektech i zařízeních),
- plány na identifikaci předvídatelných nouzových situací systematickou analýzou, včetně přípravy, testů a posuzování nouzových plánů pro odezvu technického díla na takové nouzové situace,
- plán pro pravidelné hodnocení souladu s cíli vyjasněnými v koncepci bezpečnosti a v SMS,
- plán pro pravidelné hodnocení mechanismů pro vyšetřování a provádění korekčních činností v případě selhání dílčích opatření a činností s cílem dosáhnout stanovené cíle bezpečnosti,
- plán na periodické systematické hodnocení koncepce bezpečnosti, účinnosti a vhodnosti SMS,
- plán na periodické systematické hodnocení kritérií pro posuzování úrovně bezpečnosti vrcholovým týmem pracovníků.

Komplexní systém řízení bezpečnosti technického díla stanovuje obecné principy pro plánování zajištění bezpečnosti technického díla v proměnném světě. Jeho základní principy jsou určeny pro všechny zúčastněné, tj. jak řídicí pracovníky a zaměstnance technického díla, tak veřejnou správu, která dává povolení ke zřízení a v zájmu bezpečí lidí i státu musí provádět dohled nad provozem a stavem technického díla po celou dobu jeho životnosti [9].

V oblasti technologické má dominantní roli vlastník / majitel licence, protože on má znalosti a možnosti pro účinné a kvalitní řízení technologických pohrom, ale celkově má významnější roli veřejná správa, která musí vlastníky donutit k tomu, aby ve veřejném zájmu zajišťovali možnou úroveň bezpečnosti aplikací principů ALARA a ALARP [4,9,20].

V Evropě je k danému cíli používáno řízení procesů a typ řízení TQM (Total Quality Management) [26]. Předmětný typ řízení je základem norem ISO, které v České republice jsou závazné jen za přesně stanovených úprav legislativou.

Na základě současného poznání, shrnutého např. v práci [27], řízení státu zahrnuje v nejobecnějším pojetí vedení, správu, ovládnání a úřední projednávání věcí veřejných. Je to uvědomělá činnost lidí směřující k určení a kontrole průběhu předmětných procesů pro dosažení určených cílů. Uvádí do souladu jednotlivé činnosti a plní všeobecné funkce celku, tj. státu / území / objektu / organizace apod. Správa je forma činnosti orgánů, zejména výkonných, která spočívá v organizování a praktickém uskutečňování úkolů stanovených řídicím týmem / managementem státu / území / objektu / organizace v souladu se zákony a jinými právními předpisy.

Veřejná správa spočívá ve značné části v rozhodování o právech a povinnostech fyzických a právnických osob a v řízení území. To znamená, že veřejná správa rozhoduje o bezpečnosti a rozvoji té části lidského systému, která náleží do její působnosti. Z titulu svého postavení provádí řízení strategické, taktické i operativní. Pro řádnou správu je nutné, aby příslušná rozhodnutí, která vykonává, byla založená na kvalifikovaných datech, odborných hodnoceních, správných metodách rozhodování atd.

Správné řízení věcí veřejných (Good Governance) zaměřené na bezpečí a udržitelný rozvoj v praxi představuje řízení bezpečnosti ve sledovaném konceptu, které je koordinované z úrovně státu [27]. Pro potřeby řízení bezpečnosti a rozvoje území se monitorují úroveň bezpečí, pohromy, existující ohrožení, rizika apod. a připravují se podklady pro rozhodování tak, aby se zajistila bezpečná komunita, bezpečné území, bezpečný stát atd. Řízení věcí veřejných se opírá o kvalifikované plánování a představuje uvědomělou činnost lidí směřující k nastavení, určování a kontrole průběhu procesů pro dosažení určených cílů v daném území. Uvádí do souladu jednotlivé činnosti a plní všeobecné funkce celku, tj. státu / území / objektu / organizace apod.

V rámci správného řízení věcí veřejných se provádí opatření v oblasti péče o krajinu, architektonických řešení lidských sídel, územního plánování, umíst'ování objektů a činností, projektování, výstavby, provozu a popř. i vyřazení objektů z provozu. Pro oblast péče o krajinu a lidská sídla, územního plánování aplikace výše uvedených principů konkrétně znamená kodifikovat metody výpočtu ohrožení, kvantifikace dopadů, rizik a skórování rizik. V mnoha těchto úlohách jde o porovnávání nesouměřitelných veličin při rozhodování. Proto se vytváří soubory kritérií a hodnotové systémy podporující vytyčené cíle veřejnou správou. V ČR jsou však hodnotové stupnice kodifikované jen v několika málo oblastech [14].

Správné řízení je založeno na otevřenosti, odpovědnosti a efektivnosti institucí a účasti veřejnosti na rozhodovacích a dalších procesech. Správné řízení znamená transparentnost, odpovědnost, bezúhonnost, vhodný typ řízení, efektivní a dostupné služby, závazek k partnerství a neustálý rozvoj institucí veřejné správy. Přijímané strategie řízení území musí mít jasnou spojitost s konkrétními aktivitami úřadů. Správné řízení má pět základních rysů: otevřenost; zapojení veřejnosti do rozhodování; odpovědnost; efektivnost; a spojitost strategií a konkrétních aktivit. Jinými slovy to znamená, že státy, regiony či města, jejichž politická a institucionální správa nevykazuje pět základních rysů správného řízení, nemohou dosáhnout udržitelného rozvoje.

Správné řízení věcí veřejných znamená aplikaci optimálního systému řízení, které se opírá o diagnostiku problémů a o soubory opatření, které problémy řeší (tzv. Problem Solving). Podstata správného řízení věcí veřejných leží ve spojení různých úrovní rozhodovacího procesu jako protikladu k téměř výlučné úloze státu. Důsledkem toho se rozhodování přesouvá na víceúrovňové struktury, tj. i na regionální struktury. Dalším vývojovým stupněm správného řízení věcí veřejných je aplikace projektového a procesního řízení, která je založená na strategickém plánu rozvoje [27].

Z prací [9,26] vyplývá velký důraz na odbornost a odpovědnost. V práci [9] se ještě ukazuje důraz na motivaci. V práci [6], která shrnula zásady pro řízení rizik složitých technických děl, bylo ukázáno, že v souvislosti s řešením úkolů při rozdělování úkolů a stanovení odpovědností je nutno brát v úvahu možnosti, které existují na předmětné úrovni řízení. Možnosti jsou totiž dané jak pravomocemi, tak dostupností a množstvím disponibilních zdrojů, sil a prostředků které jsou potřebné k řešení:

- na operativní úrovni managementu technického díla lze úspěšně řešit dobře strukturované problémy,
- na střední úrovni managementu technického díla lze úspěšně řešit strukturované i špatně strukturované problémy, které nejsou spojeny s velkými riziky pro technické dílo,
- na vrcholové úrovni řízení technického díla lze úspěšně řešit složité i nestrukturované problémy, která mají rizika, která lze ovládat za použití nástrojů, které má jen vrcholové řízení technického díla k dispozici,
- jen vzájemnou spoluprací veřejné správy a vrcholového managementu technického díla lze řešit složité i nestrukturované problémy velkého rozsahu s velkými riziky.

U technických děl nadnárodního dosahu je pak ještě nutná mezinárodní spolupráce.

Podle výsledků v práci [9] je z pohledu bezpečí a rozvoje lidí důležité řízení rizik složitých technických děl ve dvou oblastech:

- A. Oblast propojující veřejnou správu a management složitého technického díla.
- B. Oblast věcná zabývající se daty, metodami, materiálovými a technickými záležitostmi, organizačními, právními, finančními a personálními záležitostmi přímo v složitém technickém díle.

Čtyřicet zásad pro řízení rizik technických děl na úseku propojení veřejné správy a managementu složitého technického díla je stanoveno pro úrovně: politickou (parlament, vláda, veřejná správa) – celkem 4 požadavky; strategickou (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel) – celkem 8 požadavků; taktickou (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel) – celkem 4 požadavky; operativní / funkční (provozovatel) – celkem 5 požadavků; a technickou (provozovatel) – celkem 19 požadavků.

Šedesát šest požadavků pro řízení rizik technických děl v oblasti věcné je stanoveno na úsecích: koncepce a způsob řízení složitých technických děl – 21 požadavků; požadavky na data, metody a techniky, které zajišťují kvalitní rozhodování a řízení složitých technických děl – 9 požadavků; postupy pro správné umístění, kvalitní projekt, výstavbu a provoz složitých technických děl – 13 požadavků; a zajištění kontinuity provozu složitých technických děl a podpory základních funkcí státu, tj. veřejného zájmu – 23 požadavků.

4. Data a metoda hodnocení

Data pro výzkum tvoří požadavky na projektování, výstavbu a provoz mostů v České republice, které jsou uvedeny v zákonech a dalších dokumentech uvedených v materiálech [3,28,29]. Jelikož se omezujeme pouze na mosty na dálnicích v České republice, tak všechny sledované mosty jsou součástí dopravní infrastruktury, která patří do kritické infrastruktury České republiky (a některé její části i do Evropské kritické infrastruktury [1,2]). Pro jsou požadavky legislativy srovnávány s nároky integrální (celkové) bezpečnosti mostu, které jsou výše uvedené. Výsledky hodnocení jsou určeny na základě kritérií:

- **2 body** - předpis obsahuje přímé nebo zprostředkované požadavky na bezpečný most s ohledem na veřejný zájem (plnění základních funkcí státu), tj. zajištění bezpečného provozu s ohledem na základní veřejná aktiva (životy zdraví a bezpečí lidí; majetek a veřejné blaho; životní prostředí; život podporující infrastruktury a technologie) při podmínkách normálních, abnormálních a kritických,
- **1 bod** - předpis obsahuje přímé nebo zprostředkované požadavky na spolehlivost mostu na základě aplikace zastaralého konceptu, že spolehlivý most je bezpečný most,
- **0 bodů** - předpis se mostů netýká, anebo se zabývá pouze technickými, správními nebo administrativními záležitostmi, ze kterých nevyplývá jasný požadavek na bezpečnost či spolehlivost mostu.

Podle výše uvedených údajů předpisy ohodnocené dvěma body inherentně obsahují předpisy ohodnocené menším počtem bodů, a ve sledované stupnici označují nejvyšší kvalitu, protože bezpečný most ve smyslu integrální bezpečnosti znamená spolehlivost a funkčnost mostu po celou dobu životnosti.

5. Výsledky porovnání požadavků legislativy s požadavky na integrální bezpečnost mostů

Výsledky hodnocení jednotlivých právních předpisů z pohledu obsahu nároků na bezpečnost v integrálním pojetí jsou v tabulce 1.

Tabulka 1. Právní a další předpisy ČR upravující záležitosti spojené s mosty.

Název předpisu	Počet bodů	Výsledky hodnocení
Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení	2	Předpis požaduje ochranu kritické infrastruktury, do které patří dopravní infrastruktura. To znamená, že její kritické objekty / prvky, kterými jsou i mosty musí být bezpečné objekty s ohledem na veřejná aktiva, což lze zajistit jen aplikací integrální bezpečnosti.
Nářízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení	0	Obsahuje správní a administrativní záležitosti.
Nářízení vlády č. 432/2010 Sb. o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury	0	Obsahuje správní a administrativní záležitosti.
Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním řízení	1	§ 8 stanoví, že stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná

<p>a stavebním řádu ve znění pozdějších předpisů</p>		<p>pro určené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) mechanická odolnost a stabilita, b) požární bezpečnost, c) ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí, d) ochrana proti hluku, e) bezpečnost při užívání, f) úspora energie a tepelná ochrana. <p><i>Požadavky se pochopitelně vztahují i na mosty. Protože není definováno, co znamená bezpečnost při užívání, požadavek je vágní.</i></p> <p>Za projekt i výstavbu technických děl, tj. i mostů, odpovídají autorizované osoby. <i>Nejsou přesně specifikovány požadavky, např.:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - seznam pohromy a o jaké velikosti musí být zváženy při stanovení zadávacích podmínek, - jak robustní musí být konstrukce, aby zajistila, že most bude bezpečný i za kritických podmínek atd. <p>Bezpečnost technických děl není dosud chápána jako integrální bezpečnost, tj. jako vlastnost na úrovni technického díla.</p> <p>Chybí stanovení povinnosti státu (kromě jaderných elektráren a úložišť vysoko aktivních jaderných odpadů, které se řídí jinými předpisy) provádět systematický dozor nad činností autorizovaných osob a nad bezpečností technických děl, které osoby vytváří.</p>
<p>Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby</p>	<p>0</p>	<p>Pouze obecné požadavky, např. „Stavby se musí zakládat způsobem odpovídajícím základovým poměrům zjištěným geologickým průzkumem a musí splňovat požadavky dané normovými hodnotami, nesmí být při tom ohrožena stabilita jiných staveb“; tj. chybí odkaz, kde požadavky jsou.</p> <p>Obecná, nestanoví konkrétní podmínky a limity z pohledu „bezpečný most“.</p>
<p>Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů</p>	<p>0 - 1</p>	<p>Požaduje bezpečnost osob, tj. ne bezpečnost technického díla.</p>
<p>Narizení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve</p>	<p>1</p>	<p>Založeno na konceptu spolehlivosti.</p>

znění pozdějších předpisů		
Zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků	2	<p>§ 3</p> <p>1. Bezpečným výrobkem je výrobek, který za běžných nebo rozumně předvídatelných podmínek užití nepředstavuje po dobu stanovenou výrobcem nebo po dobu obvyklé použitelnosti nebezpečí, nebo jehož užití představuje pro spotřebitele vzhledem k bezpečnosti a ochraně zdraví pouze minimální nebezpečí při užívání výrobku, přičemž se sledují z hlediska rizika pro bezpečnost a ochranu zdraví spotřebitele zejména tato kritéria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vlastnosti výrobku, jeho životnost, složení, způsob balení, poskytnutí návodu na jeho montáž a uvedení do provozu, dostupnost, obsah a srozumitelnost návodu, způsob užívání včetně vymezení prostředí užití, způsob označení, způsob provedení a označení výstrah, návod na údržbu a likvidaci, srozumitelnost a rozsah dalších údajů a informací poskytovaných výrobcem; údaje a informace musí být vždy uvedeny v českém jazyce, - vliv na další výrobek, za předpokladu jeho užívání s dalším výrobkem, - způsob předvádění výrobku, - rizika pro spotřebitele, kteří mohou být ohroženi při užití výrobku, zejména děti a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace. <p>2. Za bezpečný výrobek se považuje výrobek splňující požadavky zvláštního právního předpisu, který přejímá právo Evropských společenství a kterým se stanoví požadavky na bezpečnost výrobku nebo na omezení rizik, která jsou s výrobkem při jeho užívání spojena. Jestliže však takovýto právní předpis stanoví pouze některá hlediska bezpečnosti, ostatní hlediska se posuzují podle tohoto zákona.</p> <p>3. V případě, že neexistuje zvláštní právní předpis, který by přejímal právo Evropských společenství a který by stanovil požadavky na bezpečnost výrobku nebo na omezení rizik, která jsou s výrobkem při jeho užívání spojena a tyto požadavky nejsou upraveny právem Evropských společenství, za bezpečný se považuje výrobek, který je ve shodě s právním</p>

	<p>předpisem členského státu Evropské unie, na jehož území je uveden na trh, pokud tento předpis zaručuje minimálně ochranu rovnocennou s požadavky podle odstavce 1.</p> <p>4. Pokud se bezpečnost výrobku nestanoví podle odstavce 2 nebo 3, posuzuje se podle české technické normy, která přejímá příslušnou evropskou normu, na níž zveřejnila Komise Evropských společenství (dále jen "Komise") odkaz v Úředním věstníku Evropských společenství podle práva Evropských společenství⁶⁾ a tento odkaz byl zveřejněn ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.</p> <p>5. V případě, že se bezpečnost výrobku nestanoví podle odstavců 2 až 4, posuzuje se bezpečnost výrobku podle:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) české technické normy,^{7a)} která přejímá jinou příslušnou evropskou normu než uvedenou v odstavci 4, b) národní technické normy členského státu Evropské unie, ve kterém je výrobek uveden na trh, c) doporučení Komise stanovující pokyny pro posuzování bezpečnosti výrobku, d) pravidel správné praxe bezpečnosti výrobku uplatňovaných v příslušném oboru, e) stavu vědy a techniky, f) rozumného očekávání spotřebitele týkajícího se bezpečnosti. <p>6. Možnost dosažení vyšší úrovně bezpečnosti nebo dostupnosti jiných výrobků představujících nižší stupeň rizika není důvodem k tomu, aby byl výrobek považován za nebezpečný.</p> <p>7. Nebezpečným výrobkem je každý výrobek, který nevyhovuje požadavkům na bezpečný výrobek podle tohoto zákona.</p>
--	---

Vyhláška č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a o způsobu evidence územně plánovací činnosti	0	Neobsahuje konkrétní požadavky na bezpečnost.
Vyhláška č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na technických komunikacích	0	Týká se pouze vozidel
Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny	0	Neobsahuje konkrétní požadavky, které by bylo možno aplikovat na zajištění bezpečnosti mostů
Zákon č. 13/1997, o pozemních komunikacích (silniční zákon)	1	<p>Definuje pojmy spojené s komunikacemi. Ukazuje, že ve stavebním řízení má roli příslušný silniční správní úřad, který zpracovává stanoviska k zajištění bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemní komunikaci. Požaduje se audit bezpečnosti pozemních komunikací v souvislosti s: návrhem dokumentace záměru; návrhem projektové dokumentace; provedením stavby pro zkušební provoz a dokončením stavby pro kolaudaci. Audit smí provádět odborně způsobilá osoba. Obsah znalostí způsobilé osoby je obecný.</p> <p><i>To znamená, že bezpečnost se sleduje, ale není definováno taxativně pojetí bezpečnosti.</i></p> <p>Státní správu ve věcech dálnice, silnice, místní komunikace a veřejné účelové komunikace vykonávají silniční správní úřady, kterými jsou Ministerstvo dopravy, krajský úřad, obecní úřad obce s rozšířenou působností a obecní úřad, celní úřad a újezdni úřad.</p> <p>Státní dozor na dálnicích, silnicích, místních komunikacích a veřejně přístupných účelových komunikacích vykonávají silniční správní úřady v rozsahu své působnosti.</p> <p>Plete pojmy bezpečí a bezpečnost.</p> <p>Neobsahuje konkrétní požadavky na zajištění bezpečných mostů.</p>
Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních	1	Upravuje bezpečnostní inspekce: § 7a

<p><i>komunikacíh</i></p>	<p><i>Bezpečnostní inspekce</i></p> <p>(1) Bezpečnostní inspekci se rozumí posouzení dopadů stavebních, technických a provozních vlastností komunikace na bezpečnost silničního provozu při jejím užívání a vyhodnocení rizik, která plynou z vlastností komunikace pro účastníky silničního provozu. Bezpečnostní inspekci zajišťuje vlastník nebo správce komunikace zařazené do transevropské silniční sítě. Bezpečnostní inspekci provádí auditor bezpečnosti pozemních komunikací společně s alespoň jednou další fyzickou osobou.</p> <p>(2) Bezpečnostní inspekce se provádí jednou za 5 let.</p> <p>(3) Minimální rozsah bezpečnostní inspekce je uveden v příloze č. 11.</p> <p>§ 8</p> <p><i>Prohlídky mostních objektů</i></p> <p>(1) Prohlídky mostů se dělí na běžné, hlavní, kontrolní a mimořádné.</p> <p>(2) Prohlídky mostních objektů zabezpečuje jejich vlastník nebo správce. Povinnost výkonu prohlídek trvá i v době dočasného vyloučení mostu z provozu nebo před jeho znovuvvedením do provozu.</p> <p>(3) Rozsah a způsob provádění prohlídek mostních objektů, jejich intervaly, vedení záznamu o nich a další podrobnosti jsou uvedeny v doporučené ČSN 73 6221.</p> <p>(4) Při zjištění havarijního stavu mostu musí být neodkladně provedena opatření nutná k zajištění bezpečnosti provozu, zejména uzavření mostu a vyznačení objížděky, prozatímní oprava poškozeného místa apod.</p> <p>§ 10</p> <p><i>Údržba a opravy mostů</i></p> <p>(1) Údržba a opravy mostů se provádějí v rámci technické péče o mosty na základě technické dokumentace, výsledků prohlídek, diagnostického průzkumu, popř. dokumentace opravy. Povinnost vykonávat údržbu a opravy mostu začíná dnem vydání kolaudačního rozhodnutí a trvá i v době před uvedením mostu do provozu a v době jeho dočasného vyloučení z provozu.</p> <p>(2) Údržbu a opravy mostů (včetně násypových a zářezových svahů pod nimi) zabezpečuje vlastník (správce) mostu. Údržbu a opravy komunikace,</p>
---------------------------	---

	<p>vodního toku, nádrže, jiného objektu nebo území pod mostem (s výjimkou svahů), popř. cizího zařízení na mostě nebo pod ním zabezpečuje příslušný vlastník (správce) tohoto zařízení nebo území, a to vždy po dohodě s vlastníkem (správcem) mostu.</p> <p>(3) Při údržbě a opravách mostu nesmí dojít ke znečištění prostoru pod mosty, zejména vodních toků a chráněného vodohospodářského území.</p> <p>(4) Údržbu mostů tvoří souhrn prací, kterými se mosty a jejich vybavení udržují v řádném technickém, bezpečném a sjízdném stavu za všech povětrnostních a za běžných dopravních podmínek. Tato údržba se provádí průběžně po celý rok.</p> <p>(5) Při opravě mostu se stavebními pracemi prováděnými podle schválené dokumentace odstraňují zjištěná poškození nebo vady.</p> <p>(6) Bližší podrobnosti o údržbě a opravách mostů obsahuje doporučená ČSN 73 6221.</p> <p>§ 30</p> <p><i>Zatížení mostních objektů</i></p> <p>(1) Mostní objekty se navrhují pro zatížení, které se dělí do dvou tříd:</p> <p>a) zatěžovací třída A - pro veškeré mosty převádějící dálnice, silnice I., II. třídy, dále silnice III. třídy, které byly určeny příslušným silničním správním úřadem, a místní komunikace I. a II. třídy,</p> <p>b) zatěžovací třída B - pro místní komunikace III. třídy a silnice III. třídy, které nebyly určeny do třídy A podle ustanovení písmene a).</p> <p>Bližší podrobnosti obsahuje doporučená ČSN 73 6203.</p> <p>(2) Výjimečné zatížení mostů zvláštními vozidly nebo soupravami, které jsou pro silniční provoz připuštěny jen na povolení, se posuzuje na základě statického výpočtu jako zvláštní užívání komunikace podle § 25 zákona.</p> <p>§ 31</p> <p><i>Zatížitelnost mostů</i></p> <p>(1) Stanovení zatížitelnosti mostů, případně její vyznačení na mostech zabezpečuje vlastník nebo správce mostu.</p> <p>(2) U všech stávajících mostů na komunikacích se stanoví zatížitelnosti podle závazné ČSN 73 6220; při nižší zatížitelnosti (normální, výhradní nebo jednou</p>
--	---

		nápravou) musí být osazeny příslušné dopravní značky. <i>Ze znění vyplývá, že předpis je založen na konceptu spolehlivosti, tj. ne na konceptu bezpečnosti.</i>
Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích	0	Neobsahuje požadavky na bezpečnost mostů.
Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů	0	Neobsahuje požadavky na bezpečnost mostů.
Vyhláška č. 30/2001 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích a úprava a řízení provozu na pozemních komunikacích	1	Pojetí založeno na konceptu spolehlivosti.
Vyhláška č. 146/2008 Sb., o rozsahu a obsahu projektové dokumentace dopravních staveb	1	Pojetí založeno na konceptu spolehlivosti.
Vyhláška č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na technických komunikacích	0	Netýká se mostů
Nářízení vlády č.178/97 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky	0	Neobsahuje konkrétní požadavky, které by bylo možno aplikovat na zajištění bezpečnosti mostů
ČSN EN 1997-1	0	Upravuje geotechnický průzkum. Není uveden soupis požadavků, co všechno musí autorizovaná osoba (projektant) zohlednit – jaké pohromy, tj. zdroje rizik musí v daném místě zohlednit a jak.
ČSN 01 3467 Výkresy inženýrských staveb.	0	Nevztahuje se k bezpečnosti.

Výkresy mostů. 01/87		
ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6200 Mosty – Terminologie a třídění		Nevztahuje se k bezpečnosti.
ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6207 Navrhování mostních konstrukcí z předpjatého betonu.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6212 Navrhování dřevěných mostních konstrukcí.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6213 Navrhování zděných mostních konstrukcí.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6220 Zatížitelnost a evidence mostů pozemních komunikací.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 0031 Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd. Základní ustanovení pro výpočet.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1991-1 73 0035 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 2401 Provádění a kontrola konstrukcí z předpjatého betonu.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 206 73 2403 Beton. Vlastnosti, výroba, ukládání a	1	Založeno na konceptu spolehlivosti

kritéria hodnocení.		
ČSN 73 2603 Provádění ocelových mostních konstrukcí.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6200 Mostní názvosloví.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6203 Zatížení mostů.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6205 Navrhování ocelových mostních konstrukcí.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6206 Navrhování betonových a železobetonových mostních konstrukcí.		
ČSN 73 6207 Navrhování mostních konstrukcí z předpjatého betonu. 10/93. Změna 1-1/98	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6220 Zatížitelnost a evidence mostů pozemních komunikací. 09/95.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací.	1	Při inspekcích se používají vizuální prohlídky a nedestruktivní testy. Založeno na konceptu spolehlivosti (tj. bezpečnost provozu se hodnotí na základě stavebního stavu).
ČSN 73 6244 Přejechy mostů pozemních komunikací.	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 6222 – Zatížitelnost a evidence mostů pozemních komunikací	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1991-1 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. Část 1: Zásady navrhování	1	Založeno na konceptu spolehlivosti

(73 0035)		
ČSN P ENV 1991-2-1 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. Část 2-1: Zatížení konstrukcí. Objemová tíha, vlastní tíha a užitná zatížení (73 0035)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1991-2-3 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. Část 2-3: Zatížení konstrukcí. Zatížení sněhem (73 0035)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1991-2-4 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. Část 2-4: Zatížení konstrukcí - zatížení větrem (73 0035)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1991-2-5 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. Část 2-5: Zatížení konstrukcí teplotou (73 0035)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1991-2-6 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. Část 2-6: Zatížení konstrukcí - zatížení během provádění	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1991-2-7 Zásady navrhování a zatížení. Část 2-7: Mimořádná zatížení od nárazů a výbuchů	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1991-3 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. Část 3: Zatížení mostů dopravou (73 6203)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní	1	Založeno na konceptu spolehlivosti

stavby (73 1201)		
ČSN P ENV 1992-1-3 Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-3: Obecná pravidla - Betonové dílce a montované konstrukce (73 1201)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1992-1-5 Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-5: Obecná pravidla. Konstrukce s nesoudržnou a vnější předpínací výztuží (73 1201)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1992-1-6 Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-6: Obecná pravidla. Konstrukce z prostého betonu (73 1201)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí. Část 2-2: Betonové mosty (736208)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí. Část 2: Ocelové mosty (73 6205)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1994-2 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí. Část 2: Spřažené ocelobetonové mosty (73 2089)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1995-2 Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 2: Mosty (73 6212)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN P ENV 1997-1 Navrhování geotechnických	1	Založeno na konceptu spolehlivosti

konstrukcí. Část 1: Obecná pravidla (73 1000)		
ČSN EN 523 Hadice z ocelového pásku pro předpínací výztuž. Názvosloví, požadavky, kontrola jakosti (74 2880)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN EN 1337-9 Stavební ložiska. Část 9: Ochrana (73 6270)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN EN 1337-11 Stavební ložiska. Část 11: Doprava, skladování, osazování (73 6270)	1	Požadavky na mnoho průkazů, ale chybí průkazy vůči vnějším pohromám, insiderům a útokům
ČSN EN 10025-5 Technické dodací podmínky na konstrukční ocel se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, 2005 – obecné informace o vlivu povětrnostních podmínek, dopadu dlouhodobého působení vody či vlhkosti	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN 73 1401 (požadavky na konstrukci)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN EN 1993-1-1 (požadavky na ocel)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
ČSN EN 1090-2 (svařování)	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP 72. Pontex: Diagnostický průzkum mostů PK. Praha: MD ČR 2008, 62p.	1	Stanovuje postup hodnocení mostu orientované na zajištění bezpečného provozu a provozní spolehlivosti mostu. Nestanoví však, co znamená bezpečný provoz.. Při hodnocení se nepožadují se doklady o ochranných opatřeních proti vnějším pohromám. Insiderům a útokům.
TP 197 Technické podmínky staveb pozemních komunikací:	1	Založeno na konceptu spolehlivosti

Mosty a konstrukce pozemních komunikací z patinujících ocelí, 1. díl, 2008 – <i>není vztažena k ČSN EN normám</i> ; JE k ní kritika		
TP 72 Diagnosticky průzkum mostů PK, 1995, IMOS, revize 2002, PONTEX	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP 84 Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí PK, 1996, SVUOM, revize 2002, SMP	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP 89 Ochrana povrchů betonových mostů proti chemickým vlivům, 1997, IMOS	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP IO7 Odvodnění mostů PK, 2002, SMP	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP I20 Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů PK, 2000, PROMO	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP 121 Zkušební a diagnostické postupy pro mosty a ostatní konstrukce PK, 2002, PONTEX	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP 124 Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce PK, 1999, JEKU Praha	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP 144 Doporučení pro navrhování nových a posuzování stávajících betonových mostů PK, 2001, ČVUT	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
TP 149 Zatížitelnost mostů PK v návaznosti	1	Založeno na konceptu spolehlivosti

na EN, 2001, ČVUT		
TP 155 Betonové mosty a konstrukce staveb PK, 2002, PROMO	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
Vzorové listy staveb pozemních komunikací VL 4 Mosty, 12/98, PONTEX, 2010	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
Met. pokyn - Dokumentace elektrických a geofyzikálních měření betonových mostů PK, 1995, PONTEX	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
Zásady pro vypracování projektu diagnostiky a údržby betonových mostů, 1988, MDS	1	Založeno na konceptu spolehlivosti
Vzorové projekty údržby a oprav silničních mostů, 5 sv., 1985-87, IMOS	1	Založeno na konceptu spolehlivosti

Z analýzy tabulky 1 vyplývá, že většina právních předpisů je založena na konceptu spolehlivosti mostu jako technického díla či produktu. Na základě znalostí pohrom na území České republiky [30] lze konstatovat, že zcela chybí předpisy zohledňující zemětřesení a sesuvy podloží. Zohlednění:

- lokální geotechnických podmínek podloží mostu totiž není totéž co vyhodnocení sesuvů, protože kromě místních sesuvů jsou na území ČR v historické době doloženy i regionální sesuvy; např. sesuv při výstavbě D8 nebyl dle odborné klasifikace sesuvů lokální,
- výbuchů nepostihuje zemětřesení a lokální vibrace od dopravy či jiných zdrojů v okolí mostu; všechny tři vyjmenované jevy mají odlišné fyzikální charakteristiky (např. rozsahy frekvencí [31,32]), což vede k odlišným dopadům na mosty.

V dostupných důvodových zprávách Ministerstva dopravy ČR [28] k právním předpisům a k závaznosti norem a předpisů je text, že:

- ***u všech pozemních komunikací je nutno zajistit ochranu veřejných zájmů, bezpečnost dopravy, nezbytnou jednotnost parametrů, spolehlivost, životnost a jakost díla.*** Orgány a organizace uplatňují ČSN a technické předpisy Ministerstva dopravy ČR jejich uvedením (odkazy) v rozhodnutích, povoleních, smlouvách o dílo (SoD), při zadávání veřejných zakázek, posuzování dokumentace a dozoru na stavbách. Tím se předpisy stanou pro dané dílo závaznými. Pro zadávací dokumentaci a uzavření SoD se využívají TKP (TKP - D) Ministerstva dopravy ČR, případně zpracované ZTK, které se na ČSN a technické předpisy odvolávají a upřesňují je, uzavřením SoD se stávají ČSN a TP pro dokumentaci a/nebo stavbu závaznými. Posloupnost závaznosti technických předpisů je ZTKP- TKP- ČSN- TP- VL. Platné ČSN a technické předpisy Ministerstva dopravy ČR je nutno dodržovat, i když jsou tzv. „nezávazné“, dodržení všech ČSN uvedených v příloze č. I

vyhlášky č. 104/97 Sb. (a návazných - v ČSN odkazovaných technických předpisů pro PK) se považuje splnění požadavků stanovených vyhláškou č. 104/97 Sb. a zákonem č. 13/97 Sb., o PK. Dodržování platných ČSN a TP je rovněž nezbytné ke splnění požadavků stavebního zákona. Očekává se tudíž, že celostátní předpisy Ministerstva dopravy ČR budou plně využívány a dodržovány i v krajích (tedy i na silnicích nižších tříd) a také ve městech a obcích pro místní komunikace, v souladu zejména se zákonem č. 13/97 Sb. a vyhláškou č. 104/97 Sb. I při posuzování shody dle zákona č. 22/97 Sb. a nařízení vlády č. 163/02 Sb. autorizovanými osobami je nutno respektovat i požadavky technických předpisů Ministerstva dopravy ČR,

- v odůvodněných případech se lze od ustanovení platných (a nyní již všech „nezávazných“) ČSN a technických předpisů Ministerstva dopravy ČR odchýlit na základě „souhlasu s odchylným řešením“, vydaným zpravidla při splnění určitých (v něm uvedených) podmínek, které pokud možno eliminují možné nepříznivé účinky navrženého technického řešení. Vydáváním souhlasů s odchylným řešením Ministerstva dopravy ČR pověřilo Ředitelství silnic a dálnic ČR - úsek výstavby, odbor technický, Praha; v závažných případech odchylek může souhlas vydat Ministerstvo dopravy ČR. Případně použití cizích norem (nezavedených do soustavy ČSN) je vždy výjimečné a rovněž podléhá souhlasu s odchylným řešením. Případ postupu mimo rámec platných norem a předpisů je nutno pokládat za nepřipustný,
- předpisy musí být plně a správně využívány a dodržovány tak, aby významně přispívaly k řádnému výkonu státní a majetkové správy všech pozemních komunikací.

Tučnou kurzívou vyznačený text ukazuje, že jde o bezpečnost ve smyslu integrální bezpečnosti.

Problém je v aplikovaném konceptu, který vychází z předpokladu, že každé dílo či produkt, který je spolehlivý, je také bezpečný. V kapitole 2 bylo ukázáno, že daný předpoklad neplatí ve všech případech.

Jestliže srovnáme požadavky na integrální bezpečnost mostů a požadavky norem na inspekce mostů tak zjistíme, že:

- u betonových mostů jsou inspekce zaměřené na spolehlivost, tj. ne na celkovou bezpečnost (tj. nehodnotí se externí podmínky i vliv rychlosti vozidel a režimu provozu); používá se specifická česká stupnice mající 7 stupňů (a to nekoresponduje s odborným poznáním a stupnicemi používanými ve vyspělých zemích). Řada položek je stanovena odhadem osoby, která je odborně způsobilá, tj. bez měření (nároky na znalosti odborně způsobilé osoby jsou pouze obecné),
- u ocelových konstrukcí mostů jsou inspekce zaměřené rovněž na spolehlivost, tj. ne na celkovou bezpečnost; používá se pětistupňová stupnice (koresponduje s odborným poznáním a stupnicemi používanými ve vyspělých zemích). Měří se koroze jednou metodou,
- závěry z inspekce betonových komponent a ocelových komponent se porovnávají jen u stolu; stupnice pro společné vyhodnocení není publikována,
- chybí měření celkové bezpečnosti, které musí dohromady zvážit kritéria pro: betonovou konstrukci; kovové konstrukce; vnější podmínky; rychlost vozidel; hustotu provozu; kvalitu a režim údržby; časový faktor apod.

Vezmeme-li v úvahu údaje z prací [33,34], tak musíme konstatovat, že stát nevěnuje dostatečnou pozornost bezpečnosti mostů.

Práce [33], kterou vypracovala poradenská firma Mott MacDonald, se upozorňuje například na to, že firmy, které vypracovávají zadání veřejné zakázky pro stavbu či opravu silnic, často současně pracují i pro toho, kdo zakázku dostane. Studie upozorňuje i na to, že kvalitu stavby silnic a dalších dopravních staveb nikdo pořádně nekontroluje na místě. Dodavatelé tak mohou používat výrobky, které jsou levnější, a neodpovídají normám.

V práci [34] je uvedeno, že dlouhodobé evidování stavebního stavu mostů umožňuje stanovit vývojové tendence, z nichž jednoznačně vyplývá, že permanentně dochází ke zhoršování stavu mostů, a proto je nutné provádět včasnou pravidelnou údržbu mostních objektů. Ta je s ohledem na dostupné finanční prostředky mnohdy podceňována mostních objektů, a to přesto, že zanedbání údržby může mít významný podíl na progresivní devastaci rozhodujících konstrukčních částí mostu.

Podstatnou úlohu v omezení zhoršování stavebního stavu mostů hrají také opravy mostních izolací, jelikož kvalita původních izolačních materiálů neodpovídá požadovaným parametrům – již dávno překonaly hranici životnosti. Velkým problémem souvisejícím se stavem mostů je enormní nárůst těžké kamionové dopravy, kdy je prokazatelně zjištěno, že řidiči často nerespektují dopravní značky, na nichž je uvedeno omezení zatížitelnosti mostních konstrukcí. Přetěžování pak významně ovlivňuje stavební stav mostních objektů, neboť asi polovina mostů u nás byla postavena před rokem 1945. Tehdy však platily jiné normy, podle kterých byly ve své době mosty navrhovány a dimenzovány. Toto původní zatížení je mnohdy výrazně nižší než současné normové zatížení...

Analýza legislativy v tabulce 1 ukazuje, že:

- právní předpisy nepoužívají stejné definice pojmů spojených s bezpečností a rizikem,
- v některých právních předpisech není zřejmé, jak chápou bezpečnost a riziko, protože definice chybí a není ani odvolání na předpis, ve kterém je používaná definice,
- právní předpisy nerozlišují pojmy bezpečí a bezpečnost,
- právní předpisy používají zastaralé pojmy jako pasivní či bezpečnost (jde o aplikaci pasivních a aktivních opatření,
- právní předpisy používají nekvalitními překlady anglických sousloví, a tím zavádí zmatek a nepochopení, např. risk analysis znamená analýzu rizika, a ne rizikovou analýzu, tj. špatnou analýzu; risk assessment znamená hodnocení rizika a ne rizikové hodnocení, tj. špatné hodnocení; apod.
- v právních předpisech se řízení technických děl soustřeďuje pouze na spolehlivost, a ne na bezpečnost, chápanou integrálně, ačkoliv EU prosazuje řízení bezpečnosti, a ne řízení spolehlivosti.

Kritická analýza stavebního zákona (zákon č. 183/2006 Sb.) ukazuje, že česká legislativa dosud přesně nerespektuje principy TQM na úseku řízení správy státu, ani principy OSN, EU a OECD pro to, aby stát plnil své základní funkce a vytvářel bezpečný prostor pro lidi. Jde především o kompetence a odpovědnost osob a subjektů, které rozhodují o bezpečnosti technického díla, tj. ve sledovaném případě mostu, od jeho návrhu, přes projekt, výstavku, provoz až po dekontaminaci zabraného území po jeho vyřazení z provozu.

Celkově analýza legislativy ukazuje, že chybí dohled a dozor státu nad bezpečností technických děl, tj. i mostů a jasně stanovené odpovědnosti za opatření a činnosti, které je podle podmínek provést ve veřejném zájmu pro zajištění bezpečných mostů.

6. Návrhy pro zkvalitnění legislativy

Výše uvedená fakta ukazují, že je třeba aplikovat řízení technických děl založené na řízení bezpečnosti technických děl v pojetí integrální bezpečnosti. Proto z důvodu zajištění základních funkcí státu, tj. péče o životy, zdraví a bezpečí lidí a rozvoje lidské společnosti na území státu je především nutné postavit legislativu ČR spojenou s mosty na pojetí integrální bezpečnosti. Dále je nutné do legislativy zavést důsledně principy TQM, což mimo jiné znamená, že stát v rámci péče o veřejná aktiva zajistí dohled a dozor nad technickými díly, a to především těmi, která patří do kritické infrastruktury (jde o objektové i síťové prvky a systémy). To znamená, že začne vyžadovat důslednou aplikaci principů řízení rizik u technických děl takové, které je zacílené na integrální bezpečnost.

7. Závěr

Srovnání požadavků české legislativy s požadavky na zajištění integrální bezpečnosti ukázalo, že česká legislativa v řadě případů ustrnula na poznání z 80. let minulého století. Je překvapující, že jako člen EU nezavedla důsledně typ řízení TQM, kde stanovení odpovědnosti a jasná pravidla pro práci s riziky jsou ustaveny. V řadě případů spojených s mosty sice legislativa požaduje bezpečnost, ale pojem samotný nedefinuje a normy i metodiky jsou obvykle příliš obecné, anebo je zřejmé, že se vztahují ke spolehlivosti a ne bezpečnosti. Pro dosažení úrovně ve vyspělých zemích světa je nutné zajistit nejen úpravu legislativy, ale také potřebnou vzdělanost.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. Praha: ČVUT 2012, ISBN: 978-80-01-05103-0, 318p.
- [2] EU. *Green Paper on a European Programme for Critical Infrastructure Protection*. Brussels: EU. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0576&>
- [3] ČR. *Sbírka zákonů*.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J. Criticality and Risks of Bridges. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*. ISSN 2074-1308. 12 (2018), 3, pp. 1-6; <http://naun.org/cms.action?id=18814>.
- [6] <https://www.nae.edu>
- [7] LANTSOGH, F. O. L., VAN DER VEEN, C., DE BOER, A. Reliability-based Expression for the Shear Capacity of Reinforced Concrete Slabs under Concentrated Loads Close to Supports. ISBN:978-1-315-64841-5. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 4141-4149.
- [8] ČR. Všechno špatně. Most v Janově byl špatně navržen i špatně postaven. *Právo*, 15. srpna 2018.

- [9] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [10] SAGAN, S. *The Limits of Safety*. Princeton: Princeton University 1993.
- [11] TURNER, B. *Man-made Disasters*. New York: Wykeham Science Press 1978.
- [12] PERROW, CH. *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Princeton: Princeton University Press 1999.
- [13] UN. *Human Development Report*. New York 1994, www.un.org.
- [14] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [15] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [16] KECECIOGLU, D. *Reliability Engineering Handbook*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall 1991.
- [17] ANDERSON, R. *Security Engineering- A Guide to Building Dependable Distributed Systems*. ISBN 978-0-470-068552-6. J. Willey, 2008, 1001p.
- [18] ROLAND, H. E., MORIARITY, D. *System Safety Engineering and Management*. ISBN 0-471-6186-0. J. Willey, 1990, 321p.
- [19] EU. *Council Directive 82/501/EEC of 24 June 1982 on the Major-Accident Hazards of Certain Industrial Activities*. Brussels: EU 1982.
- [20] PROCHÁZKOVÁ, D. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05245-7. ČVUT, Praha 2013, 223p.
- [21] ALE, B., PAPAZOGLU, I., ZIO, E. (eds). *Reliability, Risk and Safety*. ISBN 978-0-415-60427-7. London: Taylor & Francis Group 2010, 2448p.
- [22] REASON, J. *Human Error*. Cambridge: University Press 1990.
- [23] WIEGMANN, D. A., SHAPPELL, S. A. *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System*. ISBN 0754618730. Ashgate Publishing, Ltd., pp. 48–49.
- [24] PROCHÁZKOVÁ, D. *Ochrana osob a majetku*. ISBN: 978-80-01-04843-6. Praha: ČVUT 2011, 301p.
- [25] OECD. *Guidance on Safety Performance Indicators. Guidance for Industry, Public Authorities and Communities for developing SPI Programmes related to Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. OECD, Paris 2002, 191p.
- [26] ZAIRI, M. *Total Quality Management for Engineers*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1991.
- [27] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. ČVUT, Praha 2011, 483p.
- [28] www.md.cz
- [29] www.mosty.cz
- [30] PROCHÁZKOVÁ, D. *Rizika spojená s pohromami a inženýrské postupy pro jejich zvládnutí*. ISBN 978-80-01-05479-6. ČVUT, Praha 2014, 234p
- [31] PROCHÁZKOVÁ, D. *Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí*. ISBN 978-80-

7385-022-7. Ostrava: SPBI SPEKTRUM XII 2007, 25p.+CD-ROM (486p.).

- [32] PROCHÁZKOVÁ, D., DEMJANCUKOVA, K. *Earthquakes, Hazards and Principles for Trade-off with Risks*. ISBN: 978-80-261-0170-3. Plzeň: University of West Bohemia, 2012, 212p.
- [33] ČR. Hospodářské noviny 6. 4. 2011
- [34] LAUŠMAN, P. Opravy poškozených mostů. *Železnice*, (2006) No 2.

Poděkování: Autorka děkuje Ministerstvu průmyslu ČR za grant FV20585 „Operativní metody monitorování, predikce životnosti mostů a zajištění bezpečných mostů“ v jehož rámci byl článek zpracován.

RISK ACCEPTANCE CRITERIA FOR DESIGN OF ROAD BRIDGES

KRITÉRIA PŘIJATELNOSTI PRO HODNOCENÍ RIZIK PŘI NÁVRHU SILNIČNÍCH MOSTŮ

Miroslav Sýkora¹⁾, Dimitris Diamantidis²⁾

¹⁾ *Czech Technical University in Prague, Klokner Institute*

²⁾ *Ostbayerische Technische Hochschule, Faculty of Civil Engineering*

Abstrakt: Směrné úrovně a mezní hodnoty pro hodnocení rizik a spolehlivosti jsou zavedeny v mnoha průmyslových odvětvích včetně chemického a jaderného průmyslu. Tato kritéria umožňují odpovědným úřadům regulovat činnosti s ohledem na rizika jednotlivých osob, nebo celé společnosti. V příspěvku jsou prezentovány směrné úrovně spolehlivosti vycházející z bezpečnosti osob. Využití teoretických postupů je znázorněno na příkladu silničního mostu. Diskutují se dva odlišné přístupy – kritérium pro bezpečnost skupiny osob a kritérium vycházející z indexu životní úrovně (Life Quality Index LQI) podle ČSN ISO 2394. Ukazuje se, že je vhodné odlišit směrné úrovně spolehlivosti pro navrhované a existující mosty. Zatímco ekonomická optimalizace může zohledňovat přínosy a náklady podnikatelských subjektů, společnost by měla definovat kritéria pro bezpečnost osob tak, aby se dosáhlo rovnoměrných rizik souvisejících s různými každodenními aktivitami napříč různými průmyslovými odvětvími.

Klíčová slova: bezpečnost osob; index úrovně života; riziko; mezní úrovně rizik; silniční mosty; směrná úroveň spolehlivosti.

Abstract: Risk and reliability criteria are well established in many industrial sectors such as the offshore, chemical or nuclear industries. Comparative risk thresholds have been specified to allow a responsible organization or regulator to identify activities which impose an acceptable level of risk concerning the participating individuals, or society as a whole. The scope of this contribution is to present target reliability criteria based on acceptable human safety levels. Application of theoretical principles is illustrated by examples of road bridges. The distinction between the two types of criteria is made: group risk and the acceptance criterion based on the Life Quality Index LQI approach introduced by ISO 2394:2015. The differences between the criteria for new and existing structures are discussed. It appears that while benefits and costs of a private stakeholder or public authority are reflected by economic optimisation, the society should define the limits for human safety to achieve uniform risks for various daily-life activities and across different industrial sectors.

¹⁾ Doc., Ing., PhD., sykora@cvut.cz

²⁾ Prof. Dr.-Ing., dimitris.diamantidis@oth-regensburg.de

Keywords: human safety; Life Quality Index; risk; risk acceptance criteria; road bridges; target reliability.

1. Introduction

Risk and reliability acceptance criteria are well established in many industrial sectors such as the offshore, chemical or nuclear industries. Comparative risk thresholds have thereby been specified to allow a responsible organization or regulator to identify activities which impose an acceptable level of risk on the participating individuals, or on the society as a whole.

The scope of this contribution is to present the basis of target reliability criteria for road bridges, focusing on acceptable human risks. The general concepts for risk acceptance are briefly reviewed, particularly in their relation to the target reliability criteria. The application of theoretical principles is demonstrated by an illustrative example. The difference between new and existing structures is highlighted and recommendations for practical applications are drawn.

2. Classification of structures

Road bridges are commonly design for 100 years. They can be classified according to the possible consequences in case of failure i.e. minor, medium, large consequences. This classification is of importance for the determination of the target reliability: structures with large potential consequences are associated with higher target reliability.

In this contribution, the failure consequence classes (CC) according to EN 1990 [1] for basis of structural design are adopted:

- CC1: Low consequence for loss of human life, *and* economic, social or environmental consequences small or negligible; examples based on authors' experience: low rise buildings where only few people are present or small supply structures.
- CC2: Medium consequence for loss of human life, economic, social or environmental consequences considerable; examples: minor bridges.
- CC3: High consequence for loss of human life, *or* economic, social or environmental consequences very great; examples: normal and major bridges, and tunnels.

The draft of Annex A2 of EN 1990 from June 2018 provides more detailed bridge-specific classification with more examples:

- CC1: Short-span structures such as culverts, short river crossings
- CC2: Bridges not in other consequence classes
- CC3a: Railway bridges, bridges over or under railways or major roads
- CC3b (higher consequences where an increased level of reliability is required): When specified by the relevant authority or agreed for a specific project by the relevant parties

Other aspects that could be taken into account in the classification include network importance reflected through traffic volume, the potential consequences through span length and static system (redundancy). These will likely be considered in the proposal of the system CCs for *fib* Model Code 2020.

3. Risk acceptance criteria

Explicit risk acceptance criteria are commonly applied in many industrial sectors in order to provide either a quantitative decision tool for the regulator, or a comparable requirement for the industry when dealing with the certification/ approval of a particular structure or system. The following criteria are commonly applied and analytically described [2,3]:

1. *Individual risk criteria*: no individual (or group of individuals) involved in a particular activity can be exposed to an “unacceptable” risk; a typical value is 10^{-6} per year [4]. If an individual worker or a member of the public is found to be exposed to excessive risk, safety measures are adopted regardless of the cost-benefit effectiveness. See [5] for further discussion on individual risks.
2. *Group risk criteria*: a certain activity must not produce high frequency occurrences of large-scale accidents (i.e. with particularly severe consequences). This means that the “unacceptable” level of risk varies for different accident magnitudes. This principle attempts to capture a supposed socio-political aversion to large accidents and provides a regulatory basis (i.e. enforced investments in safety) in situations where the other criteria do not call for intervention.

The requirements based on criterion 1) can be significantly affected by the relative time fraction for which a person occupies or uses a structure. For road bridges, it is assumed that this fraction is commonly low (exceptions may include most exposed workers), individual risk criteria become less important and group risk criteria dominate the derivation of target reliability values [6-8]. These criteria include human, economic and environmental criteria and are briefly reviewed in the following sections.

4. Group risk

The group risk is often represented in the form of a numerical F - N -curve where N represents the number of fatalities and F is the frequency of accidents with more than N fatalities [2,3]. This curve shows the probability of exceedance as a function of the number of fatalities N , commonly using a double logarithmic scale [9]:

$$1 - F_N(x) = P(N > x) = \int_x^{\infty} f_N(\xi) d\xi \quad (1)$$

where $f_N(x)$ = probability density function of number of fatalities per year; and $F_N(x)$ = cumulative density function, the value of which gives a probability of $\leq x$ fatalities per year. A simple measure for group risk is the annual expected value of the number of fatalities, which is frequently used to compare alternative projects in terms of their inherent risk with respect to human safety.

Typical F - N curves reported in the literature show different patterns for the same industrial activity in various countries or for different industrial activities in the same country. The following general formula has been proposed to represent the group risk acceptance criterion:

$$F \leq a N^k \quad (2)$$

where a and k = predefined constants that can be related to statistical observations from natural and man-made hazards [10]. Some natural hazards show relationships with k slightly smaller than unity, while most manmade hazards are described by a relationship with $k > 1$. From statistical observations the constants a and k vary widely depending on the type of hazard and the type of technical activity. It was proposed to set the constants in such a way that the curve envelops the curves for most natural hazards and some of the more common manmade hazards [6]. For acceptable risks related to structural failures, the constant would be around $a = 10^{-6}$ and for marginally acceptable risks $a = 10^{-4}$; $k = 1$ represents risk-neutral curves, $k > 1$ describes curves with risk aversion and $k < 1$ curves with risk proneness. The case of $k < 1$ leads to infinitely large expected losses (in terms of lives or cost) and, therefore, is not acceptable.

The constant a represents the frequency of occurrence of events with one and more fatalities; commonly, annual values are considered. Its value should be consistent with the reference system to which eqn (2) is applied. The reference system can range from a group of structures to an individual structural member and can include other structure-specific and industry-specific parameters [11]. For road and railway infrastructures, a national scale is assumed [3, 11,12].

Based on the F - N curves, the so-called ALARP – as low as reasonably possible – region can be defined by two limits [3]. The area above upper limit represents the risk that is not tolerated in any circumstances, while the risk below the lower limit is of no practical interest. Such acceptability curves have been developed in various industrial fields, including the chemical and the transportation industries.

In the ALARP principle the “width” between the upper and lower bound curves is of importance. This width is often two orders of magnitudes allowing for excessive flexibility in practical cases. Examples of fatality criteria (F - N curves) given in Figure 1 are based on the recommendations provided in:

- ISO 2394:1998 for general principles of structural reliability (superseded in 2015): $a = 10^{-2}$ per annum and $k = 2$ – examples provided as a risk acceptance criterion in structural design to avoid accidents where large numbers of people may be killed, deemed to be associated with a collapse of the whole structure
- Trbojevic [13]: $a = 2 \times 10^{-5}$ per annum and $k = 1$ – criterion for a structure with 100 persons at risk
- *fib* bulletin 80 [8]: $a = 5 \times 10^{-4}$ per annum and $k = 2$ – criterion derived for a main load-bearing member of a road bridge in order to maintain safety levels associated with current best practice
- ISO 2394:2015 [14], the LQI approach – see Section 5.

Note that the ISO and *fib* COM3 recommendations are based on the notion that N represents the expected number of fatalities in an event and thus a limiting probability does not have the cumulative character of eqn (2). However, the numerical difference between these concepts is

commonly negligible due to small probabilities under consideration. This is why the ISO and *fib* COM3 curves are hereafter considered as directly comparable with F - N curves. The ISO recommendation is applied in some countries; for instance Belgium and the Netherlands consider the acceptability criterion for the events with $N \geq 10$ fatalities [4].

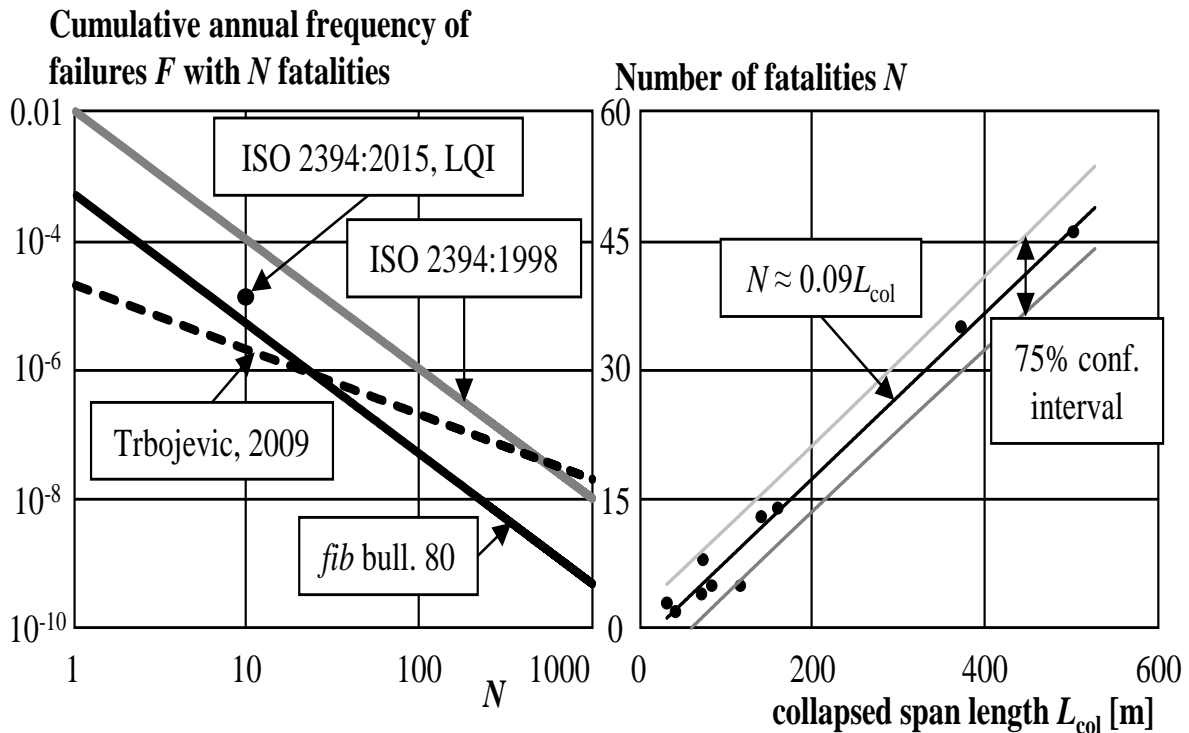


Fig. 1. a) F - N curves relating expected fatalities (N) from an accidental event or failure and the annual frequency of occurrence (F) of events with $\geq N$ fatalities; b) Bridge failures statistics – number of fatalities N vs. collapsed span length L_{col} .

The criteria in Figure 1a) provide values ranging across more than two orders of magnitude. This is attributed to different reference systems for which these criteria are applicable. Whilst the example in ISO 2394:1998 is considered to be used for large groups of structures, the other two recommendations are focused on individual buildings [13], or on a key structural member of a bridge [8]. Hence, the reference system is of key importance when establishing the criteria for human safety.

It should be noted that the recommendation in *fib* bulletin 80 [8] is based on a very limited statistics (Figure 2) and further research is needed to provide better insights into risks related to current design practices. Figure 2 is based on the investigation of bridge collapses worldwide, focusing on the relationship between the number of fatalities and the collapsed span length. Collapses of bridges under construction are not considered as risk acceptance criteria for workers and users (drivers) generally differ (see the following sections). Other factors affecting a number of fatalities include a number of lanes, widths of lanes, and traffic intensity; analysis of their effects is presently the subject of research.

Figure 3.3-3 shows the relationship between the number of fatalities N and the collapsed span length S . The following approximation formula is considered to be sufficiently accurate: $N \approx 0.09 S$.

The choice of the a -value in eqn (2) for a reference system of a single bridge is an important issue and should be made by national authorities. An indicative value of $a = 5 \times 10^{-4}$ is provided in bulletin 80 [8] so as the annual reliability index for large span lengths (500 m) will not exceed $\beta = 5.2$ (recommended in EN 1990 for CC3). It is considered unrealistic that reliability indices based on group risk criteria should exceed those adopted in EN 1990; see [8] for details.

Figure 2 displays annual reliability indices β derived from probability $F(N)$ given in Figure 1a); see EN 1990 [1]. It appears that the criteria under consideration lead to a wide range of β -values particularly for events with $N < 10$.

It is noted that human safety does not only involve fatalities but also injuries. In many studies injuries are related to fatalities by using a multiplicative factor, for example 0.1 for moderate injury and 0.5 for major injury. Based on this simple procedure weighted fatalities can be obtained. For detailed discussion see [15].

It is noted that, along with human risks, economic and environmental risks play an important role in decision making. Economic losses are direct consequences related, for example, to the repair of initial damage, replacement of structure and equipment, and indirect consequences such as loss of production, temporary relocation, rescue costs or loss of reputation. Environmental consequences can be presented in terms of permanent or long-term damage to terrestrial, freshwater, marine habitats and groundwater reservoirs. For more details on railway engineering structures see [16,17]; the implications for road bridges are straightforward.

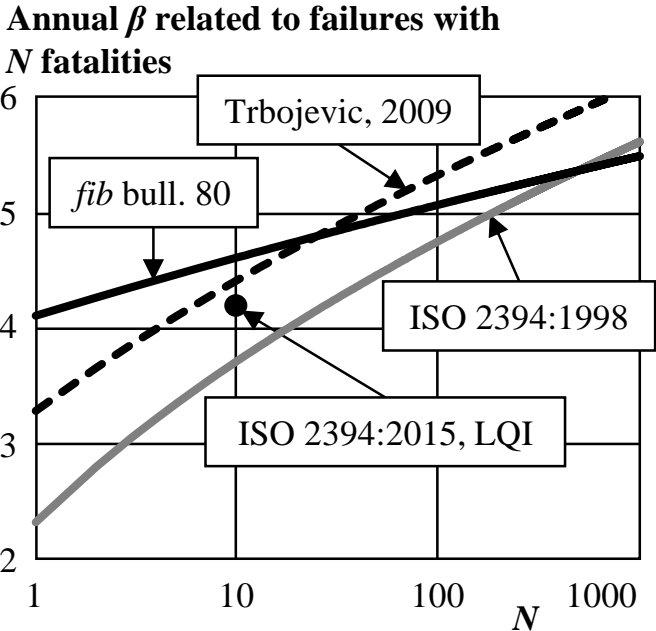


Fig. 2. Annual reliability indices derived from the $F-N$ curves, related to events with N fatalities.

5. Life quality index - ISO 2394 – Recommendations

The Life Quality Index LQI, as for example discussed with respect to its implementation in technical standards in [18], was developed to support decisions related to allocations of available public resources between and within various societal sectors and industries. According to ISO 2394:2015 [14], the LQI is an indicator of the societal preference and capacity for investments into life safety expressed as a function of GDP, life expectancy at birth and ratio between leisure to working time.

The ISO standard [14] provides the detailed guidance on how preferences of the society regarding investments into health and life safety improvements can be described by the LQI concept. The target level is derived by considering the costs of safety measures, the monetary equivalent of societal willingness to save one life, and the expected number of fatalities in the event of structural failure. Essentially, this approach combines economic and human safety aspects. Compared with economic optimization [7,19,20,21], it should lead to lower target reliability indices, as only the human consequences of structural failure are taken into account, while other losses such as economic and environmental costs are not taken into account. In the LQI approach, the danger to which the people are subjected might vary on an individual basis within the group of people affected, which may be deemed unethical [7].

The tentative minimum annual target reliabilities provided in ISO 2394 [14] are based on the following acceptance criterion:

$$-\frac{d p_f(d)}{d d} \leq K_1 = \frac{C_1(d) \times (\gamma_s + \omega)}{SWTP \times N} \quad (3)$$

where p_f = annual failure probability; d = decision parameter (see the text below); the parameters indicated in Annex G of the ISO standard are adopted in the following analysis:

- $K_1 = 10^{-4.5}$ for small relative life-saving cost, deemed relevant for most design situations where higher reliability can be readily achieved;
- $\gamma_s = 0.03$ as an interest rate of relevance for decision-making on behalf of society, moderately selected rate of economic growth;
- $\omega = 0.02$ as an annual rate of obsolescence that approximately corresponds here to the reciprocal value of a lifetime (see [22] for further discussion);
- Societal willingness to pay $SWTP = 5\,100\,000$ CHF;
- $N = 10$ is the expected number of fatalities that could be associated with Consequence Class CC3 according to ISO 2394 [14] where CC3 is associated with $N < 50$ (collapsed span length $L_{col} < 550$ m from Figure 1b) and CC2 with $N < 5$ ($L_{col} < 55$ m); five CCs are distinguished in the ISO standard. Medium failure consequences may be related to ten fatalities in [13]. Note that the empirical data in [8,11] provide indications on the relationship between N and collapsed floor area (buildings).

For these notional values, marginal costs associated with a considered safety measure obtained from eqn (3) become $C_1(d) = 32\,000$ CHF and ISO 2394 [14] indicates annual reliability index of 4.2, which corresponds to the maximum acceptable failure rate $F(N = 10) = 1.3 \times 10^{-5}$ per year (Figure 1a and Figure 2).

6. Illustrative example – application to a road bridge

To provide a better insight into the performance of criterion (3), LQI reliability levels are derived for a key load-bearing member of a road bridge following the simple example provided in Annex G of ISO 2394 [14]. A fundamental limit state function is considered:

$$Z(d) = R(d) - E \quad (4)$$

where R = resistance; E = annual maxima of a load effect; and d = decision parameter defined here as the ratio between the mean values of R and E , $d = \mu_R / \mu_E$. The annual failure probability is obtained as $p_f(d) = P[Z(d) < 0]$.

The following representative probabilistic models of basic variables are taken into account:

1. Lognormal distribution with coefficient of variation of 0.2 for resistance covering uncertainties in material properties, geometry and resistance model uncertainty related to flexural or shear resistance, axial compression, buckling etc.
2. Gumbel distribution with coefficient of variation of 0.4 for annual maxima of a combined load effect covering:
 - permanent actions,
 - time-invariant components of variable actions such as shape, exposure and other factors or load model simplifications,
 - annual maxima of time-variant components of variable actions, for instance snow load on the ground, basic wind velocity pressure, imposed or traffic loads.

The aforementioned notional values of the input parameters of eqn (4), deemed to describe the alternative of “small relative life-saving costs” according to the ISO standard, are adapted to the road bridge example as follows:

- ω is decreased to 0.01, corresponding to a standard lifetime of bridges of 100 years,
- γ_s is reduced to 0.0285 following the guidance of the Green Book of the UK Treasury for public sector projects,

while $SWTP$ and $C_1(d)$ are considered by the same values and N is a study parameter.

Figure 3 shows annual reliability indices related to events with N fatalities based on the LQI approach in ISO 2394 [14] and, for the sake of comparison, the criterion for human safety for bridges in *fib* bulletin 80 [8]. It is observed that for larger N , the *fib* bulletin 80 for existing structures requires higher reliability levels than the ISO standard for new structures (“small relative life-saving costs”). This is in contradiction with numerous previous studies advocating lower target levels for existing structures [7,17,21,23,24] and with the theoretically justified approach to reduce target reliability levels for increasing costs of safety measures. The discrepancy is primarily attributable to the risk-averse value $k = 2$ adopted in the *fib* bulletin. When a risk-neutral unity is taken into account, the *fib* curve in Figure 3 becomes parallel and close to the ISO level for medium relative life-saving costs.

To indicate appropriate target reliability for existing structures, LQI β -values are further derived for “medium” and “large” relative life-saving costs. Following the example in Annex G of ISO 2394 [14], this can be achieved by increasing $C_1(d)$ by one or two orders of magnitude for

medium and large relative life-saving costs, respectively [15]. This results in decreasing β -levels (Figure 3):

1. By about 0.5 for medium relative life-saving costs.
2. By more than 1.0 for large relative life-saving costs.

Figure 4 shows the comparison of annual β based on the LQI approach with β_{eco} -values based on ISO 2394 for structural design and assessment of existing structures. The ISO levels are obtained for normal and high relative costs of safety measures for design and assessment, respectively. It is confirmed that for structural design, economic optimisation dominates optimum reliability levels. It is cost-effective to adopt relatively cheap design measures to increase structural reliability to avoid high economic losses related to structural malfunction. By contrast, the human safety criteria may dictate optimum levels for existing structures as, from economic point of view, it might be too expensive to upgrade existing structure to increase structural reliability and structural investments are not outweighed by possible failure consequences.

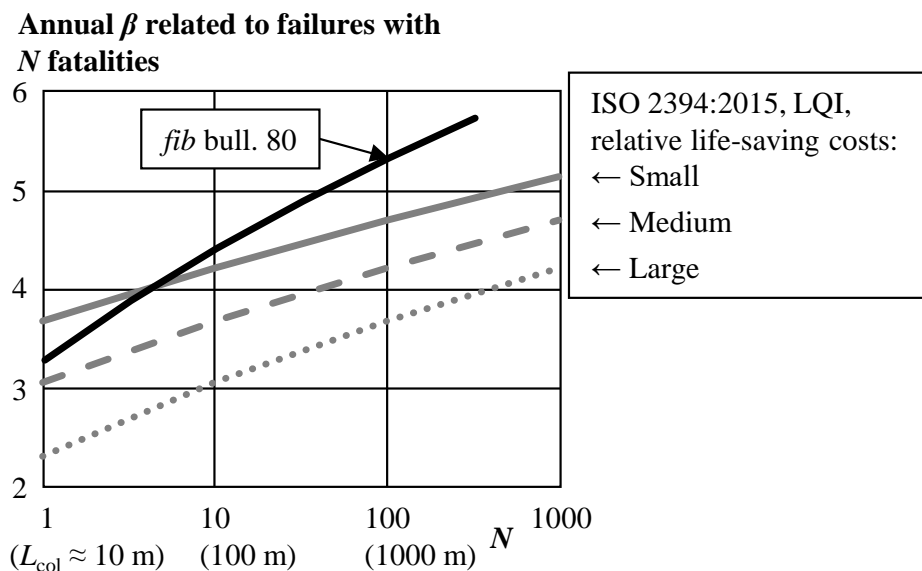


Fig. 3. Annual reliability indices β related to events with $\geq N$ fatalities, based on the LQI approach in ISO 2394 [14] and the criterion for human safety for existing bridges in *fib* bulletin 80 [8] (with indications of collapsed span lengths corresponding to a number of fatalities).

More information on the LQI approach including application in the bridge industry is provided in [25]. The differences in target reliability can be readily reflected by updating partial factors in practical verifications [26,27].

7. Conclusions

The following conclusions can be drawn from the presented study:

1. The human safety criteria should always be applied to check whether or not the design strategy based on economic optimisation including compensation costs related to fatalities, injuries and environmental impacts leads to acceptable risks to persons endangered by structural failure.

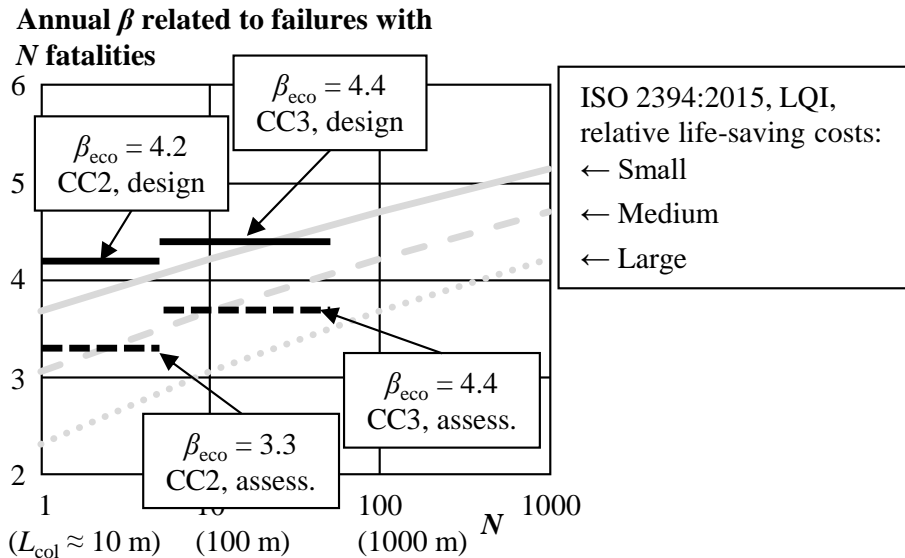


Fig. 4. Comparison of annual β based on the LQI approach with β_{eco} -values based on ISO 2394 for structural design and assessment of existing structures.

2. While benefits and costs of a private stakeholder or public authority are reflected by economic optimisation, the society defines the limits for human safety through:
 - the individual risk criterion that provides comparison with risks related to other activities that are acceptable for the society. This criterion is particularly useful when risks vary across the range of persons potentially dependent on structural failure. However, the criterion is significantly affected by the relative time fraction for which a person occupies or uses a structure. As this fraction is very low for transportation structures, the criterion is commonly not decisive for bridges or tunnels. It can be used to assess risks of most exposed workers,
 - the group risk criteria, often expressed by F-N curves, lack a sound theoretical basis and do not consider costs of safety measures; they are however applied in many industrial sectors in which major accidents may occur. The major difficulty is to define a reference system for their application,
 - the LQI criterion takes into the cost efficiency of changing design parameters and of the safety measures. However, this criterion is dependent on numerous uncertain input parameters and it may be difficult to provide general practical recommendations.

References

- [1] CEN. EN 1990. *Eurocode - Basis of structural design*. Brussels: CEN, 2002. 87 p.

- [2] HSE. *Reducing Risks, Protecting People*. Norwich (UK): Health & Safety Executive, 2001. 88 p. ISBN 0-7176-2151-0.
- [3] CIB TG 32. *Risk Assessment and Risk Communication in Civil Engineering (Report 259)*. Rotterdam: CIB, 2001.
- [4] DNV GL. *Harmonised Risk Acceptance Criteria for Transport of Dangerous Goods*. European Commission DG-MOVE, 2014. 183 p. DOI: 10.2788/095215.
- [5] SÝKORA, M., MARKOVÁ J., DIAMANTIDIS, D. Bayesian Network Application for the Risk Assessment of Existing Energy Production Units. *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, ISSN 09518320, 169 (2018), pp. 312-320. DOI: 10.1016/j.ress.2017.09.006.
- [6] JCSS. *Probabilistic Assessment of Existing Structures (edited by D. Diamantidis)*. Joint Committee on Structural Safety, RILEM Publications S.A.R.L., 2001.
- [7] STEENBERGEN, R.D.J.M., SYKORA, M., DIAMANTIDIS, D., HOLICKY, M., VROUWENVELDER, A.C.W.M. Economic and Human Safety Reliability levels for Existing Structures. *Struct. Concrete*. ISSN 1751-7648, 16 (2015), 9, pp. 323-332. DOI: 10.1002/suco.201500022.
- [8] CASPEELE, R., STEENBERGEN, R.D.J.M., SYKORA, M. et al. *Partial Factor Methods for Existing Structures (fib bulletin 80, recommendation)*. fib COM3 TG3.1, 2016. 129 p. ISSN 1562-3610, ISBN 978-2-88394-120-5.
- [9] JONKMAN, S. N., VAN GELDER, P.H.A.J.M., VRIJLING, J. K. An Overview of Quantitative Risk Measures for Loss of Life and Economic Damage. *J. Hazard. Matter*. ISSN 0304-3894, 99 (2003), Nr. 1, pp. 1-30. DOI: 10.1016/S0304-3894(02)00283-2.
- [10] VROUWENVELDER, T., LEIRA, B.J., SYKORA, M. Modelling of Hazards. *Struct.Eng.Int.* 22 (2012), 1, pp. 73-78. ISSN 1016-8664. DOI: 10.2749/101686612X13216060213356.
- [11] TANNER, P., HINGORANI, R. Acceptable Risks to Persons Associated with Building Structures. *Structural Concrete*. ISSN 1751-7648. 16 (2015), 3, pp. 314-322. DOI: 10.1002/suco.201500012.
- [12] VRIJLING, J., VAN GELDER, P. OUWERKERK, S. *Criteria for Acceptable Risk in the Netherlands*. American Society of Civil Engineers, 2005. 143-157 pp. ISBN 978-0-7844-0815-5. DOI: 10.1061/9780784408155.ch05.
- [13] TRBOJEVIC, V.M. Another Look at Risk and Structural Reliability Criteria. *Struct. Saf.* ISSN 0167-4730. 31 (2009), 3, pp. 245-250. DOI: 10.1016/j.strusafe.2008.06.019.
- [14] ISO. ISO 2394. *General Principles on Reliability for Structures*. Geneva, Switzerland: ISO, 2015. 111 p.
- [15] DIAMANTIDIS, D., HOLICKY, M., SYKORA, M. Target Reliability Levels Based on Societal, Economic and Environmental Consequences of Structural Failure. In *Proc. ICOSSAR 2017*. Wien: TU-MV Media Verlag GmbH, 2017, pp. 644-653.
- [16] SYKORA, M., HOLICKY, M., JUNG, K. et al. *Railway RAM and Safety Handbook (Chapter 45: Target Reliability for New and Existing Railway Civil Engineering Structures, pp. 351-378)*. Boca Raton: CRC Press, 2018. 745 p. ISBN 9781138035126.
- [17] SYKORA, M., HOLICKY, M., JUNG, K., DIAMANTIDIS, D. Target Reliability for Railway Civil Engineering Structures. In *Proc. ESREL 2017*. Leiden: Taylor and Francis/ Balkema, 2017, pp. 3399-3407. ISBN 978-1-138-62937-0.

- [18] RACKWITZ, R. Optimization - the Basis of Code-Making and Reliability Verification. *Struct. Saf.* ISSN 0167-4730. 22 (2000), 1, pp. 27-60. DOI: 10.1016/S0167-4730(99)00037-5.
- [19] HOLICKY, M. Optimisation of the Target Reliability for Temporary Structures. *Civ Eng Environ Syst.* ISSN 1028-6608. 30 (2013), 2, pp. 87-96. DOI: 10.1080/10286608.2012.733373.
- [20] HOLICKY, M., DIAMANTIDIS, D., SYKORA, M. Determination of Target Safety for Structures. In *Proc. ICASP12*. 2015, pp. 8.
- [21] SYKORA, M., HOLICKY, M., JUNG, K., DIAMANTIDIS, D. Target Reliability for Existing Structures Considering Economic and Societal Aspects. *Struct Infrastruct E.* ISSN 1573-2479 (Print), 1744-8980). 13 (2016), 1, pp. 181-194. DOI: 10.1080/15732479.2016.1198394.
- [22] DIAMANTIDIS, D., SYKORA, M., BERTACCA, E. Obsolescence Rate: Framework, Analysis and Influence on Risk Acceptance Criteria. In *Proc. IALCCE 2018*. Leiden: CRC Press/Balkema, 2018. pp. 379-386.
- [23] STEENBERGEN, R.D.J.M. and A.C.W.M. VROUWENVELDER. Safety Philosophy for Existing Structures and Partial Factors for Traffic Loads on Bridges. *Heron.* ISSN 0046-7316. 55 (2010), Nr. 2, pp. 123-139.
- [24] HOLICKY, M., MARKOVA, J., SYKORA, M. Target Reliability Levels in Present Standards. *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series.* ISSN 1804-4824 (Online), 1213-1962 (Print). 14 (2014), 2, pp. 46-53. DOI: 10.2478/tvsb-2014-0018.
- [25] FISCHER, K., VIRGUEZ, E., SÁNCHEZ-SILVA, M., FABER, M. H. On the Assessment of Marginal Life Saving Costs for Risk Acceptance Criteria. *Struct. Saf.* ISSN 0167-4730. 44 (2013), pp. 37-46. DOI: 10.1016/j.strusafe.2013.05.001.
- [26] SYKORA, M., HOLICKY M., MARKOVA, J. Verification of Existing Reinforced Concrete Bridges Using the Semi-Probabilistic Approach. *Eng. Struct.* ISSN 0141-0296. 56 (2013), pp. 1419-1426. DOI: 10.1016/j.engstruct.2013.07.015.
- [27] CASPEELE, R., SYKORA, M., ALLAIX, D.L., STEENBERGEN, R. The Design Value Method and Adjusted Partial Factor Approach for Existing Structures. *Struct. Eng. Int.* ISSN 1016-8664. 23 (2013), 4, pp. 386-393. DOI: 10.2749/101686613X13627347100194.

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic under grant FV 20585 and by the Regensburg Center of Energy and Resources (RCER) through the Technology- and Science Network Oberpfalz.

RIZIKA A JEJICH ŘÍZENÍ ZACÍLENÉ NA BEZPEČNOST TECHNICKÝCH DĚL

POUČENÍ Z PORUCHY VD OROVILLE - SPOLEHLIVOST NOUZOVÝCH PŘELIVŮ

LESSONS LEARNED FROM OROVILLE DAM INCIDENT - RELIABILITY OF THE EMERGENCY SPILLWAY STRUCTURES

Miroslav Brouček^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: V průběhu povodňové události na toku Feather River došlo v únoru 2017 k poškození skluzu bezpečnostního přelivu přehrady Oroville. Potřeba uzavřít bezpečnostní přeliv v průběhu povodní vedla k nezbytnému využití nouzového přelivu. Při převádění vody přes nouzový přeliv se v důsledku postupující zpětné eroze zvýšilo ohrožení stability přelivné sekce přelivu. Přestože bezpečnost přehrady nebyla ohrožena, preventivní opatření přijatá při riziku vzniku zvláštní povodně vedla k evakuaci přibližně 180 tis. obyvatel v potenciálních záplavových oblastech. Článek shrnuje průběh poruchy a reakce příslušných odpovědných orgánů a vyvozuje poučení pro navrhování a provoz nouzových přelivů i připravenost potenciálního záplavového území.

Klíčová slova: přehrada Oroville; porucha vodního díla; spolehlivost; nouzový přeliv, skluz.

Abstract: During floods on Feather River in February 2017, the chute from the spillway of the Oroville dam was damaged. Closure of the spillway during flood event led inevitably to the utilization of the emergency spillway. The stability of the spillway section of the emergency spillway was nearly compromised as a result of continuing backward erosion. Although the dam safety was not at risk, the preventive measures taken for the risk of special flood resulted in the evacuation of approximately 180 thousand citizens located in potential flood areas. The paper summarizes the incident itself and the measures taken by the appropriate authorities and also presents lessons learned for emergency spillway design and preparedness of the potential flood areas.

Key words: Oroville Dam; hydraulic structure damage; reliability; emergency spillway; chute.

1. Úvod

Požadovaná míra bezpečnosti vodních děl za povodní se v různých částech světa různí. Zatímco v České republice je definována dobou opakování (return period) v letech, respektive pravděpodobností výskytu jevu, dle [1] pro příslušné kategorie vodního díla dle potenciálu

^{*)} Ing., Ph.D., Miroslav.broucek@fsv.cvut.cz

škod [2,3], v jiných částech světa jsou využívány pojmy jako maximální krajská či státní povodeň, které lze do doby opakování sice v principu převést, nicméně způsob jejich stanovení se liší. Za nejvyšší možný požadavek je obvykle považován průtok odpovídající pravděpodobné maximální povodni (PMP), byť v některých zemích používané doby opakování, např. 100 000 let, vedou při použití statistických metod k průtokům, které PMP překračují. Požadovaná míra bezpečnosti vodních děl se ve většině rozvinutých zemí v průběhu několika posledních dekad zvýšila buď skokově (případ ČR) nebo postupně, což klade nejen další požadavky při projektování nových vodních děl, ale vyžaduje i značné investice potřebné k uvedení stávajících vodních děl do souladu s platnou legislativou [4]. Příkladem v ČR může být připravované dodatečné výpustné zařízení na VD Orlík nebo právě dokončené práce na VD Šance, ale i řada menších akcí.

Standardní návrh přehrady počítá s převáděním povodňových průtoků skrze bezpečnostní přelivy. Umožnily-li to morfologické podmínky, bylo pro omezení rozměrů bezpečnostních přelivů a tedy zvýšení ekonomické efektivity návrhu u řady významných přehrad ve světě, v ČR dosud nikoli, přistoupeno k realizaci tzv. nouzového přelivu, jehož funkce je obvykle omezena průtoky překračujícími dobu opakování 100 až 1000 let. Tyto objekty tedy v principu nemusí přijít v celé době životnosti přehrady do funkce, neprovádí se jejich funkční zkoušky a ani není za normálních okolností řešen odvod vody od těchto přelivných konstrukcí.

2. Přehrada Oroville

Vodní dílo Oroville se nachází na řece Feather (cca říční km 117) v severní Kalifornii ve Spojených státech amerických. Plocha povodí k profilu hráze je 9340 km². Vodní dílo se skládá z 234,7 m vysoké a 2110 m dlouhé hlavní sypané hráze (nejvyšší v USA) a dvou vedlejších sypaných hrází. Bidwell saddle dam je dlouhá 409 m při maximální výšce 14,3 m a Parish Camp Saddle Dam je 79,9 m dlouhá hráz s maximální výškou 8,2 m. Vytvořená nádrž má celkovou kapacitu 4,3 mld. m³. Vodní dílo plní zejména účely zásobování vodou, výrobu elektrické energie a protipovodňovou ochranu bylo dokončeno v roce 1968 a je ve vlastnictví a správě státu Kalifornie – oddělení vodních zdrojů (DWR) [5].

Výpustné objekty díla představuje bezpečnostní přeliv, nouzový přeliv, vodní elektrárna Hyatt HPP s instalovaným výkonem 819 MW při hltnosti 480 m³.s⁻¹ a spodní výpusti s kapacitou 122 m³.s⁻¹. Oba přelivy jsou umístěny mimo těleso hráze, obr. 1. Bezpečnostní přeliv má 8 polí hrazených segmentovými uzávěry. Celková přelivná šířka je 54,5 m a průtok při návrhové povodni 4248 m³.s⁻¹, což odpovídá neškodnému průtoku pro území pod vodním dílem, přičemž kulminační přítok do nádrže při návrhové povodni je 12460 m³.s⁻¹. Tato situace nastala pouze jedenkrát od doby výstavby díla, a sice 21. 2. 1986 [10]. Pro převádění návrhové povodně není vyžadována funkce nouzového přelivu. Požadovaná míra bezpečnosti je stanovena na PMP, při jejím převádění je průtok bezpečnostním přelivem 8283 m³.s⁻¹. Na přelivnou sekci navazuje 1310 m dlouhý betonový skluz ukončený čtyřmi rozrážeci [5].

Nouzový přeliv je tvořený betonovou konstrukcí dvou přelivných ploch. První část je tvořená proudnicovou přelivnou plochou s maximální výškou 15,6 m, zatímco druhá představuje širokou korunu. V případě PMP je průtok přes nouzový přeliv 10506 m³.s⁻¹. Za přelivnou sekci se nachází svah se vzrostlou vegetací, přičemž při zapojení nouzového přelivu byla očekávána eroze na svahu [6].



Obr. 1. Pohled na hlavní výpustná zařízení přehrady Oroville.

3. Vývoj poruchy

Srážkové úhrny v zimě na přelomu let 2016-2017 byly v Kalifornii abnormálně vysoké. Na konci ledna 2017 bylo přistoupeno k převádění průtoků pomocí bezpečnostního přelivu průtokem $560 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což je hodnota velmi nízká oproti návrhovému průtoku pro přeliv.

6. února 2017 při očekávaném zvýšení přítoků do nádrže byl zvýšen odtok přelivem na $1530 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a zaznamenán nezvyklý hydraulický jev v dolní polovině skluzu (staničení 1021 m). Následně byly uzavřeny uzávěry na přelivu a provedena inspekce skluzu, která identifikovala poruchu, obr. 2. Na základě předpovědi srážek a vyhodnocení stavu skluzu byl aktivován krizový plán.



Obr. 2. Porucha skluzu 7. 2. 2017 [5].

V následujících hodinách bylo provedeno testování odolnosti skluzu ve stávajícím stavu, tj. s poruchou, v závislosti na průtoku přes bezpečnostní přeliv.

9. 2. 2017 průměrné srážkové úhrny na povodí k profilu Orovillské přehrady překročily 325 mm a 10. 2. 2017 zvýšila obsluha VD odtok přes přeliv na $1840 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což způsobilo další rozvoj poškození skluzu. Následně bylo rozhodnuto o využití nouzového přelivu, aby se zamezilo dalšímu poškozování skluzu. Průtok na přelivu byl snížen na $1550 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Erodovaný materiál ze skluzu zúžil průtočný profil toku pod přehradou a způsobil zpětné vzdutí až ke vzdušní patě hlavní hráze, u které se nachází vodní elektrárna Hyatt, která byla ohrožena.

Přítoky do nádrže překročily o $850 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ předpovídané hodnoty a dosáhly $5395 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a 11. 2. 2017 začala voda přepadat přes nouzový přeliv. Obsluha mezi tím zbavila svah veškerého porostu, aby zabránila transportu plavenin a splavenin, které by mohly způsobit v toku níže další škody.

12. 2. 2017 odpoledne byla zpozorována postupující zpětná eroze v oblasti pod betonovými konstrukcemi nouzového přelivu, obrázky 3 a 4. V té době byl odhadovaný průtok přes nouzový přeliv $354 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ při přepadové výšce 0.49 m. Rychlost postupu eroze hrozící ztrátou stability přelivných bloků snížila potřebný reakční čas na přibližně 2 hodiny.



Obr. 3. Postup eroze pod nouzovým přelivem 12. 2. 2017 [7].

Okamžitě byl zvýšen odtok přes bezpečnostní přeliv na hodnotu $2830 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s cílem zamezit havárii nouzového přelivu a 9 minut poté vydán příkaz k evakuaci pro 188 000 obyvatel v ohrožených územích níže po toku. Přepad přes nouzový přeliv skončil po 5 hodinách od zvýšení průtoku přes bezpečnostní přeliv. Celkově byl ve funkci po dobu 36 hodin [9].

Zvýšený průtok přes bezpečnostní přeliv, obr. 5a), způsobil poškození části skluzu a rozsáhlou erozi svahu vlevo od skluzu, obr. 5b).



Obr. 4. Postup eroze pod nouzovým přelivem 12. 2. 2017 [8].



Obr. 5. a) zvýšený průtok přes poškozený skluz 11. 2. 2017 [9]; b) rozsah poškození skluzu na konci povodňové události [8].

4. Analýza evakuace

Výsledky zpětné analýzy splnění evakuačního příkazu vykazaly úspěšnou evakuaci přibližně 70% určených obyvatel [6]. Následující tabulka 1 představuje příčiny uvedené částí občanů, kteří k evakuaci nepřistoupili.

Tabulka 1. Důvody pro setrvání v ohrožených lokalitách [6].

Důvod pro neevakuační rozhodnutí	% z občanů, kteří zůstali v ohrožené lokalitě
Předpokládali, že nedojde ke vzniku zvláštní povodně	19
Mysleli si, že nejsou v ohrožených oblastech	33
Domnívali se, že pro ně evakuační příkaz neplatil	14
Zůstali z důvodu ochrany majetku	10
Zůstali, aby mohli vykonávat práci	2
Neměli k evakuaci prostředky	6
Fyzicky neschopní k evakuaci	3
Další (většinou odrazení dopravními zácpami v důsledku evakuace)	13

Z pohledu reakční doby proběhla evakuace 70% (evakuovaných) do 1 hodiny od vydání příkazu. Do 2 hodin od vydání příkazu opustilo ohrožené lokality 83% evakuovaných.

5. Příčina poruchy skluzu

Častou příčinou poruch skluzů jsou kavitační jevy vznikající v nedostatečně provzdušněném proudu vody o vysoké rychlosti. Potenciál vzniku kavitačních jevů a následné poruchy konstrukce se u skluzů vyjadřuje pomocí kavitačního součinitele σ , který je funkcí rychlosti a tlaku. □ Prahovou hodnotou minimalizaci ohrožení konstrukce kavitačními jevy je 0.2, tj. pro hodnoty součinitele nad 0.2 je konstrukce považována za bezpečnou [10]. Dále lze kavitační jevy účinně omezit provzdušením proudu. Při koncentraci vzduchu převyšující 10% lze betonové konstrukce považovat za bezpečné [11]. Analýza stávajícího skluzu na numerických modelech (1-D a 3-D) a fyzikálním modelu v měřítku délek 1:50 [12] potvrdila bezpečnost poškozené části původního skluzu. S uvážením provzdušnění v místě pilířů uzávěrů je skluz schopen bez kavitačního poškození převést nejen průtok návrhové povodně ($4248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), což se v praxi potvrdilo v roce 1986 [13], ale i průtoky přesahující $8000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [14].

Analýza dokumentace inženýrsko-geologického průzkumu pro realizaci stavby skluzu a stavební fotodokumentace identifikovala jako příčinu erozi silně zvětralé vrstvy hornin pod základy skluzu [15]. V daném místě nebylo provedeno očištění základové spáry až na horninu, ale betonáž byla provedena na zvětralou horninu, respektive téměř zeminu, obr. 6. V kombinaci s nevhodně umístěnými příčnými drény, které způsobily vznik trhlin v betonové konstrukci skluzu a výrazné prosakování vody do podloží byly splněny podmínky pro iniciaci a rozvoj eroze.



Obr. 6. Očištěná základová spára a příprava betonáže skluzu v roce 1966 [8]

6. Nápravná opatření

Rozsah poškození skluzu bezpečnostního přelivu a eroze pod nouzovým přelivem vyžadovaly rychlou nápravu, neboť vodní dílo v daném okamžiku nebylo vybaveno žádným z kapacitních výpustných objektů, které jsou nezbytné v průběhu každého zimního období. Prioritní byla oprava skluzu bezpečnostního přelivu s termínem dokončení v listopadu 2017.

Na základě rozsáhlé diskuse o způsobu opravy, která obsahovala varianty s využitím již vyerodovaného kanálu u skluzu, jeho zasypaním či zaplněním betonem nebo přemostěním. Dále byla diskutována potřeba celkové rekonstrukce skluzu s ohledem na příčiny vzniku poruchy. Výsledný návrh uvažoval s kompletní rekonstrukcí objektu skluzu, tj. včetně odstranění stávajících betonů, a zaplněním nezbytné části erodované jámy válcovaným betonem. Objemy hlavních prací při rekonstrukci přelivu a časové souvislosti shrnuje tabulka 2 a obr. 7.

Tabulka 2. Objemy hlavních prací na rekonstrukci přelivu [7].

Hlavní činnost	množství jednotek
Výkopy	320 000 m ³
Válcovaný beton	265 000 m ³

Podkladní a vyrovnávací beton	32 000 m ³
železobetonové konstrukce	23 000 m ³



Obr. 7. Časový postup prací na rekonstrukci přelivu v roce 2017 [7].

Stabilizace betonových bloků nouzového přelivu je zajištěna pilíři z válcovaného betonu, na který navazuje skloněný vývar taktéž z válcovaného betonu. Celková délka nově opevněného povrchu je 73 m, přičemž zakončení je provedeno převrtávanou pilotovou stěnou s variabilní hloubkou 11 m – 20 m. Vyztuženy jsou vždy 2 piloty ze skupiny 5 pilot.

7. Poučení pro analýzu rizik, krizové řízení a projektování

Porucha skluzu bezpečnostního přelivu a s ní související první zapojení nouzového přelivu do převádění povodňových průtoků, u kterého bylo vyhlášeno riziko vzniku zvláštní povodně a vyhlášena evakuace, poskytla značné množství zkušeností a poučení jak v rovině technické, tak i v rovině bezpečnostní.

Z pohledu analýzy ohrožení území zvláštní povodně a navazující analýzy rizik, respektive nákladů a užitků opatření pro zmírnění rizik, ale výrazněji z pohledu krizového řízení se projevila absence záplavových čar pro havárie samostatných celků vodního díla. Stejně jako v jiných státech, včetně ČR, jsou v USA běžně záplavové čáry zpracovávány pro případ havárie vodního díla a příslušnou zvláštní povodeň. Numerické modelování neustáleného proudění vody v otevřených korytech je časově značně náročné a nelze jej vyřešit v případě vzniklé krize. Při evakuaci tak nebylo možné přesněji stanovit rozsah ohroženého území z hrozící zvláštní povodně od havárie tělesa nouzového přelivu.

Samotná diseminace informací o probíhající krizové situaci z krizového centra odpovědným osobám probíhala v rámci možností v pořádku, nicméně potřeba zlepšení se projevila u řady systémů. Zejména telefonický systém, který obvolával pouze 3 telefonní čísla v jednom okamžiku, byl z hlediska předávání informací shledán příliš pomalý s ohledem na počet osob, kterým bylo třeba informace předat. Samotný rozsah díla se ukázal překážkou při komunikaci inženýrských týmů v terénu a v krizovém sále neboť po kolapsu mobilní sítě bylo zapotřebí

podstatné informace, zejména fotografie převážet osobně, což způsobovalo ztrátu času a někdy i zkrácení předávané informace.

Jako částečně problematické byly hodnoceny i texty evakuačních příkazů zasílané jednotlivým povodňovým / pohotovostním manažerům s doporučením pro vyšší využití vzorových zpráv, které umožní zahrnout všechny podstatné informace bez ohledu na odbornost příjemce.

V technické rovině přinesla porucha poučení v oblasti vnitřní eroze a zakládání (hlavní příčina prvotní poruchy skluzu bezpečnostního přelivu), dále odolnosti konstrukcí při působení vody o vysokých rychlostech (kavitační jevy na skluzu byly vyvráceny dvěma nezávislými posudky). Tradičně se projevila nízká spolehlivost předpovědí v období extrémních srážek, která klade zvýšené požadavky na manipulaci za povodní.

Průběh poruchy otevřel otázku celkové spolehlivosti nouzových přelivů, u nichž lze jen velmi omezeně provádět funkční zkoušky (u nouzových přelivů hrazených odplavitelným hrazením nelze provádět zkoušky vůbec) a na spolehlivém splnění účelu je obvykle závislá bezpečnost celého vodního díla, neboť nelze odtok regulovat. Případ přehrady Oroville byl v tomto směru výjimkou, neboť využití nouzového přelivu nebylo vynucené nedostatečnou kapacitou zbývajících vypustných zařízení během povodně, ale rozhodnutím obsluhy díla omezit rozsah poškození skluzu bezpečnostního přelivu.

8. Závěr

Príspevek stručně shrnuje průběh vývoje poruchy na skluzu bezpečnostního přelivu nejvyšší přehrady USA a navazující ohrožení stability konstrukce nouzového přelivu, která vedla k vydání evakuačního příkazu pro přibližně 188 000 obyvatel v ohrožených lokalitách. V příspěvku je dokumentována jak časová posloupnost vývoje poruch, tak i navazujících akcí a provedené kompletní rekonstrukce skluzu a zabezpečení nouzového přelivu. V části zabývající se úspěšností evakuace jsou souhrnně dokumentovány důvody, pro které neuposlechla téměř třetina obyvatel příkazu i časová souslednost evakuace. Jednotlivá poučení v rovině technické i administrativní vyplývající z proběhlé situace jsou popsána s přihlédnutím k situaci významných vodních děl v České republice.

Literatura

- [1] MZe ČR. *Vyhláška č. 590/2002 Sb. Vyhláška o technických požadavcích pro vodní díla.*
- [2] MZe ČR. *Vyhláška č. 255/2010 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly.*
- [3] MZe ČR. *Metodický pokyn č. 1 /2010 k technickobezpečnostnímu dohledu nad vodními díly; Ministerstvo zemědělství ČR; Č.j.: 37380/2010-15000*
- [4] ČAS. *ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních; TNK 145 Hydrotechnika; účinnost od 1. 2. 2014*
- [5] CROYLE, W., GUTIERREZ, D., LEDESMA, J., TAPIA, S., BLACKETT, F. L. Oroville Dam Spillway Incident – Situation Development, Incident Response and Public Safety. *Symposium Hydro Engineering*. Vienna 2018, pp. 41-61, DOI 10.3217/978-3-85125-620-8-002

- [6] NEEDHAM, J., SORENSEN, J., MILETI, D., MURRAY, M. Oroville Dam Spillway Incident – Warnings and the Human Response. *Symposium Hydro Engineering*. Vienna 2018, pp. 23-39, DOI 10.3217/978-3-85125-620-8-001
- [7] CRADDOCK, T., HARDER, L., VERIGIN, S., KUTTEL, J., BORWN, D., MIHYAR, M., BOYER, D. Oroville Dam Spillway Incident – Fast-track Recovery Design and Construction to Address Critical Dam Safety. *Symposium Hydro Engineering*. Vienna 2018, pp. 63-84, DOI 10.3217/978-3-85125-620-8-003
- [8] FRANCE, J. W., ALVI, I. A., DICKSON, P. A., FALVEY, H. T., RIGBEY, S. J., TROJANOWSKI, J. What Happened at Oroville Dam and Why – Findings of the Spillway Incident Forensic Investigation. *Symposium Hydro Engineering*. Vienna 2018, pp. 145- 170, DOI 10.3217/978-3-85125-620-8-007
- [9] CROYELE, W. Oroville dam spillway 2017-02-11.
- [10] FALVEY, H. T. Cavitation in Chutes and Spillways. *Water Resources Technical Publications, EM 42*. Denver, CO: Bureau of Reclamation, Department of Interior 1990.
- [11] WILHELMS, S. C., GULLIVER, J. S. Bubble and Waves Descriptions of Self-Aerated Spillway Flow. *J. Hyd. Res.*, 43(2005),5, pp.522-531.
- [12] THAYER, D. P., STROPPINI, E.W. Hydraulic Design for Oroville Dam Spillway. *Proc., ASCE Hydraulic Conference*, Tucson 1965.
- [13] DWR. *Oroville Dam Spillway Inspection and Condition Assessment*; Office Memorandum, Operation and Maintenance. Division, Dam Surveillance Section, April 2008.
- [14] PANDEY, G., FORD, D., CRADDOCK, T., WHITE, M., FORTNER, M., LEAHIGH, J. Oroville Dam Spillway Incident – Hydrologic and Hydraulic Engineering Activities to Inform Operation and Design. *Symposium Hydro Engineering*; Vienna 2018, pp. 123-143, DOI 10.3217/978-3-85125-620-8-006
- [15] NICHOLS, H., GRAY, M., HALL, C., HARDER, L, CRADDOCK, T. Oroville Dam Spillway Incident – Geological and Geotechnical Investigations for Recovery Design Features. *Symposium Hydro Engineering*; Vienna 2018, pp. 101-121, DOI 10.3217/978-3-85125-620-8-005

POŽÁRNÍ BEZPEČNOST VÝSTAVNÍHO PAVILONU

FIRE SAFETY OF AN EXHIBITION HALL

Kamila Cábová¹⁾, František Wald²⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Článek popisuje halový objekt výstavního pavilonu, který byl v minulosti zničen vlivem požáru. Popisuje příčiny a následky požáru pocházející z vyšetřování po požáru. Dále článek řeší způsoby zvýšení požární bezpečnosti a spolehlivosti nosné konstrukce. Detailně analyzuje vybranou variantu kombinace aktivních a pasivních prvků požární ochrany, která by měla zajistit dostatečnou úroveň požární bezpečnosti požadovanou současnými předpisy. Řešení spočívá v kombinaci přirozeného a nuceného větrání požárního úseku, zavedení mlhového chlazení konstrukce, rozdělení požárního úseku na kouřové sekce, zvýšení počtu únikových cest a dalších neméně důležitých prvků požární bezpečnosti. Dostatečné zajištění požadavků požární bezpečnosti konstrukce nově navrženého výstavního pavilonu je předvedeno pomocí výpočtu teploty plynu pomocí pokročilé metody zónového modelu.

Klíčová slova: požární bezpečnost; výstavní pavilon; aktivní prvky požární ochrany; zónový model.

Abstract: The paper describes a hall object of an exhibition pavilion, which was destroyed by fire in the past. The paper deals with possible causes and consequences of a fire resulting from an investigation after fire. The paper also deals with ways of increasing the fire safety and reliability of bearing structure. A selected combination of active and passive elements of fire protection, which should ensure a sufficient level of fire safety required by current regulations, is analysed in detail. The solution consists of a combination of natural and forced ventilation of the fire enclosure, introduction of fog cooling of the structure, division of the fire enclosure into smoke sections, increase of escape routes and other no less important elements of fire safety. A sufficient fire safety of the newly designed exhibition pavilion structure is demonstrated by a calculation of the gas temperature by an advanced method of zone model.

Keywords: fire safety; exhibition hall; active fire-fighting measures; zone model.

1. Úvod

V roce 2008 došlo k požáru levého křídla Průmyslového paláce na pražském výstavišti Holešovice. Požár je z důvodu následků přesahující přímé škody 550 mil. Kč a zranění dvou

¹⁾ Ing., Ph.D., cabova@fsv.cvut.cz

²⁾ prof., Ing., CSc., wald@fsv.cvut.cz

príslušníku jednotek požární ochrany řazen mezi jeden z největších požárů v historii České republiky. Odhadnutá škoda byla stanovena na jednu miliardu Kč [1].

Budova Průmyslového paláce byla dokončena v r. 1891 pro příležitost pořádání Zemské jubilejní výstavy. Na projektu se podíleli architekt Bedřich Münzberger a Ing. František Prášil. Celková délka objektu byla 238 m, výška v místě věže 51 m a celková půdorysná plocha paláce byla 4707 m². Objekt sloužil k pořádání výstav, veletrhů a společensko-kulturních akcí.

Celý objekt byl tvořen smíšeným konstrukčním systémem, přičemž nosné prvky tvořila atypická ocelová nýtovaná konstrukce. Výraznou roli při požáru sehrálo dřevěné obložení nad celým výstavním prostorem, které bylo v půdním prostoru překryto nehořlavou vrstvou hliníkové fólie a izolace. Stejně tak sehrála negativní roli vzduchotechnika, kterou bylo zajišťováno větrání objektu. Některé větrací mřížky vzduchotechniky byly vyvedeny přímo nad místem vzniku požáru. Prostory objektu byly převážně jedno a dvoupodlažní, částečně podsklepené jedním PP. Podhledy výstavních ploch obou křídel paláce byly dřevěné, podlaha částečně dřevěná a částečně krytá keramickou dlažbou. Objekt nebyl dělen na požární úseky ve smyslu ČSN 73 0802 [2].

Požár vznikl v levém křídle výstavní budovy. Při příjezdu první hasičské jednotky (3 min po ohlášení požáru) bylo celé levé křídlo zasaženo požárem (obr. 1a). Z důvodu uchránění střední části objektu byl proto zásah zaměřen na rozhraní levého křídla a střední části paláce, kde byla vytvořena vodní stěna. Na místě zasahovaly všechny profesionální a dobrovolné jednotky z celé Prahy. Během zásahu došlo k postupnému zřícení konstrukce levého křídla. Požár se podařilo lokalizovat a střední a pravá část budovy tak zůstala uchráněna. Levé část budovy byla kompletně zničena (obr. 1b) [1].



a)



b)

Obr. 1. Budova Průmyslového paláce: a) během požáru [1]; b) po požáru [2].

Expertní komise ve spolupráci s vyšetřovateli HZS a policií ČR stanovila příčinu požáru jako vzplanutí hořlavých předmětů na vařiči, který byl v kuchyňce výstavního stánku. Požár se po jeho vzniku rozšířil na další stánky a dřevěnou konstrukci stropu levého křídla paláce [1].

2. Budova výstavního pavilonu

2.1 Původní konstrukce

Původní levé křídlo výstavního pavilonu bylo halového charakteru, obdélníkového půdorysu o rozměrech 50,0 x 94,8 m, z části podsklepené. Střední trakt šířky 30,0 m byl zastřešen sedlovou střechou (vrchol ve výšce 15,84 m), okrajové trakty šířky 10,0 m byly zastřešeny členěnou v podélném směru obloukovou střechou (nejvyšší bod ve výšce 9,3 m). Prostory objektu byly jednopodlažní a dvoupodlažní, částečně podsklepené s jedním podzemním podlažím.

Nosné prvky tvořila především atypická ocelová nýtovaná konstrukce. Z konstrukčního hlediska se jednalo o kombinovaný podélný trojtrakt s nosnými obvodovými stěnami zhotovenými z železobetonu a vnitřními ocelovými rámy ukotvených pomocí patní desky do betonového základu. Trojkloubové příhradové rámy umístěné v osových vzdálenostech 11,85 m podporovaly kloubové ocelové vaznice uložené v osové vzdálenosti 3,55 m. Horní pás rovněž příhradových vaznic byl výškově zarovnan s horním pasem ráků. Sloupy příhradového rámu plynule přecházely ve vazníky pod poloměrem 9,643 m. Všechny prvky příhradových ráků a vaznic byly z úhelníků a dvojic úhelníků. Prostorovou tuhost objektu zajišťovaly tuhé obvodové stěny, příhradové vaznice pnuté mezi rámy a ztužující příhradové vazníky v krajních traktech, které rozpíraly střední rámy a obvodovou stěnu. Ve střešní rovině byla konstrukce středního traktu ztužena vodorovným ztužidlem po obvodě celého traktu a zmíněnými příhradovými vaznicemi. Půdorys a řez původní ocelové konstrukce je na obr. 2 a 3. Podhledy výstavní plochy obou křídel byly dřevěné. Podlaha byla z části dřevěná a částečně krytá keramickou dlažbou. Obvodové stěny byly z velké plochy prosklené.

V objektu byl instalován požární vodovod s vnitřními odběrními místy (požární hydrantové systémy typu C 52 ve skříních), a dále přenosné hasicí přístroje (po obvodu výstavních ploch). U hlavních vstupů do jednotlivých částí objektu byly osazeny tlačítkové hlásiče požáru EPS (samočinnými hlásiči požáru byly vybaveny jen vybrané technické prostory) s vyvedením do ústředny v dispečinku, resp. ohlašovny požárů výstaviště. Levé křídlo mělo tři únikové východy směřující do střední části objektu a jeden v protější stěně směřující na volné prostranství.

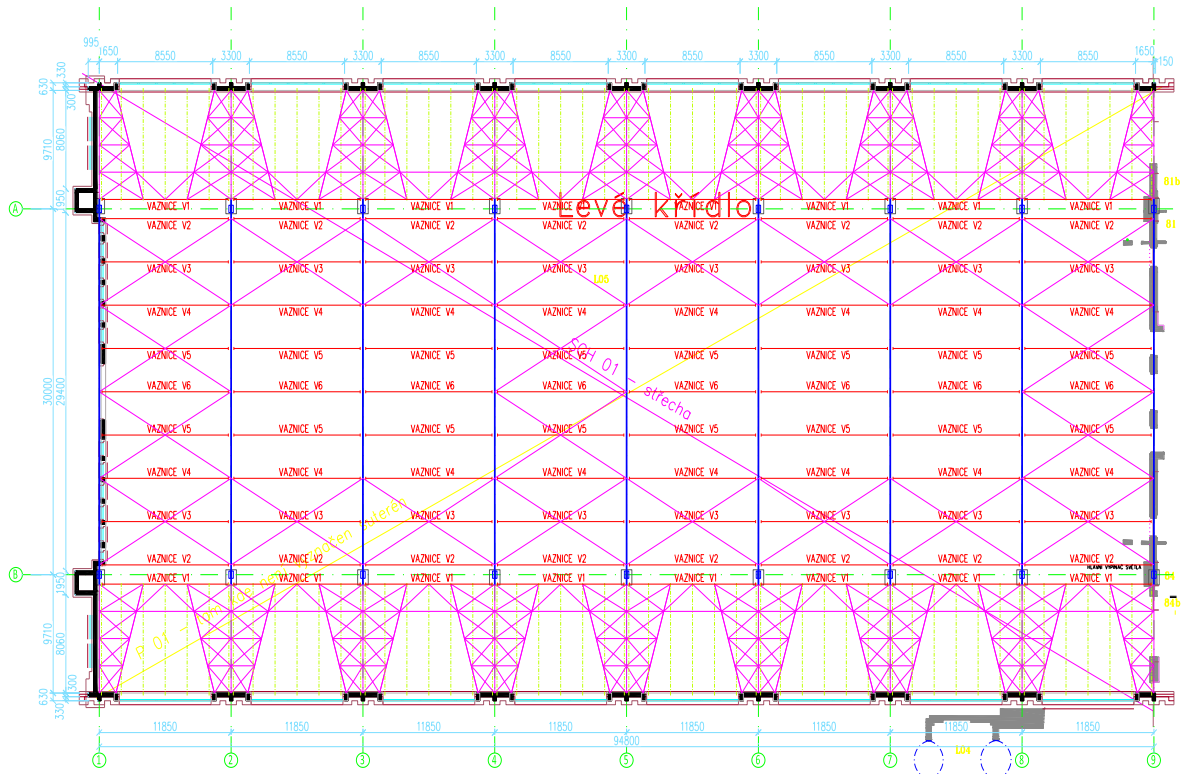
2.2. Konstrukce novostavby

Za účelem obnovy zničené části výstavního paláce byla zhodnocena požární bezpečnost levého křídla budovy. Na hodnocení spolupracovali odborníci z oblasti požární bezpečnosti staveb, kteří připravili požárně bezpečnostní řešení budovy a statici, kteří ověřili chování konstrukce při požáru. Dle zadání měl být zachován původní vzhled levého křídla výstavního pavilonu. Novostavba však současně musí splňovat požadavky požární bezpečnosti současné doby. Požadavek požární odolnosti konstrukce je R30.

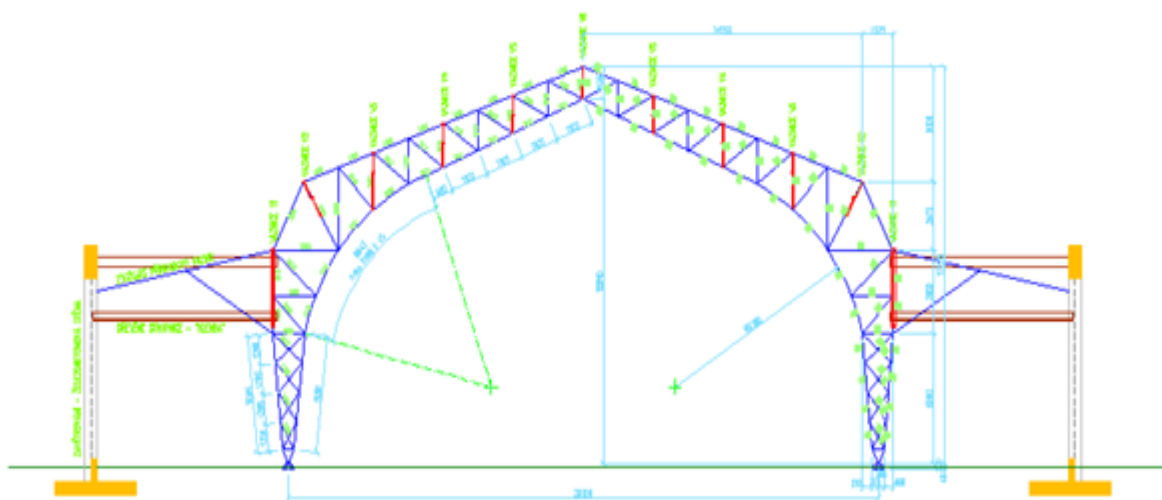
Rozměry a vnitřní dispozice navržené novostavby odpovídají původnímu objektu. Konstrukce budovy je rovněž zachována jako kombinovaný podélný trojtrakt s nosnými obvodovými stěnami z železobetonu a vnitřními ocelovými rámy ukotvených pomocí patní desky do betonového základu. Oproti původní nýtované konstrukci je navržena konstrukce s prvky příhradových ráků a vaznic z úhelníků, dvojic úhelníků či svařovaných profilů z úhelníků.

Střešní plášť levého křídla uložený na vodorovných prvcích konstrukce je zhotovený z titan-zinkové plechové krytiny, odvětrávací fólie, dřevěného bednění tl. 24 mm, kontralatí 70/50 mm, difúzní fólie, záklopu tl. 24 mm, minerální tepelné izolace tl. 250 mm, parotěsné zábrany,

krokví 80/260 mm a dřevěným záklopem tl. 24 mm. Podlaha v podsklepené části výstavní haly je zhotovena z broušeného/leštěného betonu, vyztužené betonové vrstvy, železobetonové desky tl. 300 mm. V nepodsklepené části je doplněna o tepelnou izolaci. Vnější stěny objektu tvoří omítnutá ŽB stěna tl. 250 mm, tepelná izolace tl. 250 mm, difúzní fólie, provětrávaná mezera a omítnuté keramické zdivo či železobetonové panely.



Obr. 2. Půdorys nosné konstrukce.



Obr. 3. Příčný řez nosnou konstrukcí.

2.3. Zvýšení požární bezpečnosti pomocí aktivních prvků požární ochrany

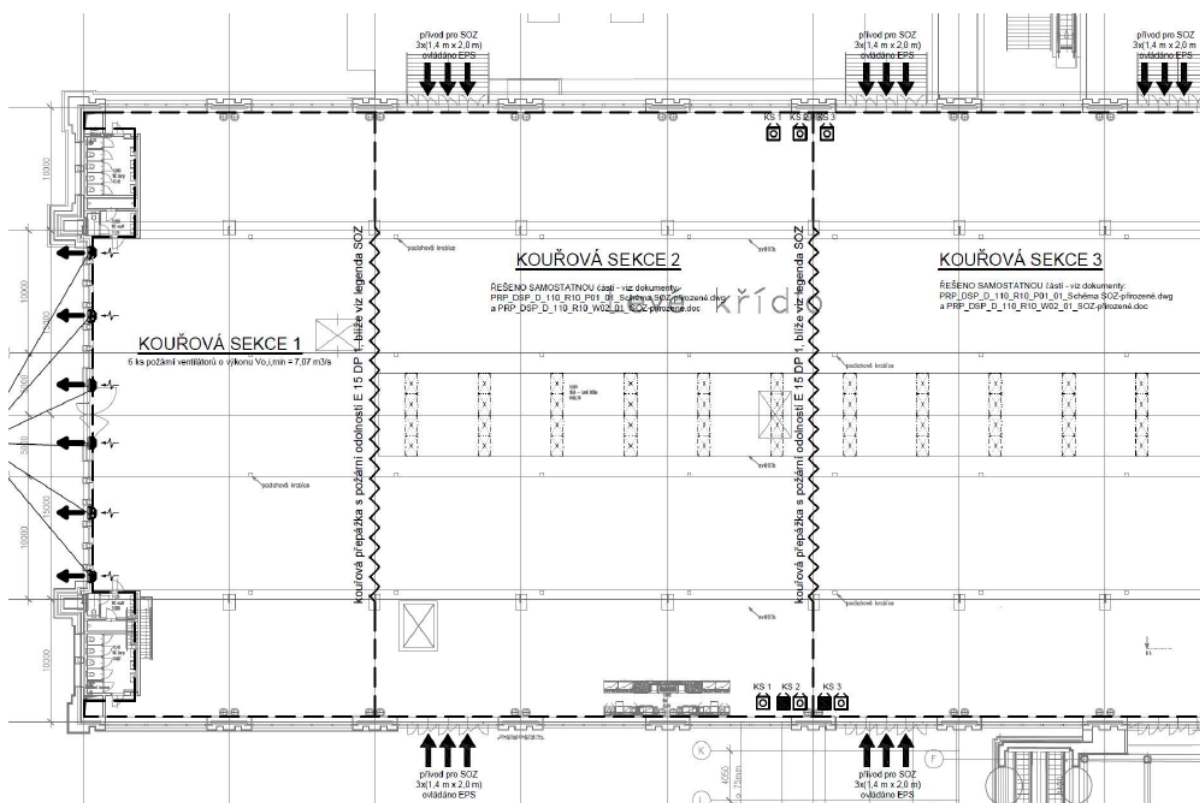
Návrh novostavby zavádí v požárním úseku N1.01 (výstavní úsek) velké množství aktivních prvků požární ochrany. Jedná se o:

- elektrickou požární signalizaci (EPS), která je připojena přes zařízení dálkového přenosu (ZDP) na HZS hl. m. Prahy;
- samočinné odvětrací zařízení (SOZ). Požární úsek (PÚ) je rozdělen do tří kouřových sekcí. Ve dvou kouřových sekcích, kde je přítomen vrcholový světlík, je přívod vzduchu zajištěn skrz pětici dveří o šířce 8,25 m, která slouží zároveň jako únikové východy na volné prostranství. Odvod horkých plynů probíhá v každé kouřové sekci přirozeně přes 12 dvojic odvětrávacích klapek ve vrcholovém světlíku, každá dvojice klapek je o velikosti 3,8 m x 1,0 m. V jedné kouřové sekci je odvětrání zařízení nuceně, pomocí 6 ks odvětrávacích klapek a 6 ks axiálních ventilátorů o výkonu 7,07 m³/s. V této sekci se nacházejí také dvoukřídlá evakuační vrata o velikosti 4,4 m x 2,1 m. Otvory sloužící pro přívod a odvod vzduchu ve všech kouřových sekcích lze vidět na obr. 4 a obr. 5.
- samočinné hasicí zařízení (SHZ) s dobou činnosti 60 min;
- mlhové hasicí zařízení (MHZ) v oblasti ocelových sloupů s dobou činnosti 30 min;
- práškové přenosné hasicí přístroje;
- vnější odběrná místa vody (nadzemní i podzemní);
- evakuační rozhlas, nouzové osvětlení, a další prvky.

Při vyhlášení poplachu (spuštění EPS) dojde k uzavření provozního větrání, aktivaci odvětrávacích klapek a ventilátoru SOZ, otevření přívodních otvorů SOZ, spuštění kouřových přepážek, otevření vrat na únikové cestě, spuštění SHZ, spuštění MHZ a dalších funkcí, které na vývoj požáru a teploty plynu již nemají tak zásadní vliv. Okenní otvory v obvodových stěnách mají skleněné výplně.



Obr. 4. Půdorys levého PÚ N1.01 s vyznačenými kouřovými sekcemi, přirozenými odvody kouře ve střeše a přívody v obvodových stěnách [3].

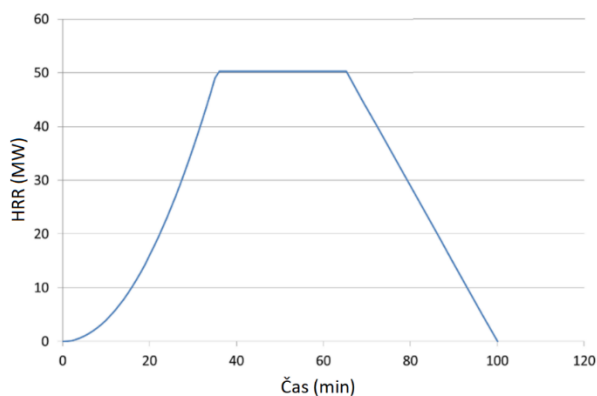


Obr. 5. Půdorys levého PÚ N1.01 s vyznačeným nuceným větráním v kouřové sekci 1 [3].

3. Modelování požáru

Požární scénáře jsou modelovány pomocí pokročilých modelů zónového a lokálního požáru v softwaru OZONE verze 3.0.3 [4]. Vývoj teploty v čase je výsledkem časové integrace diferenciálních rovnic založených na základě zachování hmoty a energie v jednotlivých zónách.

Ve výpočtu teploty plynu je uvažováno s hodnotami hustoty požárního zatížení, které jsou stanoveny na základě výpočtového požárního zatížení p_v . Výpočet požárního zatížení je proveden podle [5]. Ke stanovení teploty sloupu ve scénáři 4 jsou použity průběhy HRR dle [6]. Obr. 6 uvádí křivku HRR požáru na ploše 50 m^2 .



Obr. 6. HRR požáru o ploše 50 m^2 .

4. Požární scénáře

V rámci posouzení teploty plynu a jejího vlivu na prvky ocelové konstrukce bylo navrženo několik požárních scénářů. Volba vhodných požárních scénářů zohledňuje využití objektu nevylučující možnost pořádání divadla, banket, taneční zábavu, apod. Požární scénáře rovněž zohledňují geometrii PÚ, skladby stěn, stropu a podlahy, požární zatížení a ventilaci, která je ovlivněna aktivací některých prvků požární ochrany.

V PÚ se uvažuje s místně soustředěným požárním zatížením s maximální výpočtovou hodnotou $p_v = 32,2 \text{ kg.m}^{-2}$. Jsou proto uvažovány scénáře, kdy se požár rozšíří z lokálního zdroje do požáru zasahující rozsáhlejší podlahovou plochu. Vzhledem k výstavnímu využití nelze vyloučit ani rovnoměrně rozložené požární zatížení. Je proto uvažován i scénář prostorového požáru na celé podlahové ploše.

4.1. Požární scénář 1

Je uvažován lokální požár ve středu PÚ o maximální podlahové ploše zasažené požárem 1000 m^2 . Výpočtem je uvažována kruhová plocha o poloměru 17,9 m. Požární zatížení je vypočítáno z hodnoty $p_v = 32,2 \text{ kg.m}^{-2}$. Předpokládá se požár ve všech sekcích - kouřové clony nejsou uvažovány. Uvažována aktivace SHZ, SOZ. Odvod a přívod vzduchu ve všech sekcích – přirozeně i nuceně. Střešní odvětrávací otvory ve dvou sekcích se otevřou v závislosti na detekované teplotě (EPS). Závislost teploty na procentu plochy otevření je uvedena v tabulce 1.

Tabulka 1. Závislost teploty na procentu plochy otevření.

Teplota (°C)	Velikost otvorů (%)
20	0
141	10
300	100

Pro přívod vzduchu je uvažováno s 5 únikovými východy ve dvou protilehlých stěnách. V třetí sekci je uvažováno s 1 otevřeným únikovým východem ve štítové stěně, současně s nuceným odvodem pomocí 6 ks axiálních ventilátorů a 6 ks odvětrávacích klapek ve štítové stěně. Okenní tabule v oknech obvodových stěn zůstanou neporušené.

4.2. Požární scénář 2

Je uvažován lokální požár ve středu PÚ o max. podlahové ploše zasažené požárem 400 m^2 , (poloměr 11,3 m). Dále je uvažováno $p_v = 32,2 \text{ kg.m}^{-2}$, aktivace SHZ, SOZ. Odvod a přívod vzduchu ve všech sekcích – přirozeně i nuceně. Střešní odvětrávací otvory ve dvou sekcích se otevřou v závislosti na detekované teplotě (EPS). Závislost teploty na procentu plochy

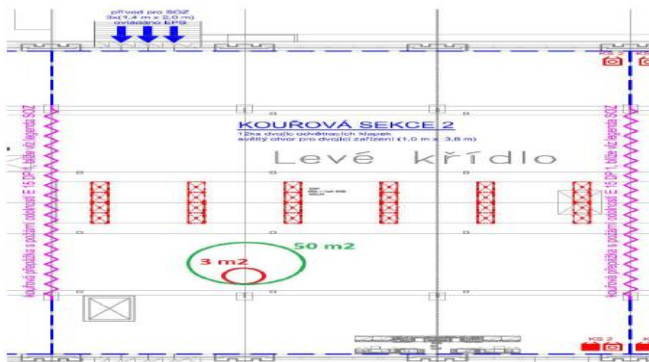
otevření odpovídá tabulce uvedené výše. Pro přívod vzduchu je uvažováno s 5 únikovými východy ve dvou protilehlých stěnách. V třetí sekci je uvažováno s 1 otevřeným únikovým východem ve štítové stěně, současně s nuceným odvodem pomocí 6 ks axiálních ventilátorů a 6 ks odvětrávacích klapek ve štítové stěně. Okenní tabule v oknech obvodových stěn zůstanou neporušené.

4.3. Požární scénář 3

Je uvažován prostorový požár v celém PÚ, $p_v = 32,2 \text{ kg.m}^{-2}$, aktivace SHZ, SOZ. Odvod a přívod vzduchu ve všech sekcích – přirozeně i nuceně. Střešní odvětrávací otvory se ve dvou kouřových sekcích otevřou v závislosti na detekované teplotě (EPS). Závislost teploty na procentu plochy otevření odpovídá tabulce uvedené výše. Pro přívod vzduchu je uvažováno s 5 únikovými východy ve dvou protilehlých stěnách. V třetí sekci je uvažováno s 1 otevřeným únikovým východem ve štítové stěně, současně s nuceným odvodem pomocí 6 ks axiálních ventilátorů a 6 ks odvětrávacích klapek ve štítové stěně. Požární scénář je uvažován ve dvou variantách - okenní tabule v oknech obvodových stěn popraskají vlivem vysokých hodnot tepelného toku (předpoklad porušení při 400°C)/okenní výplně zůstanou neporušené.

4.4. Požární scénář 4

Je uvažován lokální požár v blízkosti sloupu. Dle [3] je požární zatížení umístěno v min. vzdálenosti 0,6 m od hrany sloupu. Požární zatížení je uvažováno ve dvou variantách – s maximální rychlostí uvolňování tepla (HRR) 7,5 MW na ploše 3 m^2 (simuluje výstavní stánek o výšce 3 m) a dále s max. HRR 50 MW (simuluje uskladnění 10 t celulóзовého materiálu na ploše 50 m^2). Poloha obou variant lokálního požáru je znázorněna na obr. 7. V případě požáru na 3 m^2 je střed požáru uvažován ve vzdálenosti 1,6 m od hrany sloupu. V případě požáru na ploše 50 m^2 je střed požáru uvažován ve vzdálenosti 4,6 m od hrany sloupu. U obou scénářů je simulována pouze střední kouřová sekce o půdorysných rozměrech $35,5 \text{ m} \times 50,0 \text{ m}$. Výměna plynů na hranici kouřové sekce, pod úrovní rolety, je umožněna pomocí simulovaných otvorů vedoucích do dalších kouřových sekcí. Uvažuje se s aktivací SHZ a SOZ. V obvodové stěně je modelován 1 únikový východ sloužící pro přívod vzduchu po aktivaci SOZ. Ve stěně, která je v blízkosti sledovaného sloupu, se otevření únikového východu nepředpokládá. Ve střeše kouřové sekce jsou aktivovány klapky pro odvod horkých plynů, opět v závislosti na detekované teplotě (EPS), viz předchozí požární scénáře. Okenní tabule v oknech obvodových stěn zůstanou neporušené.

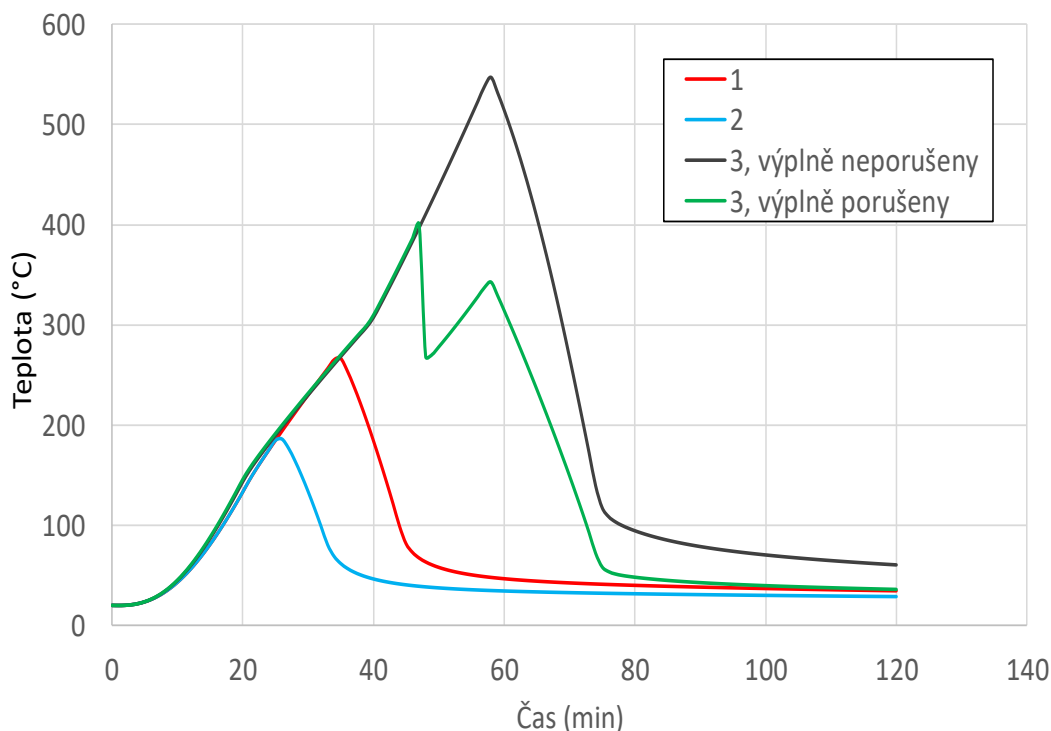


Obr. 7. Střední kouřová sekce s vyznačeným lokálním požárem u sloupu.

5. Výsledky

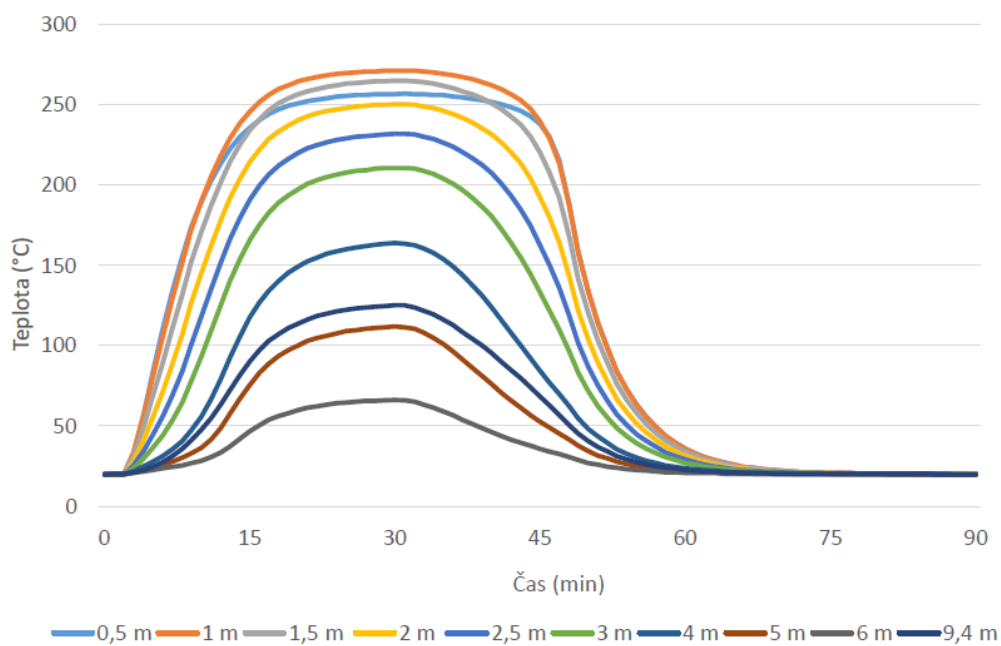
Na obr. 8 jsou uvedeny průběhy teploty plynu v PÚ při požárních scénářích 1, 2 a 3. Při scénáři č. 1 dosahuje teplota plynu 266°C po 35 min. Po tomto čase teplota klesá. Na teplotu okolí se pak teplota dostane po 120 minutách. Maximální teplota plynu při scénáři č. 2 dosáhne po 26 minutách teplotu 186°C. Teplota pak klesne na původní teplotu opět po 120 minutách. V obou případech přejde výpočet z dvouzónového modelu na model jednozónový – při požáru dojde k celkovému vzplanutí.

Při scénáři č. 3, který simuluje požár na celé ploše PÚ, je dosaženo vyšších teplot plynu, pokud nedojde k porušení okenních výplní. V tomto případě je maximální teplota 547°C dosažena v 58 minutách. V případě, že jsou okenní tabule porušeny, dosahuje teplota plynu v PÚ max. 391°C ve 45 min. Poté dojde k porušení okenních tabulí a k ochlazení plynu uvnitř prostoru na 280°C. Dále je v grafu vidět opětovné rozhoření požáru.

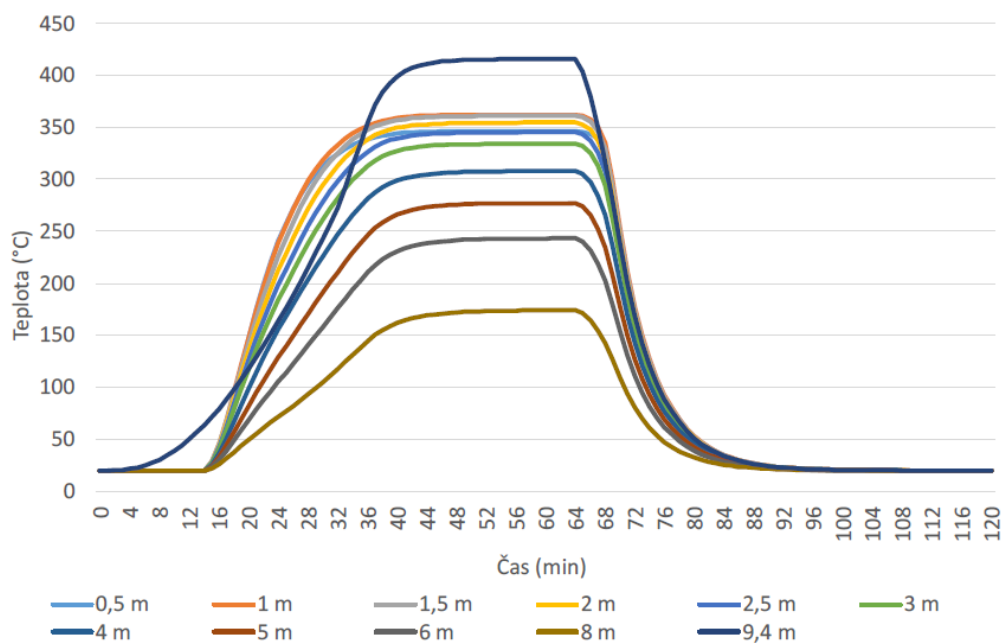


Obr. 8. Teplota plynu v PÚ dle požárních scénářů 1, 2 a 3.

Požární scénář 4 slouží k přímému výpočtu teploty ocelového sloupu pomocí sálavého tepelného toku (v podstropní vrstvě horkých plynů i včetně tepelného toku prouděním). Sloup je složen z úhelníků o min. tloušťce stěny 5 mm, je vystaven požáru ze všech čtyř stran. Na obr. 9 je znázorněn průběh teploty sloupu po jeho výšce při požáru o výkonu 7,5 MW. Maximální teploty 271°C je dosaženo ve výšce 1m na úrovni podlahy v čase 31 min. Tato teplota vzniká sáláním ze zdroje na sloup. Během požáru nebyla vytvořena horká podstropní vrstva plynů. Zatímco na obr. 10, kde jsou uvedeny teploty po výšce sloupu při požáru o výkonu 50 MW, je vidět, že nejvyšší teplota je od výšky sloupu 9,4 m. Zde byla vytvořena vrstva horkých plynů, která dosahuje teploty 416°C v čase 62 min.



Obr. 9. Teplota po výšce sloupu, požár s výkonem 7,5 MW.



Obr. 10. Teplota po výšce sloupu, požár s výkonem 50 MW.

6. Shrnutí a doporučení

S ohledem na uspořádání vnitřního prostoru a plánovaný provoz posuzovaného požárního úseku N1.01 byly pomocí pokročilého zónového a lokálního modelu vypočteno 6 požárních scénářů.

Z uvedených požárních scénářů se jako nejméně příznivé scénáře jeví prostorový požár, při kterém nedojde k porušení okenních výplní (požární scénář 3) a lokální požár s výkonem 50 MW v blízkosti sloupu (scénář 4). Maximální teplota plynu při prostorovém požáru dosahuje 547°C (v čase 58 min). V čase 30 min, pro který je posuzována požární odolnost konstrukce, je dosaženo teploty 230°C. Současně se také předpokládá, že v době do 30 min dojde k lokalizaci požáru jednotkou HZS ČR. Posouzení konstrukce pro teplotu dosaženou v čase 30 min se proto jeví jako dostatečně bezpečné. Při posouzení sloupu na účinky lokálního požáru je možné uvažovat s proměnnou teplotou po výšce sloupu, kdy maximální teploty 362°C (v čase mezi 36 min – 64 min) je dosaženo ve výšce 1 m nad úrovní podlahy. V čase 30 min je při tomto požárním scénáři ve výšce 1 m nad podlahou dosaženo teploty 319°C. Nad výškou 9,4 m je vytvořena horká vrstva plynů o teplotě 416°C. V této výšce se již nacházejí prvky vazníku, které je možné posoudit na shodnou teplotu.

Výpočet teploty plynu prokázal, že bude v PÚ dosaženo nejvýše 547°C. Teplotu ocelových prvků konstrukce je možné z důvodu tenkých průřezů konzervativně uvažovat shodně jako teplotu plynu (není nutné počítat s přestupem tepla z plynu do konstrukce). Při uvážení redukce materiálových vlastností dle [7] a současné redukci mechanického zatížení dle [8], je únosnost tažených či ohýbaných prvků snížena pouze v řádu 4%. Pro tlačené prvky či prvky namáhané kombinací tlaku a ohybu je nutné zavést do výpočtu štíhlosti prvků. Je proto doporučeno provést podrobný výpočet únosnosti těchto prvků při požáru. I v tomto případě je ale zřejmé, že nikterak vysoké teploty nebudou pro konstrukci závažné. V případě potřeby lze nevyhovující prvky nahradit prvky o vyšší tloušťce (upravit součinitel průřezu).

7. Závěr

Článek představuje možnosti zvýšení požární bezpečnosti a spolehlivosti nosné konstrukce, konkrétně objektu výstavního pavilonu. Aplikace aktivních prvků požární ochrany, které pomohou zajistit dostatečnou úroveň požární bezpečnosti, se jeví jako vhodný způsob jak vyhovět požadavkům současně platných norem.

Literatura

- [1] KŘEN, J. *Požár Průmyslového paláce*, časopis 112, ročník VIII, 1/2009.
- [2] HZS ČR, *Požár Průmyslového paláce*, www.tzb-info.cz.
- [3] AMPENG s.r.o. *dokumentace PBŘ*, červenec 2018.
- [4] CADORIN, J. F. ET AL. *The Design Fire Tool OZone Version 3.0.3*, 2018.
- [5] ČAS. *ČSN EN 1991-1-2 (Eurokód 1): Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*. Praha: ČAS 2004.
- [6] CÁBOVÁ, K. *Výpočet teploty plynu při požáru a její vliv na konstrukci novostavby levého křídla Průmyslového paláce*. Praha: FSv 2018.

- [7] ČAS. ČSN EN 1993-1-2 (Eurokód 3): *Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru*, Praha: ČAS 2007.
- [8] ČAS. ČSN EN 1990 (Eurokód): *Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ČAS 2004.

Poděkování: Tvorba článku byla podpořena projektem OP VVV CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002649 Řízení rizik a bezpečnost složitých technologických objektů (RIRIZIBE).

NEHODA JADERNÉ ELEKTRÁRNY FUKUSHIMA DAIICHI

THE ACCIDENT FUKUSHIMA DAIICHI NUCLEAR POWER PLANT

Václav Dostál¹⁾, Ladislav Veselý²⁾, Miroslav Gleitz³⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Nehoda na jaderné elektrárně Fukushima Daiichi významně zasáhla jadernou energetiku v době, kdy všichni očekávali tzv. jadernou renesanci. Není pochyb o tom, že nehoda zpomalila rozvoj a výstavbu. Výzkum této nehody probíhá po celém světě, již několik let. Otázkou zůstává, proč bezpečnostní opatření proti zemětřesení a tsunami nezafungovala tak, jak byla navržena. Tento článek je zaměřený na navržené systémy proti tsunami a zemětřesení. Bude proveden podrobný popis postupného vývoje zvyšování ochranné hráze. Dále bude popsán systém havarijního chlazení jednotlivých bloků a popis nehody. Poslední částí bude popis problému s odtlakování kontejnmentu.

Klíčová slova: nehoda Fukushima Daiichi; zemětřesení; tsunami; izolační kondenzátor; izolace chladicího systému aktivní zóny; kontejnment.

Abstract: Accident at Fukushima Daiichi nuclear power plant significantly affected the nuclear industry at time when everybody was expecting the so called nuclear renaissance. There is no question that the accident has at least slowed it down. Research into this accident is taking place all over the world for several years. The question remains why safety measures against earthquakes and tsunami did not work as they were designed. This paper focuses on the design of systems against tsunami and earthquake. The first part focuses on the detailed description of the gradual development of the protective dike. Next part focuses on emergency cooling systems and the description of the accident sequence. The last part describes the problem with increase pressure in the containment.

Key words: accident Fukushima Daiichi; earthquake; tsunami; isolation condenser; reactor core isolation coolant system; containment.

1. Úvod

Dne 11. března 2011 došlo k havárii Jaderné elektrárně Fukushima Daiichi a Fukushima Daiini, které provozovala společnost Tokyo Electric Power Company (TEPCO) [1]. Jednalo se o velmi

¹⁾ doc., Ing. Ph.D., dostal@fs.cvut.cz

²⁾ Ing., Ph.D., ladislav.vesely@fs.cvut.cz

³⁾ Ing., miroslav.gleitz@fs.cvut.cz

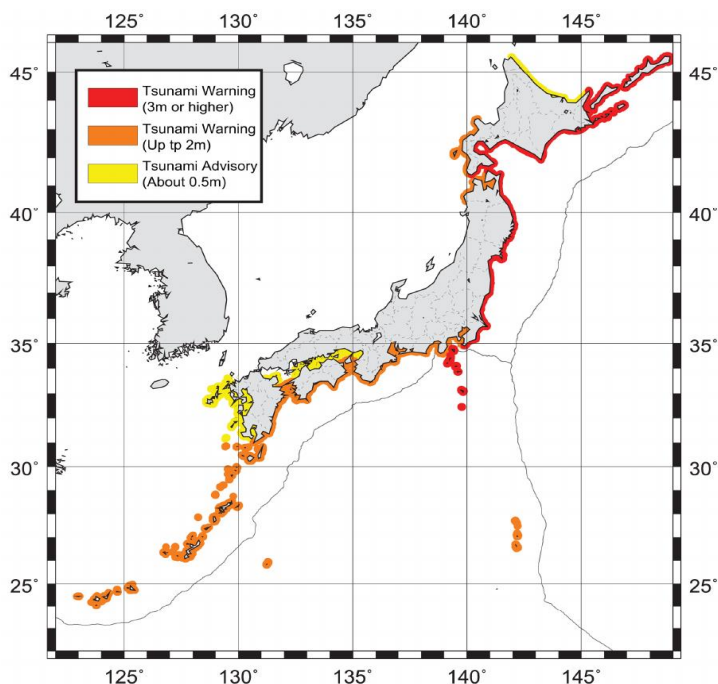
vážnou nehodu, která byla definována na stupnici INES na úrovni 7, velmi vážná havárie [1,2]. Hlavním důvodem havárie byla přírodní katastrofa, která se stala přibližně 180 km od jaderné elektrárny Fukushima Daiichi [1,3,4]. Jednalo se o zemětřesení a vlnu tsunami, která byla vyvolaná zemětřesením. Jednalo se o největší zemětřesení, které bylo zaznamenáno v Japonsku [3].

Zemětřesení zničilo většinu infrastruktury, především napojení na rozvodnou síť. Tím elektrárny ztratila vnější zdroj energie a musela přejít na záložní zdroje energie. Vlna tsunami následně zasáhla jadernou elektrárnu Fukushima Daiichi a Fukushima Daiini. Vlna převýšila všechny bariery, které byly vybudovány na elektrárně a zatopila záložní zdroje energie na elektrárně Fukushima Daiichi [1,4].

Fukushima Daiichi se skládá z 6 bloků s varným reaktorem (BWR – Boiling water reactor). První blok byl spuštěn 1971. Celkový licencovaný výkon před havárií byl 4696 MW. Blok 1 až 5 jsou BWR typu Mark I a blok 6 je BWR typu Mark II [4]. Blok 1 až 4 byl zasažen vlnou tsunami, která odstartovala další selhání systémů nutných pro udržení reaktoru v bezpečném odstaveném stavu a ochlazení zbytkového výkonu, který je generován po odstavení reaktorů [1,4].

2. Popis zemětřesení

Zemětřesení bylo zaznamenáno dne 11. března 2011 v 14:46 JST (05:46 UTC) v oblasti Tohoku přibližně 130 km východo-jihovýchodně od Oshika Peninsula. Epicentrum se nacházelo 24 km pod hladinou. Šlo o největší zaznamenané zemětřesení v Japonsku, obr. 1. Jedná se o zemětřesení stupně 9 (definováno 1. dubna Japonskou metrologickou agenturou). Seismické stanice na pobřeží Japonska naměřily stupeň 7 ve městě Kurihata, 6 + ve 28 městech (Fukushima) a 6 - bylo naměřeno na seismických stanicích od Hokkaido do Kyushu [3].



Obr. 1. Velikost vln tsunami; varování vydáno 11. března v 15:30 [3].

Při vzniku zemětřesení je neprodleně rozesláno varování. Varování o zemětřesení bylo vydáno po 8.6 sekundách od zaznamenání prvních otřesu na seismických stanicích. Na obrázku 1 je možné vidět varování proti tsunami v rámci celého Japonska. Oblast Fukushima dostala varování proti tsunami o velikosti 3 m a větší.

3. Bezpečnostní opatření proti zemětřesení

Jaderná elektrárna byla vybavena senzory pro detekci zemětřesení. Současně dostává informace ze seismických stanic z celého Japonska. Podle naměřených dat otřesy odpovídaly přibližné hodnotě, která byla určena pro posuzování seismické odolnosti budov a zařízení. Dopad zemětřesení na budovy elektrárny byl nepatrný. Problém nastal s objekty mimo areál elektrárny, především se jedná o elektrickou přenosovou síť. Která byla v důsledku zemětřesení zničena a došlo k odříznutí elektrárny Fukushima Daiichi od vnějších zdrojů elektrické energie [1,5]. Nicméně po zaznamenání zemětřesení byly okamžitě provedeny úkony dle pokynů pro případ zemětřesení.

x době před zemětřesením byly jednotlivé bloky v provozu (blok 1 až 3) nebo odstaveny z důvodu probíhající údržby a inspekce (blok 4 až 6). Blok 4 měl v době zemětřesení vyvezené veškeré palivo z reaktoru. Blok 5 a 6 měl veškeré palivo zavezeno v reaktoru [1]. Okamžitě po zaznamenání zemětřesení dochází k automatickému odstavení jednotlivých provozovaných reaktorů [1]. Po odstavení dochází na napojení bloků na záložní zdroje energie. V normálním případě je energie dodávána zvenčí, pomocí přenosové sítě, na kterou je elektrárna napojena pomocí 7 přenosových linek [1,5]. Přenosové linky byly v důsledku zemětřesení zničeny, proto bloky najely na záložní zdroje v areálu elektrárny. Jedná se o dieselgenerátory a baterie.

4. Bezpečnostní opatření proti tsunami

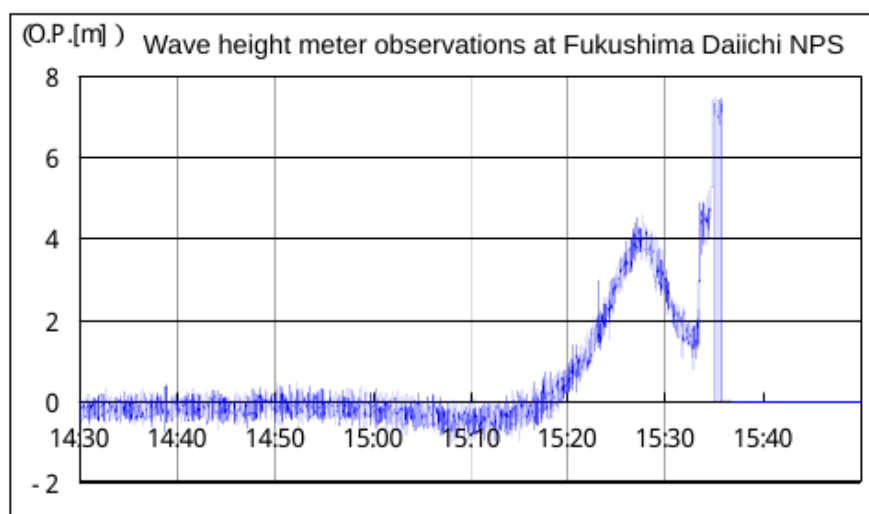
Konstrukční podmínka určující minimální úroveň ochrany proti tsunami při výstavbě prvního bloku Fukushima Daiichi byla odvozena od dostupných záznamů o tsunami, sledovaných v přístavu Onahama. Hodnota byla stanovena na O.P. + 3,122 m (1960). V následujících letech byla postupně tato hodnota znovu posuzována podle nových informací z novějších tsunami a z přesnějšího mapování pobřeží a dna oceánu [1,4].

První přehodnocení doporučené výšky proti tsunami bylo provedeno v roce 2002. Doporučená výška byla navýšena pro jadernou elektrárnu Fukushima Daiichi na hodnoty O.P. +5.4 až 5.7 metrů. Další přehodnocení bylo provedeno v roce 2009. Zde byla výška zvýšena na hodnoty O.P. +5,4 až 6,1 metrů. Hodnoty doporučené výšky vydala Japonská společnost civilního inženýrství (The Japan Society of Civil Engineers) [1,4]. V tabulce 1 je pak zobrazen podrobný vzestup doporučené výšky proti tsunami pro Fukushima Daichi a Fukushima Daini.

Hodnoty doporučené výšky byly přidány do limitů pro Fukushima Daiichi, nicméně jednotlivé části elektrárny jsou umístěny na úrovni O.P. + 10 metrů (blok 1 až 4) a +13 metrů (blok 5 a 6). Tsunami, která dorazila na Fukuschima Daiichi měla mnohem větší výšku, než byla jak doporučená výška, tak i výška kde se nacházely bloky elektrárny. Na obrázku 2 je zobrazen vývoj vlny tsunami, která vznikla důsledkem zemětřesení. O.P. udává hodnotu, která odpovídá položení přístav Onahama který je 0.727 metrů pod hladinou Tokijského zálivu.

Tabulka 1. Vývoj doporučené výšky pro Jadernou elektrárnu Fukushima Daiichi (Daiichi) [1].

	Fukushima Daiichi	Fukushima Daiichi
V době schvalování	O,P, + 3,122 m (1966)	Blok 1 – O,P, + 3,122 m (1972) Blok 3,4 – O,P, + 3,705 m (1978)
1994	O,P, + 3,5 m	O,P, + 3,6 m
2002	O,P, + 5,7 m	O,P, + 5,2 m
2007	O,P, + 4,7 m	O,P, + 4,7 m
2009	O,P, + 6,1 m	O,P, + 5,0 m
2011 Tsunami	Výška vlny O,P, + 13,1 m (průměrná)	Výška vlny O,P, + 9,1 m (průměrná)

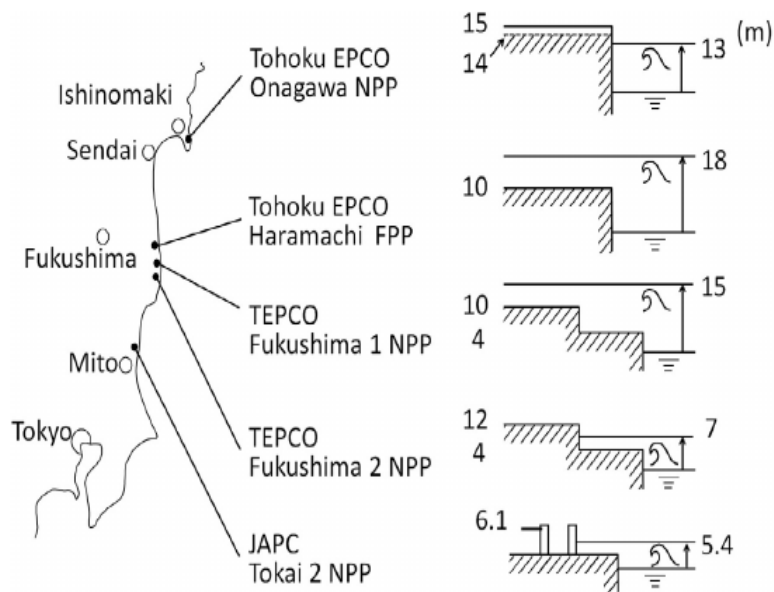


Obr. 2. Průběh výšky vlny od vzniku zemětřesení po příchod na pobřeží [1].

V 15:33 vlna dosahovala O.P. + 7,5 metrů. Jedná se o limitní hodnotu pro jadernou elektrárnu. Nicméně vlna, která zasáhla Jadernou elektrárnu Fukushima Daiichi byla o poznání větší; obrázek 3.

Na obrázku 3 je zobrazen výškový profil v oblasti okolo elektrárny Fukushima Daiichi. Je vidět, že vlna, která zasáhla Fukushimu Daiichi dosáhla přibližně 15 metrů dle obrázku 3 [4]. Přívalová vlna měla výšku v rozmezí od 11,5 do 15,5 metrů. Vlna tedy zasáhla bloky 1 až 4, které byly na úrovni +10 metrů. Vlna, která dorazila k bloku 5 a 6 měla výšku cca od 13 do

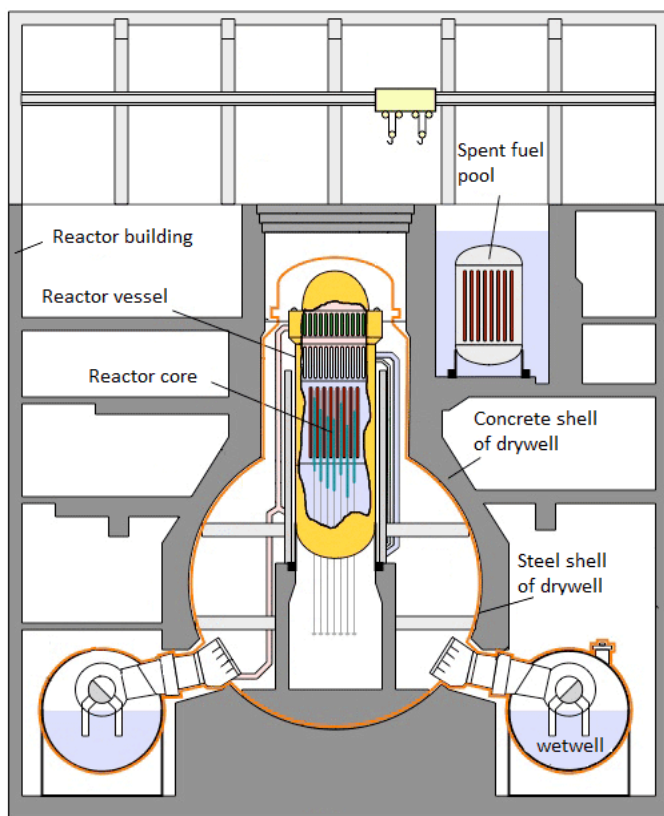
14,5 metru. Vlna byla o 1,5 metru větší, než je úroveň umístění budov bloků 5 a 6 [1]. Na obrázku 3 je dále znázorněna výška tsunami pro elektrárnu Fukushima Daini (II), která je vzdálená od Fukushima Daiichi přibližně 12 km. Přesto vlna dosáhla menší úrovně. Bodovy bloků jsou umístěné na úrovni O.P. + 12 metru. Tsunami dosahovala přibližně výšky O.P. + 7 až +12 (+14,5) metru. Došlo tedy k zaplavení některých částí mezi bloky. Nicméně jednalo se o mírnou záplavu a veškerá zařízení potřebná k provozu odstavených bloků nebyla zasažena. Důvod proč vlna na Fukushima Daini byla menší, bylo způsobeno dvěma vrcholy tsunami; první vrchol tsunami zasáhl v plné síle Fukushima Daiichi, kdežto Fukushima Daini nebyla zasažena tímto vrcholem tsunami [1].



Obr. 3. Výškový profil břehů v oblasti okolo Fukushima Daiichi [4].

5. Popis kontejnmentu

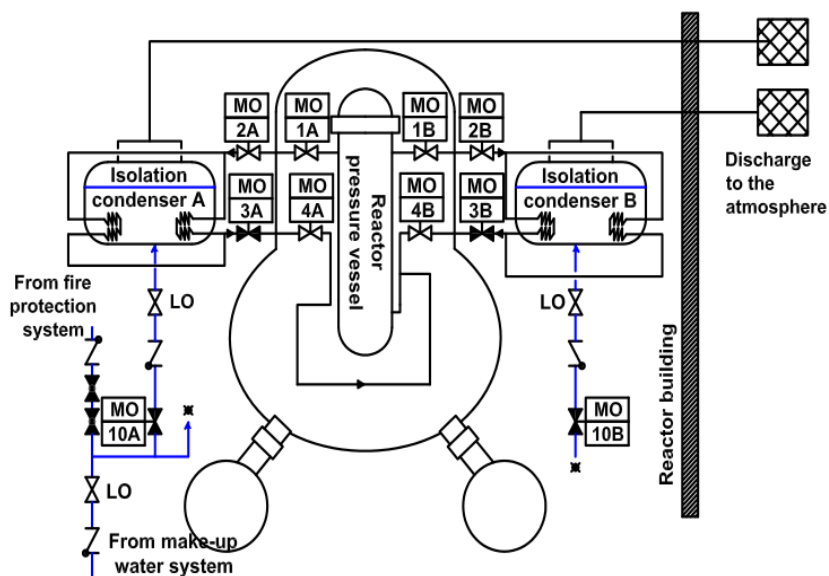
Všechny havárií postižené reaktory byly typu MARK I, obrázek 5. Kontejnment obsahuje varný reaktor typu BWR, vyvinutý v 60. a 70. letech americkou společností GE [1]. Skládá se ze dvou částí – suchá část (drywell) a komora potlačení (wetwell), také zvanou jako mokrá část. Komora potlačení má tvar toroidu s průměrem 42 m a průměrem potrubí 9 m. Se suchou částí je propojena osmi rourami, kudy se přepuštěná pára dostává do mokré části z poloviny naplněné chladnou vodou. Zde pára kondenzuje, čímž se snižuje tlak v suché části. Takto lze provádět odtlakování reaktoru. Také slouží k odvádění zbytkového tepla. Suchá část má poměrně malý objem, a tedy neumožňuje dostatečnou ochranu při parním výbuchu. Kontejnment jako takový je také poměrně kompaktní, proto je pro případ vzniku většího množství vodíku napuštěn dusíkem. Tím vytváří pro hoření vodíku nepříznivou atmosféru. Samotná budova pak poskytuje minimální ochranu [1].



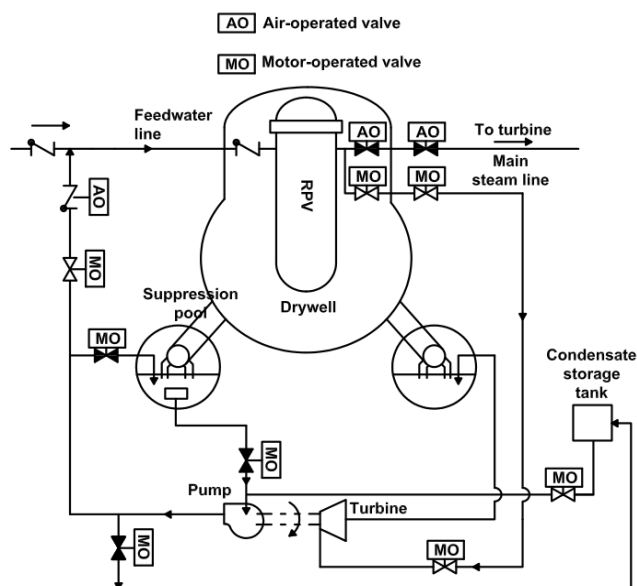
Obr. 4. Systém RCIC (Reactor Core Isolation Coolant system) [6].

6. Systém havarijního chlazení

V případě havarijního chlazení aktivní zóny a výpadku hlavního kondenzátoru se teplo ve formě vznikající páry odvádí do záložních systémů pro odvod tepla IC (Isolation Condenser) nebo RCIC (Reactor Core Isolation Coolant system). Systém IC je zobrazen na obrázku 5 a systém RCIC je zobrazen na obrázku 6.



Obr. 5. Systém IC (Isolation Condenser) [7].



Obr. 6. Systém RCIC (Reactor Core Isolation Coolant systém) [6].

Systém chlazení IC je zastoupen pouze u nejstaršího bloku 1. Jedná se o kondenzátor s malým objemem vody umístěný v horní části budovy, což pomocí gravitace zabezpečuje cirkulaci chladicí vody samospádem zpět do aktivní zóny. Zbývající bloky 2-6 mají havarijní chlazení zabezpečeno systémem RCIC. Vznikající pára proudí skrze turbínu do komory potlačení, kde následně kondenzuje. Energie páry odevzdaná v turbíně se následně využívá k pohonu turbočerpadla, které odčerpává vodu z komory potlačení a pod tlakem ji vhání zpátky na chlazení aktivní zóny. Hlavní výhodou RCIC systému oproti IC tak vězí v mnohem větší kapacitě chladicí vody. IC je pak chlazen vzduchem, zatímco RCIC je skrze komoru potlačení chlazen mořskou vodou.

Pro případ ztráty chladiva z primárního chladicího okruhu je zde systém vysokotlakého (HPCI – High Pressure Coolant Injection system) a nízkotlakého (LPCI – Low Pressure Coolant Injection system) vstřikování chladicí vody. Systém HPCI je taktéž napájen turbočerpadlem poháněným parou. V případě selhání výše uvedených systémů se přechází ke vstřikování vody z vnějšku kontejnmentu. Voda se musí vstřikovat pod tlakem vyšším, než panuje v kontejnmentu. V případě, že nelze tohoto tlaku dosáhnout, musí se provést odtlakování kontejnmentu pomocí havarijního vypouštění páry. Provoz těchto systémů je podmíněn správným nastavením ventilů a u většiny systémů i potřeba elektrické energie [1,7].

7. Průběh havárie

V čase zemětřesení došlo k havarijnímu zastavení reaktorů 1-3, následované vlnou tsunami. Jelikož bezpečnostní opatření proti tsunami byly v případě těchto reaktorů nedostatečné, došlo k zatopení většiny dieselgenerátorů, baterií a elektrických rozvodů. Tím přišel velín 1. a 2. bloku o možnost sledovat a řídit důležité parametry provozu reaktorů, 3. blok částečně fungoval, a tak mohl sledovat hodnoty tlaku a stav vodní hladiny. Následované události se již odvíjely od soustavného nedostatku znalosti potřebných parametrů a nemožnosti jejich

dálkového řízení. Následující řádky stručně popíší události vedoucí k výbuchům vodíku vedoucí k úniku radioaktivity do prostředí, přičemž blok 1 je rozepsán podrobněji, zbývající bloky již stručněji [1,7].

7.1. Blok 1

IC systém byl spuštěn ihned po prvním otřesu, ovšem byl natolik účinný v chlazení, že byl obsluhou vypnut – hrozilo totiž až příliš rychlé ochlazení reaktoru, což by mohlo vést až ke kritickému poklesu hladiny. Po zasažení vlnou tsunami a úplné ztrátě napájení v 15:35 měl systém opětovně naběhnout, což se ovšem nestalo. Přestože systém hlásil, že jsou ventily MO-2A a MO-3A zavřené, operátoři předpokládali, že ve skutečnosti jsou otevřené. Tato chyba byla způsobena logikou systému. Ztráta napájení byla vyhodnocena jako ztráta integrity systému IC a proto vedla k izolaci kontejnmentu. Jelikož reaktor nebyl dostatečně chlazen, v 18:10 došlo ke snížení hladiny až pod úroveň nejvyšší části paliva. Následně v 18:18 byly ventily MO-2A a MO-3A otevřeny ručně. Protože ale operátoři nemohli potvrdit funkčnost IC systému, z obavy možné ztráty chladicí vody v 18:25 uzavřeli ventil MO-3A. V 19:40 se hladina v reaktoru snížila pod úroveň paliva. Mezitím již probíhaly přípravy na odtlakování reaktorové nádoby, aby se mohlo začít doplňovat vodu z vnějších zdrojů. Ve 20:50 se podařilo zavést doplňování chladicí vody pomocí dieselu požárního ochranného systému DDFP (Diesel Driven Fire Protection system). Za pomoci DDFP se podařilo obnovit hladinu zpátky nad palivo. Naneštěstí se později zjistilo, že systém IC přestal fungovat. Mezitím systému DDFP docházelo palivo, po jeho doplnění se systém nepodařilo opětovně nastartovat. Kvůli v té době už vysoké radiaci kolem systému IC případná náprava nebyla možná. Ráno ve 4:00 byl obnoven DDFP systém, ovšem palivo tou dobou již odhalené podléhalo poškozování. Odtlakování se kvůli rozličným problémům s ventily nepodařilo ani jednomu ze dvou týmů. V 15:36 došlo k výbuchu vodíku, který poničila systémy DDFP a SLC (Standby Liquid Control system). Následně byly práce na bloku zastaveny, dokud se nepotvrdila bezpečnost potřebná pro další práce [1,7].

7.2. Blok 2

Na 2. bloku byla zpočátku situace mnohem lepší. RCIC systém vydržel pracovat po tři dny, ovšem v 13:25 dne 14. 3. byla postupně chladicí kapacita komory potlačení vyčerpána. To způsobilo nárůst kondenzátu v páře, což vyústilo až k zastavení turbočerpadla. Následkem toho bylo počato snižování hladiny v aktivní zóně, a k riziku obnažení paliva. Aby se mohlo začít s dodáváním vody zvnějšku, muselo se přistoupit k odtlakování kontejnmentu vypouštěním páry. To navíc zkomplikoval fakt, že cesta pro havarijní ventilaci i pro dodávku této vody, se musely znovu postavit po poničení výbuchem na bloku 3. Po nastartování doplňování chladicí vody se však vlivem vypařování začal opět tlak zvyšovat, což zabránilo dalšímu doplňování chladicí vody. Musela se tedy opět odpouštět pára. V 6:14 dne 15. 3. pak došlo k výbuchu vodíku v komoře pro potlačení tlaku a jejímu poškození. Kontejnment poškozen nebyl. Uniklé radioaktivní látky a kontaminovaná voda se pak staly hlavním zdrojem radioaktivního znečištění [1,7].

7.3. Blok 3

3. blok byl chlazen systémy RCIC a HPCI až do 2:42 dne 13.3. K vypnutí došlo personálem z důvodu plánovaného nasazení systému DDFP. Ten se však kvůli vysokému tlaku v kontejnmentu nezdařilo spustit, otevření ventilu na odtlakování se také nezdařilo. Následně se obsluha neúspěšně pokoušela obnovit běh systému HPCI. To vyvrcholilo poklesem hladiny

vody a k obnažení a poškození aktivní zóny. Následovalo havarijní vypouštění páry a dalšími kroky se postupně podařilo odtlakovat kontejnment a začít s provozem DDFP systému. V 11:01 pak došlo k výbuchu vodíku i na 3. bloku [1,7].

7.4. Blok 4

Tento blok byl v době havárie v odstávce bez paliva v reaktoru, avšak společnými chodbami se i zde v době ventilace dostal vodík z 3. bloku, který následně způsobil výbuch budovy. Jediné riziko zde představoval bazén s čerstvě vyvezeným vyhořelým palivem z reaktoru. Naštěstí k poškození bazénu nedošlo [1,7].

8. Poučení plynoucí z havárie

Po havárii v elektrárně Fukushima Dai-ichi si provozovatelé a státní dozory po celém světě začali pokládat otázky týkající se bezpečnostního stavu elektráren a rozsahy případných projektových i nadprojektových havárií. Na základě těchto úvah vznikly rozsáhlé studie ústící v zátěžové testy, známé také pod názvem Stress Testy. Po technické stránce se asi nejvýraznějším opatřením stalo zavádění spalovačů vodíku a navýšení počtů diesलगeneratorů a bateriových úložišť.

8.1. Spalování vodíku

Jedno z hlavních poučení je zavádění zařízení spalování vodíku. Po odkrytí aktivní zóny, vystavení zirkonia teplotám vyšším 900 °C a vodní páře, výrazně vzroste rychlost exotermní reakce za produkce oxidu zirkoničitého a vodíku. Právě takto vznikající vodík byl hlavní příčinou vzniku výbuchů a následného úniku kontaminované vody a páry. Následně se tyto spalovače instalovaly snad na všech jaderných elektrárnách u nás i ve světě, jednotlivé studie zvažují i jejich doporučená rozmístění.

8.2. Navýšení počtu záložních zdrojů energie

Dalším zřejmým poučením je navýšení počtu diesलगeneratorů a bateriových úložišť a přehodnocení jejich umístění. Jak se ukázalo při zkoumané havárii, záložní zdroje energie byly z hlediska nebezpečí zatopení vlnou tsunami umístěny na nevhodných místech. Také se navýšil počet mobilních zdrojů. Přehodnocovalo se i vyvedení výkonů tak, aby se v případě havárie snížila pravděpodobnost jejich poničení.

8.3. Odtlakování kontejnmentů

Jedním z faktorů způsobujících nedostatek vody v nádobě reaktoru bylo rychlejší snižování tlaku než příslušné teploty varu. To způsobilo přeměnu značného objemu vody v páru, opětovné zvyšování tlaku v nádobě a snižování hladiny vody. Jako opatření se přímo vybízí plynulé přejetí z vysokotlakého vstřikováním chladicí vody na nízkotlaký bez přerušování dodávky, respektující změny tlaku v nádobě i při současném odpouštění páry [1].

8.4. Havarijní motory pracující na AC nebo DC

Velkou komplikací způsobily elektromotory pracující na stejnosměrný nebo střídavý proud, které sloužili k pohonu čerpadel, ventilů, různých snímačů atd. Jelikož docházelo k překrývání času, prostor a možnosti dodávky elektrické energie z dieselgenerátorů nebo baterií, tedy systémů pracujících buď na střídavý, nebo stejnosměrný proud, docházelo k situacím, kdy energie byla, ale v nekompatibilní formě. Jistým řešením by mohlo být zavádění transformátorů nebo jiných měničů proudu. Případně standardizace zařízení na jednu formu proudu [1].

9. Závěr

V článku je pozornost věnována hlavně selháním konstrukcí a systému jaderné elektrárny. Jedná se o selhání ochrany proti tsunami, selhání systému IC bloku 1, vzhledem k sekvenci havárie, pro kterou nebyl navržený fail safe mód vhodný a dále selhání komory pro potlačení tlaku kontejnmentu MARK I vlivem vodíkové exploze. Každé z těchto selhání poukazuje na jiný typ selhání. Selhání ochrany proti tsunami bylo dáno použitím špatných dat a modelů pro určení maximální výšky vlny tsunami a poukazuje na nutnost respektovat poslední poznatky a doporučené postupy (např. doporučení MAAE). Druhé selhání poukazuje na případ, kdy jinak vhodný fail safe mód může, při chybné reakci obsluhy vést k poškození reaktoru. Každý fail safe mód je tak nutné vyhodnotit pro všechny typy událostí. Konečně poslední selhání je selhání části kontejnmentu bloku 2. Tomuto typu selhání šlo předejít pouze důsledným návrhem systému pro spalování vodíku, který byl na této jaderné elektrárně aktivní (potřeboval elektrickou energii) a tím pádem nezajistil odstranění vodíku. Exploze většího množství vodíku je kritická pro většinu typů ochranných obálek jaderných reaktorů. To ukazuje na nutnost zahrnutí nadprojektových havárií do návrhu reaktorů, což reaktory nových generací již respektují.

Vysvětlení zkratk: O.P. - Přístav Onahama (0.727 metrů pod Hladinou Tokijského zálivu); IC - Isolation Condenser; RCIC - Reactor Core Isolation Coolant systém; DDFP – Diesel Driven Fire Protection systém; HPCI – High Pressure Coolant Injection systém; LPCI – Low Pressure Coolant Injection systém; MAAE – Mezinárodní agentura pro atomovou energii.

Literatura

- [1] TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY. *Fukushima Nuclear Accident Anaysis Report*. Tokyo: TEPCO 2012, 503p.
- [2] <https://www.iaea.org/topics/emergency-preparedness-and-response-epr/international-nuclear-radiological-event-scale-ines>
- [3] . https://www.jma.go.jp/jma/en/2011Earthquake/Information_on_2011_Earthquake.html
- [4] ABE S., FUCHIGAMI M., HATAMURA Y., KASAHARA N. *The 2011 Fukushima Nuclear Power Plant Accident*. ISBN 978-0-08-100118-9. Tokyo: Woodhead Publishing 2014, No 73, Series in Energy, 220p.
- [5] OMOTO A. *The Accident at TEPCO's Fukushima-Daiichi Nuclear Power Station: What went wrong and what lessons are universal?* Tokyo: Tokyo Institute of Technology,

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2013.04.017>.

- [6] <https://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/containment-building/drywell-wet-well-bwr/>
- [7] VESELY, L., DOSTAL, V. Accident at Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant. In: *Innovative Nuclear Power Plant Design and New Technology Application*. ISBN: 978-0-7918-4595-0. Praha: FS 2014, 10p.

MOŽNÁ RIZIKA VODOHOSPODÁŘSKÝCH STAVEB

POTENCIAL RISKS OF HYDRAULIC STRUCTURES

Kristýna Hrabová^{*)}

VUT Brno

Abstrakt: Vodohospodářské stavby patří mezi významná díla lidské činnosti, která přináší svá pozitiva i negativa. S ohledem na současné klimatické podmínky lze předpokládat jejich rozvoj a rostoucí počet, v souvislosti s tím, lze předpokládat také zvýšené množství vad a poruch těchto staveb, i z toho důvodu se začínají používat materiály, které mají mimořádné vlastnosti, které se často vymykají klasickým fyzikálním zákonům. Mezi tyto technologie patří využití nanomateriálů a nanotechnologií ve stavebnictví. Zdá se, že nanotechnologie drží klíč, který dovoluje konstrukci a stavebním materiálům vylepšovat základní vlastnosti. Je však důležité mít na paměti i možný nepřijatelný dopad nanomateriálů na lidské zdraví a zaměřit se tak na problematiku principu předběžné opatrnosti a prevence.

Klíčová slova: přehrada; beton; nanotechnologie; nanočástice; rizika; CNT.

Abstract: Hydraulic structures are one of the major works of human activity that brings their positive and also negative sides. Due to current climatic conditions, should be expected their development and increasing number. Relating this issue, it is possible to assume an increased number of defects of the constructions. Due to this fact that is why are used the materials with extraordinary properties that often are beyond standards of physical law. Into these technologies are included the nanomaterials and nanotechnologies in the constructions. The nanotechnologies hold the key to improve the basic properties of materials. However, there is necessary to keep in mind the possible unacceptable impact of nanomaterials on human health and focus on the issue of preliminary caution and prevention.

Key words: dam; concrete; nanotechnology; nanoparticles; risk; carbon nanotube.

1. Úvod

Vodní nádrže s sebou nesou svá pozitiva i negativa již od 5. století, kdy začala jejich výstavba. K hlavním účelům těchto staveb patří hromadění vody pro její pozdější využití, energetika, zachycení povodňových průtoků, ochrana údolí pod nádrží, rekreační účely apod. Mezi zvláště složité druhy vodních nádrží patří přehrady, které složitostí své struktury představují technicky velmi náročná díla. Stavby přehrad jsou vždy spojeny s velkým zásahem do krajiny, proto je nezbytné při projektování přehrad pečlivě zvážit dopady uvažované nádrže na životní prostředí.

^{*)} Ing., Ph.D., 135568@usi.vutbr.cz

Při realizaci přehrad se uplatňuje přímý vztah stavební struktury a horninového masivu v daném přírodním prostředí [1]. Problém výběru místa pro výstavbu přehrady je ovlivněn nejen faktory rázu technického, ale i netechnického. Liší se z hlediska geologických a morfologických podmínek, a zároveň i z hlediska vývoje kulturního, sociálního a ekonomického. Některé z těchto staveb svou velikostí významně ovlivňují své okolí a to jak v pozitivním, tak i negativním slova smyslu (např. vysídlování obyvatel, narušení vodních toků, zdroje pitné vody). Přehrady vyžadují pro jejich projektování, výstavbu i následné užívání zvláštní přístupy zohledňující jejich bezpečnost. Přesto došlo již v minulosti k událostem, které způsobily vznik vysoce závažné události. Hrozby spojené s přehradami a jejich životním cyklem tak nesmí být podceňovány.

2. Současný stav

Od počátku 20. století narůstá počet přehrad a projektů pro jejich výstavbu. Příčinou stoupajícího počtu jsou rostoucí požadavky na vodu, která je důležitou pro zemědělskou a průmyslovou činnost nebo pro zásobování pitnou vodou pro obyvatele. Voda je nepostradatelnou součástí lidského života, bez které nedokážeme existovat a stále zvyšujeme nároky na její spotřebu. Současné přehradní nádrže akumulují asi pětikrát více vody než koryta všech světových řek, přesto je v některých zemích její množství nedostačující. V současné době je na světě přibližně 45 000 velkých a dalších asi 800 000 malých přehrad [2]. Největší přehradou na světě, která je zároveň největší betonovou stavbou na světě jsou Tři soutěsky na řece Jang-c'-ťiang. Mezi další velké přehrady patří i přehrada Itaipu, množství použitého betonu bylo 15krát větší než množství betonu spotřebovaného k výstavbě tunelu pod Lamanšským průlivem a množství použitého železa a oceli, by stačilo na postavení 380 Eiffelových věží [3,4]. Stavby přehrad jsou vždy spojeny s velkým zásahem do krajiny, proto je nezbytné při projektování přehrad pečlivě zvážit dopady uvažované nádrže na životní prostředí. Zcela zásadní je navrhovat přehrady bezpečně a zároveň hospodárně, protože se jedná o stavebně, technologicky i ekonomicky velmi náročné inženýrské stavby. Při projektování je nejprve nutné vybrat vhodný přehradní profil. Před zahájením realizace je důležité zajistit podrobný geologický průzkum. Při navrhování přehrady jsou důležitá i hydrogeologická posouzení a meteorologické a klimatické.

Jak vyplývá z uvedených údajů o přehradách, jedná se o jedny z největších konstrukcí, které lidská společnost vytvořila. Se složitostí a velikostí staveb, ale dochází i k porušování přírodních zákonů a prosazování hospodářských zájmů bez ohledu na živé a neživé složky přírody. Proto je snahou s rozvojem technologií a rozvoje lidské společnosti zvyšovat i jejich bezpečnost. Přesto nelze říci, že pro jakoukoliv konstrukci existuje absolutní bezpečnost. V případě narušení konstrukcí vodních děl, mohou mít následky až fatální dopad pro své okolí. Je proto nezbytné rizika s těmito konstrukcemi neustále monitorovat, analyzovat a vyhodnocovat s cílem zvýšení jejich bezpečnosti a eliminace rizika. Zdrojem nebezpečí ve stavebnictví může být např. nedostatečně provedený geologický průzkum, nesprávně navržený způsob využití nevyzkoušené stavební technologie nebo nezkušený projektový tým. V rámci výstavby přehrad, se můžeme potkat například s těmito riziky: technická a technologická (porucha techniky, technologických zařízení), realizační (nedodržení kvality, nákladů), organizační, výrobní, finanční, bezpečnostní, environmentální, lidských zdrojů, nepředvídatelné události (přírodní katastrofy, teroristické útoky). S ohledem na současné klimatické podmínky lze předpokládat jejich rozvoj a rostoucí počet, v souvislosti s tím, lze předpokládat také zvýšené množství poruch těchto staveb, i proto se začínají používat

materiály, které mají mimořádné vlastnosti, které se často vymykají klasickým fyzikálním zákonům. Jedním z nich je i využití nanočástic.

3. Nanomateriály ve stavebnictví

Rozvoj nanotechnologií je zejména v posledních letech velice progresivní a nachází uplatnění i ve stavebnictví. Jedním ze základních stavebních materiálů přehrad byl, je a zřejmě ještě dlouho bude beton. Jedná se o nejvíce používaný konstrukční materiál, jehož nevýhodou ale je, že vykazuje vyšší propustnost, která umožňuje vniknutí vody a dalších agresivních prvků do betonu. To vede ke karbonizaci a napadení chloridovými ionty, které mohou způsobit problémy s korozi. Zdá se, že nanotechnologie drží klíč, který dovoluje konstrukci a stavebním materiálům replikovat vlastnosti přirozených systémů zlepšených až do dokonalosti v průběhu několika miliónů let. Nanočástice jsou základní stavební celky nanotechnologie, které zaobírají přes tisíc atomů o velikosti 1-100 nm a vytvářejí tak shluky. Jejich nano velikost má jedinečný poměr měrného povrchu k objemu, což ovlivňuje nejen základní vlastnosti, reaktivitu, ale i změny v povrchové energii, chemickému chování povrchu. Nanočástice mohou vznikat dvěma způsoby, a to vlivem přírodních procesů, anebo důsledkem řízené či neřízené lidské činnosti [5,6]. Nanočástice se využívají i ve stavebnictví.

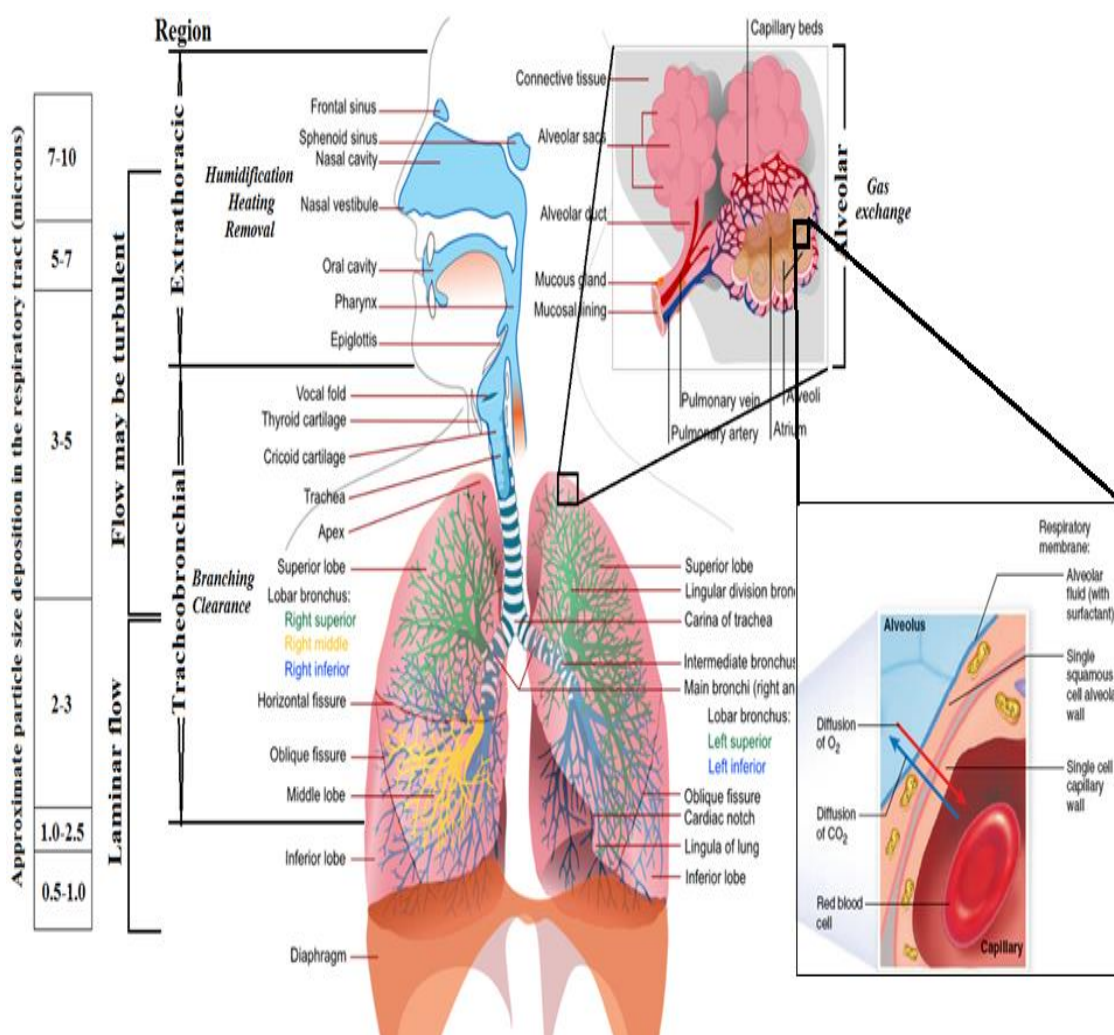
Nanočástice lze ve stavebnictví použít jako příměsi do nátěrů, omítek, betonů atd., nanovlákna naopak plní funkci buď transportní bariéry (například tepelná izolace) nebo výztužnou (rozptýlená výztuž). Pro vytvoření betonu se speciálními vlastnostmi, je potřeba do cementového tmele přidat určité množství nanočástic, které díky vysokému měrnému povrchu, či specifickým vlastnostem začnou navzájem spolupůsobit. Nanočástice se mohou chovat jako krystalizační centra cementových hydrátů, které výrazně urychlují hydratační reakce, vyplňují mezery v cementovém tmelu a zmenšují pórovitost. Betony s příměsí nanočástic mohou nejen vykazovat zvýšení primárních vlastností, jako třeba pevnost nebo trvanlivost, ale rovněž nabývat vlastností úplně nových.

Nanostrukturu je možné modifikovat za účelem vývoje nové generace kompozitů s vylepšenými mechanickými vlastnostmi a životností. Potenciálními novými vlastnostmi jsou například: nízký elektrický odpor, samočisticí schopnost, samomonitorování, samoopravování, vysoká duktilita a schopnost samokontroly rozvoje trhlin [7,8]. Uhlíkové nanotrubičky (CNT) mají velký potenciál pro použití nejen v medicíně, ale i ve stavebnictví. CNT jsou dnes asi nejrozšířenějším a nejlépe prozkoumaným nanomateriálem. Uhlíkové nanotrubičky zlepšují chování betonových směsí. Kromě zajímavých tepelných vlastností, kdy se nanotrubičky ve směru osy schovávají jako výborný vodič tepla a kolmo na osu téměř jako izolant [9] a elektrických vlastností, kdy se nanotrubička v závislosti na uspořádání hexagonální mřížky chová buď jako vodič nebo jako polovodič [10], vykazují CNT i pozoruhodné fyzikálně-mechanické vlastnosti. Jejich pevnost v tahu se pohybuje v desítkách MPa a Youngův modul pružnosti se může blížit až 1 TPa [11].

V dnešní době vzrůstá poptávka po materiálech s vylepšenými mechanickými vlastnostmi (houževnatost, lomová energie, pevnost, odolnost), které zajišťují lepší ochranu konstrukcí před šířením trhlin, extrémním zatížením, nárazy, výbuchy. Výjimkou nejsou ani přehradny. Nicméně vzhledem k jehlovitému tvaru a vysoké trvanlivosti více stěnných uhlíkových nanotrubiček (MWCNT) byly vzneseny obavy, jestli tyto nanotrubičky nemohou vyvolat podobnou patogenitu jakou způsobovat azbest.

4. Rizika nanotechnologií

Nové materiály se často uvádějí na trh bez úplného posouzení rizik, jedná se totiž o nákladné a časově náročné hodnocení, někdy potřebná metodika ani neexistuje. Jedním z nich jsou i nanomateriály. V současnosti platí pro nanomateriály stejné bezpečnostní předpisy jako pro klasické chemické látky, avšak oproti běžným chemikáliím je u nanočástic rozdíl v jejich velikosti a tudíž i reaktivitě, proto vzhledem k jejich rozměrům mohou některé nanomateriály pronikat do tkání a buněk. Tyto specifické vlastnosti a chování nanomateriálů neberou současné bezpečnostní předpisy v potaz, proto je potřeba řešit téma bezpečnosti a potenciálních rizik nanomateriálů a nanotechnologií. Rizika související s využíváním nanotechnologií, jsou stále ve fázích výzkumu a potvrzování jejich výsledků. Posouzení je zaměřeno především na rizika související s toxicitou daných nanočástic. Nanočástice mohou za běžných podmínek pronikat do organismu dýchacími cestami, trávicí soustavou nebo přes kůži [12,13,14]. Inhalace je pravděpodobně nejvýznamnějším způsobem vstupu nanočástic do organismu [15]. Díky své nepatrné velikosti nanočástice snadno pronikají až do plicních sklípků [16]. Jakmile se nanočástice dostanou do krevního oběhu, rozptylují se do celého organismu [17,18,19].



Obr. 1. Oblasti ukládání nanočástic v dýchací soustavě [20].

Největší nebezpečí v podobě uvolnění částic stavebních materiálů do okolí je v době jejich výroby a na konci životnosti. Možné uvolnění během provozního života konstrukce tu je jistě také v závislosti na charakteru používání a vystavení konstrukce povětrnosti, abrazivům a podobně.

5. Závěr

Zhodnocení vlivu nanočástic na biologické systémy je s rozvojem nanotechnologií stále ožehavějším tématem. Stavebnictví je specifickým oborem zejména z důvodu objemu produkce materiálů. Pokud by se nanočásticemi modifikované kompozitní materiály měly vyrábět průmyslově, je nutné prokázat a legislativně ošetřit jejich zdravotní a ekologickou nezávadnost.

Literatura

- [1] ŘÍHA, J. *Hydrotechnické stavby II: Přehrady*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006
- [2] ČR. *Zásoby vody na Zemi*. <http://www.zemepis.com/zasoby.php>
- [3] HOLBACH, A., NORRA, S., WANG, L., YIJUN, Y., HU, W., ZHENG, B., YONGHONG, B. I. Three Gorges Reservoir: Density Pump Amplification of Pollutant Transport into Tributaries. *Environmental Science & Technology*. ISSN 0013-936X. <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/es501132k>
- [4] INTERNET. *Info Please: Top 10 Biggest Dams*. <https://www.water-technology.net/features/feature-ten-largest-dams-in-the-world-reservoirs/>
- [5] DOHNALOVÁ, L., DOHNAL, V.. *Nanočástice a jejich toxicita*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně. http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2015_06_444-450.pdf
- [6] SINGH, N., MANSHIAN, B., JENKINS, G. J. S., GRIFFITHS, S. M., WILLIAMS, P. M., MAFFEIS, T. G. G., WRIGHT, C. J., DOAK, S. H. NanoGenotoxicology: The DNA Damaging Potential of Engineered Nanomaterials. *Biomaterials* 30 (2009), 3891-3914.
- [7] PACHECO-TORGAL, F., MIRALDO, R., DING, Y., LABRINCHA, J. A. Targeting HPC with the Help of Nanoparticles: An Overview. *Construction and Building Materials*, 38 (2015), pp. 365-370, <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095006181200596X>
- [8] SOBOLEV, K., SANCHEZ, F., FLORES, I. The Use of Nanoparticle Admixtures to Improve the Performance of Concrete. *12th International 84 Conference on Recent Advances in Concrete Technology and Sustainability Issues*. 2012, s. 455-469.
- [9] POP, E., MANN, D., WANG, Q., GOODSON, K., DAI, H. Thermal Conductance of an Individual Single-Wall Carbon Nanotube above Room Temperature. *Nano Letters*. ISSN 15306984. 6 (2006), 1, pp. 96-100.
- [10] LU, X., CHEN, Z. Curved Pi-Conjugation, Aromaticity, and the Related Chemistry of Small Fullerenes (C 60) and Single-Walled Carbon Nanotubes. *Chemical Reviews*. ISSN 00092665. 105 (2005), 10, pp. 3643-3696 .
- [11] YU, M. Strength and Breaking Mechanism of Multiwalled Carbon Nanotubes Under Tensile Load. *Science*. ISSN 00368075. 287(5453), pp. 637-640.

- [12] TOURINHO, P. S., VAN GESTEL, C. A. M., LOFTS, S., SVENDSEN, C., SOARES, A. M. V., LOUREIRO, S. Metal-based Nanoparticles in Soil: Fate, Behavior and Effects on Soil Invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry*. ISSN 1552-8618. 31 (2012), 8, pp. 1679-1692.
- [13] BAKER, T. J., TYLER, CH. R., GALLOWAY, T. S. Impacts of Metal and Metal Oxide Nanoparticles on Marine Organism. *Environmental Pollution*. ISSN 0269-7491. 186 (2014), pp. 257-271.
- [14] EL-ANSARY, A., AL-DAIHAN, S. On the Toxicity of Therapeutically Used Nanoparticles: An Overview. *Journal of Toxicology* 2009. <http://www.hindawi.com/journals/jt/2009/754810/cta/>
- [15] RADAD, K., AL-SHRAIM, M., MOLDZIO, R., RAUSCH, W-D. Recent Advances in Benefits and Hazards of Engineered Nanoparticles. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. ISSN 1382-6689. 34 (2012), 3, pp. 661-672.
- [16] FOJTÍK, A., PIKSOVÁ, K., WEISEROVÁ, M., BENCKO, V. Nanočástice a nanostruktury v biomedicínských aplikacích. *Praktický lékař*, ISSN 0032-6739. 92 (2012), 8, pp. 440-443.
- [17] FOJTÍK A, KÁLAL, M., PRNKA, T., ŠPERLINK, K., MAŠLÁŇ, M. et al. *NANO, fascinující fenomén současnosti*. ISBN 978-80-260-7135-8. Brno: Comtec FHT 2014, 228p.
- [18] YAH, C. S., SIMATE, G. S., IYUKE, S. E. Nanoparticles Toxicity and Their Routes of Exposures. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. ISSN 1011-601X. 25 (2012), 2, pp. 477-491.
- [19] HIRST, S. M., KARAKOTI, A., SINGH, S., SELF, W., TYLER, R., SEAL, S., REILLY, C. M. Bio-Distribution and in Vivo Antioxidant Effects of Cerium Oxide Nanoparticles in Mice. *Environmental Toxicology*. ISSN 1522-7278. 28 (2013), 2, pp. 107-118.
- [20] INTERNET. *Tuber-ku-loza: Anatomie a fyziologie Dýchacího systému*. <https://tuber-ku-loza.webnode.cz/anatomie-a-fyziologie-dychaciho-systemu/>

POUŽITELNOST PARNÍCH INJEKTORŮ PRO „FEED & BLEED“ PRO DOCHLAZENÍ BĚHEM DLOUHODOBÉHO VÝPADKU ELEKTRICKÉHO NAPÁJENÍ BLOKU

APPLICABILITY OF STEAM-JET PUMPS FOR „FEED & BLEED“ ON NPP DURING LONGTIME SBO ACCIDENT

Jan Jiroušek^{*)}

SUJB Praha

Abstrakt: Předložená práce hodnotí využitelnost paro-proudých čerpadel pro havarijní dochlazování bloku s tlakovodním reaktorem. Výchozí podmínky představuje blok odstavený ze 100 % výkonu bez možnosti vnějšího elektrického napájení linkou 110 kV. Následuje porucha všech bezpečnostních diesel-generátorů, kdy nelze použít ani dodatečné diesel-generátory pro blackout, ani napětí ze sousedního bloku. Napájení bezpečnostních přípojníc nelze obnovit do 1 hodiny, a diverzní a mobilní prostředky napájení jsou nepoužitelné. V této situaci se rozebírají možné přínosy injektorů v jednotlivých fázích havarijního dochlazování při úplném výpadku elektrického napájení bezpečnostních systémů.

Klíčová slova: jaderná elektrárna; blackout; pasivní dochlazení aktivní zóny; metoda feed and bleed; návrh na ověření metody chlazení v praxi.

Abstract: The presented work evaluates the usability of steam jet pumps for feed of block with the pressure water reactor. The initial conditions represent a block set down from 100% performance. The following is the failure of all safety diesel generators, when it cannot be used neither the additional diesel generator for blackout, nor the voltage from the adjacent block. Feeding the power safety busbars will not be renewed within 1 hour. The multifarious and mobile power resources are useless. In this situation, there are discussed the potential benefits of injectors at each stage of the emergency cooling of the power supply failure of safety systems.

Key words: nuclear power plant; blackout; passive cooling of the active zone; method of feed and bleed; the proposal for the verification of cooling methods in practice.

1. Úvod

Bezpečí a rozvoj lidí závisí na bezpečném provozu technických děl, a to objektových i síťových [1-5]. Dle práce [2] komplexní systém řízení bezpečnosti jak komunity, tak technického díla

^{*)} Ing., Jan.Jirousek@sujb.cz

představuje všeobecný systém řízení komunity či technického díla, který zahrnuje organizační strukturu, odpovědnosti, praktiky, předpisy, postupy a zdroje pro určování a uplatňování prevence pohrom či alespoň zmírnění jejich nepříjemných dopadů v komunitě či technickém díle a jejich okolí. Zpravidla se týká řady otázek, kromě jiného i organizační struktury komunity či technického díla, pracovníků komunity či technického díla, identifikace a hodnocení ohrožení a z nich plynoucích rizik, řízení chodu komunity či technického díla, řízení změn v komunitě či technickém díle, nouzového plánování, monitorování bezpečnosti, auditů a přezkoumávání. Opírá se o koncepci prevence pohrom či alespoň jejich závažných dopadů, která zahrnuje povinnost zavést a udržovat systém řízení, ve kterém jsou zohledněny dále uvedené aspekty:

- role a odpovědnosti osob podílejících se na řízení závažných ohrožení spojených s pohromami na všech organizačních úrovních komunity či technického díla a opatření na zajištění výcviku, která jsou sladěna s identifikovanými potřebami výcviku,
- plány pro systematické identifikování závažných ohrožení spojených s pohromami a z nich plynoucích rizik, která jsou spojena s normálními, abnormálními a kritickými podmínkami a pro hodnocení jejich pravděpodobnosti a krutosti (velikosti),
- plány a postupy pro řízení bezpečnosti všech komponent a funkcí v komunitě či v technickém díle, a to včetně údržby objektů, zařízení,
- plány na implementaci změn v komunitě (území, objektech i zařízeních) či v technickém díle,
- plány na identifikaci předvídatelných nouzových situací systematickou analýzou, včetně přípravy, testů a posuzování nouzových plánů pro odezvu komunity či technického díla na takové nouzové situace,
- plány pro pravidelné hodnocení souladu s cíli vyjasněnými v koncepci bezpečnosti a v SMS, plán pro pravidelné hodnocení mechanismů pro vyšetřování a provádění korekčních činností v případě selhání dílčích opatření a činností s cílem dosáhnout stanovené cíle bezpečnosti,
- plány na periodické systematické hodnocení koncepce bezpečnosti, účinnosti a vhodnosti SMS, a periodické systematické hodnocení kritérií pro posuzování úrovně bezpečnosti vrcholovým týmem pracovníků.

Základem je technické vybavení, motivace a schopnosti lidí, které umožňují včasnou a správnou aplikaci výše uvedených nástrojů [2]. Předložená práce se proto zabývá zdokonalením chlazení v jaderné elektrárně, které je pro provoz zásadní.

2. Bezpečnost jaderných zařízení

Zajištění bezpečnosti jaderných elektráren se provádí v celém řetězci činností, tj. umístění, projektování, výstavba, testování a provoz. S ohledem na bezpečnost se respektují bezpečnostní návody IAEA (česky MAAE - Mezinárodní agentura pro atomovou energii), které se v čase vyvíjejí [6].

Na základě znalostí a zkušeností shrnutých v bezpečnostních návodech MAAE jsou principy bezpečnosti jaderných elektráren zajištěny tím, že jsou 3 kategorie objektů, infrastruktur, komponent a zařízení, přičemž položky příslušné do kategorie:

- 1 mají odolnost vůči pohromě 10000 leté,

- 2 mají odolnost vůči pohromě 1000 leté,
- 3 mají odolnost vůči pohromě 100 leté, což ve vyspělých zemích platí pro všechny civilní objekty a infrastruktury.

V komplexu jaderné elektrárny jsou bezpečnostní systémy, které jsou zálohované, pracují na různých principech a jsou v prostoru různě rozmístěné a stavebně oddělené. U recentních jaderných elektráren je využíván princip inherentní bezpečnosti [7]. Pozornost se věnuje především zajištění chlazení a energie na vlastní spotřebu za všech podmínek, tj. i těch kritických. V rámci nouzového a krizového plánování jsou připraveny scénáře odezvy, tj. jsou i scénáře, které ukazují, co dělat při vybraných nadprojektových haváriích v jaderném zařízení [8,9]. Seznam základních bezpečnostních Mezinárodní agentury pro atomovou energii pro sledovanou oblast je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1. Seznam bezpečnostních návodů Mezinárodní agentury pro atomovou energii pro sledovanou oblast.

IAEA 50-P-1. Application of the Single Failure Criterion: A Publication within the NUSS Program
IAEA 50-P-4. Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessments of Nuclear Power Plants (Level 1): A Publication within the NUSS Program
IAEA 50-P-5. Safety Assessment of Emergency Power Systems for Nuclear Power Plants: A Publication within the NUSS Program
IAEA 50-P-7. Treatment of External Hazards in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants: A Publication within the NUSS Program
IAEA 50-P-8. Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessments of Nuclear Power Plants (Level 2): Accident Progression, Containment Analysis and Estimation of Accident Source Terms: A Publication within the NUSS Program
IAEA 50-P-9. Evaluation of Fire Hazard Analyses for Nuclear Power Plants: A Publication within the NUSS Program
IAEA 50-P-10. Human Reliability Analysis in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants: A Publication within the NUSS Program
IAEA 50-P-12. Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessments of Nuclear Power Plants (Level 3)
IAEA 50-SG-D1. Safety Functions and Component Classification for BWR, PWR and PTR: A Safety Guide
IAEA 50-SG-D3. Protection System and Related Features in Nuclear Power Plants: A Safety Guide (Corrigendum)
IAEA 50-SG-D4. Protection Against Internally Generated Missiles and Their Secondary Effects in Nuclear Power Plants: A Safety Guide
IAEA 50-SG-D5 (REV. 1). External Man-Induced Events in Relation to Nuclear Power Plant Design: A Safety Guide: A Publication within the NUSS Program Corrigenda 1996
IAEA 50-SG-D6. Ultimate Heat Sink and Directly Associated Heat Transport Systems for Nuclear Power Plants: A Safety Guide

IAEA 50-SG-D7 (REV 1). Emergency Power Systems at Nuclear Power Plants: A Safety Guide: A Publication within the NUSS Program

IAEA 50-SG-D11. General Design Safety Principles for Nuclear Power Plants: A Safety Guide

IAEA 50-SG-D12. Design of the Reactor Containment Systems in Nuclear Power Plants: A Safety Guide

IAEA 50-SG-D13. Reactor Coolant and Associated Systems in Nuclear Power Plants: A Safety Guide

IAEA 50-SG-D14. Design for Reactor Core Safety in Nuclear Power Plants: A Safety Guide

IAEA 50-SG-D15. Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants: A Safety Guide: A Publication within the NUSS Program

IAEA 50-SG-G8. Licenses for Nuclear Power Plants: Content, Format and Legal Considerations: A Safety Guide

IAEA 50-SG-G9. Regulations and Guides for Nuclear Power Plants: A Safety Guide

IAEA 50-SG-O6. Preparedness of the Operation Organization (Licensee) for Emergencies at Nuclear Power Plants: A Safety Guide

IAEA 50-SG-O8 (REV 1). Surveillance of Items Important to Safety in Nuclear Power Plants: A Safety Guide: A Publication within the NUSS Program

IAEA 50-SG-O9. Management of Nuclear Power Plants for Safe Operation: A Safety Guide

IAEA 50-SG-S1 (REV 1). Earthquakes and Associated Topics in Relation to Nuclear Power Plant Siting: A Safety Guide: A Publication within the NUSS Program

IAEA 110. Safety of Nuclear Installations

IAEA 117. Operation of Spent Fuel Storage Facilities

3. Chlazení reaktoru a popis metody „feed & bleed“

Havarijní chlazení v jaderné elektrárně slouží k odvodu zbytkového tepla z aktivní zóny reaktoru a tím k udržení geometrie aktivní zóny a celistvosti pokrytí paliva, aby nedošlo k ohrožení jaderné/radiační bezpečnosti elektrárny a okolí. Proto je způsobu havarijního dochlazení věnována v návrhu i modernizacích jaderných elektráren velká pozornost. Dále se zaměříme na použití metody „feed and bleed“. Po havárii jaderné elektrárny Fukushima je třeba zlepšit schopnost odezvy na úseku dodávky elektrické energie a chladiva [10] a z důvodu jaderné bezpečnosti je třeba zvýšit spolehlivost bezpečnostní funkce zajišťující chlazení primárního okruhu.

3.1. Charakteristika metody

Na základě poznatků a zkušeností z praxe [11-14] je třeba posílit robustnost jaderných elektráren. V případě ztráty chlazení je třeba najít řešení s minimem úprav primárního i napájecího potrubí tak, aby se zmírnil scénář úplné ztráty přívodu chladiva nebo výpadku havarijního chlazení, čímž se sníží pravděpodobnost tavení aktivní zóny.

Metoda feed & bleed“ (překlad doplňovat a odpouštět) znamená instalaci dodatečného přívodního potrubí páry. Její propojení s příslušnými nouzovými provozními postupy dle [15] umožňuje jadernému zařízení obnovit chlazení aktivní zóny i za podmínek kdy: nelze použít stacionární systémy napájecí vody parních generátorů; anebo nejsou splněny provozní podmínky systému odvodu zbytkového tepla. Implementace systému Feed and Bleed dle [15] pomáhá: zvýšit bezpečnost i spolehlivost zařízení; zabráňuje rozvoji havárie, při které by mohlo dojít k porušení aktivní zóny; a zajišťuje odvod tepla při sníženém tlaku v primárním okruhu i obnovení chlazení aktivní zóny.

Předmětná metoda byla původně vypracovaná firmou Westinghouse po havárii Three Mile Island – 2 v roce 1979. Jde o dochlazení aktivní zóny pomocí otevřeného okruhu; odvod tepla je realizován varem chladiva - vody. Do parogenerátoru, resp. reaktoru se přivádí chladivo a sytá pára uniká z okruhu pojistnými ventily do kontejnmentu. Ze sekundární strany parogenerátorů pak uniká pára přes regulační ventil do atmosféry. V současnosti představuje zaužívaný přístup k řešení širokého spektra havarijních dějů s poruchou odvodu tepla. Předmětná metoda je založena na použití paro-proudých strojů, které mají jednoduchou konstrukci a nejsou náročné na obsluhu.

3.2. Aplikace metody u reaktoru VVER

V jaderné elektrárně typu VVER je nejdůležitější bezpečnostních funkcí udržení pod-kritičnosti aktivní zóny. Druhou v pořadí je odvedení tepla z aktivní zóny [16]. K danému účelu jsou ve sledovaném případě:

1. Na sekundárním okruhu tři systémy havarijní dodávky napájecí vody do parogenerátorů.
2. Na primárním okruhu tři systémy sestavené ze 4 podsystémů. Předmětné podsystémy slouží k doplňování chladiva s vysokým obsahem bóru do primárního okruhu pro řízení reaktivity v přechodových režimech. Jde o:
 - vysokotlaký pístový systémy pro řízení reaktivity za plného tlaku 16,6 MPa,
 - vysokotlaký doplňovací systém, u kterého je závěrný bod čerpadla 11,0 MPa,
 - nízkotlaký cirkulační systém se závěrným bodem čerpadla 2,0 MP,
 - sprchový systém, který slouží k potlačení tlaku vzdušiny v kontejnmentu.

Poslední 3 systémy mohou doplňovat primární okruh z nádrže havarijní zásoby kyseliny borité (H_3BO_3).

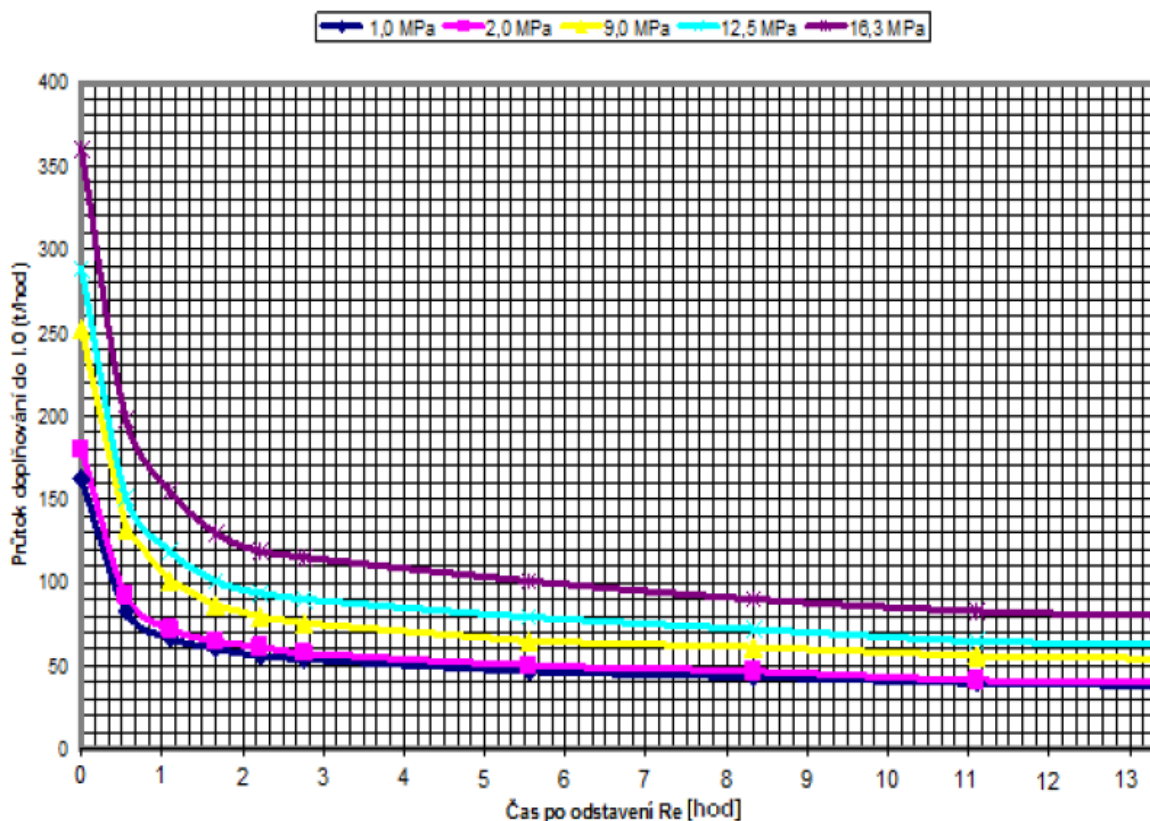
Každý aktivní systém má 3 kanály s 100% projektované kapacity [16].

Cílem aplikace je realizovat řešení, které může zmírnit scénář úplné ztráty napájení bezpečnostních *station blackout* systémů), při současně nedosažitelném napětí z vedlejších bloků, doprovázenou momentální nedosažitelností prostředků diverzních a mobilních (požární vozidlo vybavené čerpadlem s potřebným výkonem). Z výpadku napájení sběrnic havarijních systémů vyplývá ztráty přívodu napájecí vody do parogenerátorů i dochlazování primárního okruhu. Cílem všech opatření je udržení teploty parovodní směsi do 370°C na výstupu z aktivní zóny při daném tlaku. Uvedená teplota znamená počátek fáze roztěšňování paliva a únik štěpných produktů do primárního okruhu.

Navržený způsob zajištění bezpečnostní funkce pokrytí paliva spočívá v rozdělení do dvou etap. Toto rozdělení respektuje jednak dosažitelnost zdrojů i kapacitu kanálů pro přenosu tepla do koncového jímáče. Nejprve se proto dodávka vody provádí do parogenerátoru a teprve po poklesu zbytkového výkonu (viz obrázek) do primárního okruhu.

Princip „feed & bleed“ spočívá v udržování zaplavené aktivní zóny chladivem doplňovaným do primárního okruhu. Přičemž parovodní směs se odpouští přes hlavní pojistné ventily do barbotážní nádrže. Posléze kondenzovaná směs stéká do jímky na dně kontejnmentu. Množství směsi se v čase snižuje, obrázek 1. Množství chladiva při daném tlaku musí zajistit, že teplota parovodní směsi na výstupu z aktivní zóny nepřesáhne kritických 370°C. Tato teplota je mezní pro udržení integrity pokrytí paliva.

Průtok doplňování do I.O v závislosti na čase po odstavení Re pro různé tlaky v I.O



Obr. 1. Průběh minimálního požadovaného přívodu chladiva pro různé tlaky v primárním okruhu.

Předmětný postup k realizaci popsaného procesu využívá paro-proudých strojů, vyznačujících se jednoduchou konstrukcí a malými nároky na obsluhu, a bohužel i úzkým regulačním pásmem [16]. Zdrojem energie paro-proudého čerpadla je sytá pára o tlaku 2,0 MPa odebraná před pojistnými ventily z kompenzátoru objemu, resp. z přepouštěcí stanice do atmosféry. Z nízké účinnosti vyplývá zvýšení teploty vstříkované kapaliny. Uvedený nedostatek, však představuje přínos tím, že snižuje tepelné namáhání parogenerátorů, resp. primárního okruhu (provozní teplota 320°C) jinak způsobené vstříkovaním nepředehřátého chladiva (20-30°C).

4. Návrh pro ověření metody v praxi

Pro realizaci v české praxi je třeba:

- doplnit injektory na sekundární straně, které budou dodávat demi-vodu z nádrží havarijního napájení TX10-30B01 (3x 500m³). Přívod vody do injektorů zajistit samospádem z 3 nádrží,

jež jsou na podlaží +3,60m. Výtlak lze připojit do stávající trasy havarijního napájení v kobce A038/1 a odvodnění výtlaku zavést do guly. Ovládání všech armatur zajistit ruční, z místa,

- instalovat další injektor pro primární okruh uvnitř kontejnmentu, který bude dodávat vodu s obsahem kyseliny borité (H_3BO_3) do primárního okruhu z nádrže havarijního doplňování 2GA201 (650m³). Přívod vody do injektoru nasáváním z níže položené nádrže. Ovládání všech armatur je dálkové vně kontejnmentu, prostřednictvím diverzních a mobilních ovladačů a přenosných zdrojů střídavého napětí.

Injektory se zapojí paralelně a začnou dodávat požadovaných 125 m³/hod do jednoho vybraného parogenerátoru ze 4 možných. Odebíraný výkon z primárního okruhu se bude regulovat výstupním tlakem parovodní směsi do atmosféry. Ten bude udržován pouze prostřednictvím jedné přepouštěcí stanice do atmosféry. Jak je z obrázku 1 zřejmé, tak po 2 - 3 hodinách významně klesne požadované množství doplňované vody do parogenerátorů a jeden z injektorů musí být odstaven. Asi po 9 hodinách bude vyčerpána kapacita aku-baterií pro střídače spotřebičů 1. kategorie. Od tohoto okamžiku je obsluha přepouštěcí stanice do atmosféry možná pouze ručně ze strojovny A820.

Konzervativně se uvažuje, že po 25 hodinách dochlazování bude vyčerpána zásoba demineralizované vody z nádrží TX. V nádržích TB40B01 a 02 (2x 240 m³) zůstává 480m³ dispozici na podlaží +0,00m, propojitelných do systému napájení. S ohledem k větší vzdálenosti a malému rozdílu hladin nemusí být využitelná celá zásoba. Poslední použitelnou zásobou je 240 m³ chladicí vody ve vyrovnávacích nádržích VF10-30B01(3x80m³) na podlaží +33,6m. Propojení pro napájení bezpečnostních systémů při blackoutu neexistuje, a proto musí být realizováno prostředky „Diverzními a mobilními“ (svěrné T-kusy, požární hadice).

Nebude-li ani po uplynutí cca 36 hodin v bezpečnostních systémech pro blackout obnoveno napájení **bezpečnostních přípojnic, a nadále budou chybět „Diverzní a mobilní“** prostředky (stacionární diesel-generátorové zdroje), bude třeba zahájit snižování tlaku v primárním okruhu prostřednictvím hlavních pojistných ventilů kompenzátoru objemu. Ovládání armatur umístěných v kontejnmentu bude potřeba zajistit místními ovladači a diverzními a mobilními prostředky, tj. přenosnými motorovými centrály 230V. Jakmile tlak v primárním okruhu klesne pod 6,0 MPa, dojde k postupnému pasivnímu vyprázdnění 4 hydro-akumulátorů po 50 m³. Parovodní směs bude odpouštěna systémem odtlačování primárního okruhu přes hlavní pojistné ventily kompenzátoru objemu. Když hladina v hydro-akumulátorech klesne pod 135 cm, musí se uzavřít dálkově oddělovací armatury vyprázdněných hydro-akumulátorů. Tím se fáze zahájení degradace pokrytí paliva odsune o další necelé 3 hodiny. Aby bylo zabráněno vniknutí dusíkového polštáře do primárního okruhu, musí být tlak udržen na 2,0 MPa (vniknutí plynu by totiž znemožnilo přestup tepla do chladiva a došlo by k přehřátí pokrytí paliva). Konzervativně musí být injektor doplňující primární okruh z nádrže havarijní zásoby roztoku kyseliny borité navržen tak, aby k průniku dusíku nemohlo, ani při neuzavřených armaturách na výstupu z hydro-akumulátorů, dojít.

S ohledem k výškovým rozdílům mezi injektorem, vstupem do primárního okruhu a hlavními pojistnými ventily bude výstupní tlak injektoru vyšší než 2,2MPa. Z vypouštěné páry se část páry před pojistnými ventily kompenzátoru odebere a potrubím se odvede do armaturní kobky GA 306/2, kde bude pohánět paro-proudý stroj.

Předmětný stroj nasává z nádrže v GA201 parou přehřátou vodu s obsahem kyseliny borité (H_3BO_3) a dodává ji do primárního okruhu. Minimální požadovaný průtok musí být při zbytkovém výkonu aktivní zóny menší než 50 m³/hod (viz obrázek). Přitom rezerva

použitelného chladiva v GA 201 je 650 m³, což stačí minimálně na dalších 13 hodin. Jímka-nádrž GA 201 je situována na nejnižším místě kontejnmentu, takže kondenzát vznikající v horních patrech kontejnmentu bude postupně stékat zpět do jímky. Havarijní zásoba H₃BO₃ v GA201 tak oddálí o dalších 13 hodin poškození pokrytí paliva.

V podmínkách úplné ztráty napájení bezpečnostních systémů při blackoutu dochází k překročení teploty 370°C na výstupu z aktivní zóny do 1,5 hodiny po odstavení. Velice konzervativní doba (25+7+4+3+13= 52) 52 hodin významně otevírá časový prostor pro obnovení některého z projektových či diverzních systémů napájení, nebo na zajištění mobilních a diverzních prostředků s dostatečnou kapacitou pro „feed and bleed“ pro chlazení aktivní zóny.

5. Úkoly, které je třeba ověřit před použitím v české praxi

Odborné posouzení návrhu kolektivem expertů [18] ukázalo, že před zavedením do praxe je třeba vyjasnit a řádně otestovat:

1. Průběh snižování tlaku primárního okruhu v důsledku trvalého přívodu 125 m³ /hod.
2. Okamžik odpojení 2. injektoru od přívodu do sekundární strany parogenerátoru.
3. Start vyprazdňování hydroakumulátorů.
4. Čas a hlavní parametry pro otevření přívodu páry do injektoru pro doplňování primárního okruhu.
5. Sací výšku injektoru 5,5 m.
6. Navrhnout injektory a dimenzování tras přívodu páry.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. Praha: ČVUT 2011, 483p.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN: 978-80-01-05245-7. Praha: ČVUT 2013, 223p.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN 978-80-01-06180-0, e-ISBN:78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [6] IAEA. <http://www.iaea.org>.
- [7] HEIKKILÄ, A-M. *Inherent Safety in Process Plant Design. An Index-Based Approach*. Espoo 1999, Technical Research Centre of Finland, VTT Publications 384. ISBN: 951-38-5371-3.

- [8] US NRC. *Regulation Guide 1.70, 1978. Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants*. LWR Edition, November 1978. Office of Standards Development.
- [9] US NRC. *Standard Review Plan and Associated Review Standards*. LWR Edition, November 1978. NUREG 0800. Office of Standards Development.
- [10] IAEA. *The Fukushima Daiichi Accident*. ISBN 978-92-0-107015-9. Vienna: IAEA 2015, 204p.
- [11] IAEA. *NS-G-2.15 - Severe Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants*. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1376_web.pdf
- [12] IAEA. *IAEA-TECDOC-1785 - Design Safety Considerations for Water Cooled Small Modular Reactors Incorporating Lessons Learned from the Fukushima Daiichi Accident*. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1785_web.pdf
- [13] IAEA. *NS-G-1.9 - Design of the Reactor Coolant System and Associated Systems in Nuclear Power Plants*. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1187_web.pdf
- [14] NEA. LOFT Project. http://www.oecd-nea.org/nsd/reports/OECD_LOFT_final_report_T3907_May1990.pdf
- [15] FRAMATOME. *Primary Side Bleed and Feed*. www.framatome.com
- [16] ČEZ, a.s. *Provozní bezpečnostní zpráva ETE a její doplňky*. Praha: ČEZ 1997-2018.
- [17] ČEZ. *Archiv*. Praha: ČEZ 2018.
- [18] SUJB. *Expertní posouzení aplikace metody feed and bleed v české praxi*. Praha: SÚJB 2018.

ANALÝZA RIZIK PŘI UTĚŠŇOVÁNÍ TLAKOVÝCH ZAŘÍZENÍ

ANALYSIS OF RISKS AT SEALING THE COMPRESSIVE APPARATUSES

Jiří Lukavský^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: Jednou z hlavních částí technických děl, jejichž bezpečnost se řeší v rámci projektu RIRIZIBE na několika fakultách ČVUT v Praze, jsou vyhrazená tlaková zařízení (tlakové nádoby a tlaková potrubí) pro procesní techniku, která se používá zejména v chemickém nebo petrochemickém průmyslu. Tato zařízení mají i pro jednoduché výroby desítky až tisíce rozebíratelných šroubových spojů (přírubových), u nichž jejich utěsnění závisí nejen na tlaku, ale i na širokém rozpětí teplot. Při jejich selhání může docházet ke značným škodám, příp. až k haváriím, které svým rozsahem mohou vést k pohromám pro okolí. Diskuse na školeních montážních pracovníků a jejich vedoucích podle ČSN EN 1591-4 ukazují, že problémů v utěšňování je po zákazu azbestových těsnění ještě mnoho, a že školení je třeba ještě rozšířit na projektanty a konstruktéry, a příp. výrobce tlakových zařízení. Řízení bezpečnosti tlakových zařízení není jednoduché a vyžaduje aplikaci inženýrských nástrojů pro zvládnutí očekávaných rizik. Předložená práce: zahrnuje provádění analýz rizik a jejich hodnocení v různých fázích činností prováděných na tlakových zařízeních; uvádí hlavní příčiny rizik; a na základě zkušeností autora i zahraničních zkušeností ve vyspělých průmyslových státech navrhuje opatření na snížení rizik.

Klíčová slova: tlaková zařízení; přírubové šroubové spoje; rizika; příčiny rizik; opatření na snížení rizik.

Abstract: One of the main parts of the technical facilities, the safety of which is solved in the framework of the RIRIZIBE project at several faculties of the ČVUT in Prague, are reserved pressure equipment (pressure vessels and pressure pipes) for procedural technique that is mainly used in the chemical or the petrochemical industry. These fittings have also for simple productions tens to thousands of separable flanged bolted joints, the sealing of which depends not only on the pressure, but also on a broad range of temperatures. At their failure it may come up to considerable damages, up to accidents that may lead to disasters for facility vicinity. Discussions on training courses for assembly workers and their leaders according to the ČSN EN 1591-4 norm show that the problems in the sealing process is after the prohibition of asbestos, still a lot, and that the training is necessary to be extended to engineers and designers, and also manufacturers of pressure equipment. Safety management of pressure equipment is not easy and it requires the application of engineering tools for coping with the expected risks. Submitted work: includes performance of risk analyses and their evaluation at various stages of the activities carried out in the pressure equipment; gives

^{*)} doc., Ing., CSc., lukavsky@fs.cvut.cz

the main causes of risks; and based on the author's experiences and foreign experience in advanced industrial States, it proposes measures to reduce the risks.

Key words: pressure equipment; flanged bolted joints; risks; causes of risks; measures for risks reduction.

1. Úvod

Tlaková zařízení patří mezi kritická zařízení mnohých technických děl a jejich provoz je kodifikován řadou právních předpisů, norem a standardů. Proto požadavky z různorodých zákonů, pravidel a předpisů musí provozovatel tlakových zařízení (tlakových nádob, potrubí, armatur) dodržet. Směrnicí pro tlaková zařízení, přizpůsobením se normám, ale též pochopením, příp. vylepšením montážních postupů dochází k mnohým pozitivním změnám v utěšňování. S některými následujícími konstrukcemi chceme ukázat na aktuální stav techniky. Těsnící spoje jsou velmi komplexní soustavy, které je třeba zásadně zcela zohlednit s požadavky na jednotlivé součásti a jejich vzájemné působení.

Procesní tlaková zařízení jsou limitujícím zařízením pro stanovení spolehlivosti tlakových zařízení a bezpečnosti jejich provozu. Příčinou je vysoká akumulovaná energie vyplývající z vysokých tlaků a teplot pracovních látek, které mohou navíc mít i další nepříjemné vlastnosti, jako např. hořlavost, výbušnost, jedovatost aj. Proto je třeba věnovat jejich návrhu, konstrukci, výrobě, montáži, údržbě a provozování velkou pozornost. Z pohledu bezpečnosti celého podniku i konkrétního výrobního celku jsou tlaková zařízení kritickou komponentou, a proto jejich chování ovlivňuje celkovou bezpečnost podniku [1]. Jejich provoz významně ovlivňuje provedení spojů, a proto se předmětnou oblastí zabývá předložený článek.

Na základě práce [1] je třeba pro čtenáře uvést, že je třeba odlišovat celkovou (integrální) bezpečnost podniku či výrobního zařízení a procesní bezpečnost (bezpečnost procesu) u provozních zařízení, která především závisí na technickém provedení zařízení a jeho chování v procesu výroby. Chování zařízení při výrobě ovlivňují jeho zranitelnosti, robustnost a schopnost odolávat změnám provozních podmínek.

2. Předpoklady pro bezpečná utěšnění

Problematika utěšňování jak statických, tak i dynamických spojů je i přes značný pokrok v jednotlivých oblastech techniky utěšňování nevyvážená. Pokud výklady „právních pojmů“ jako uznaných pravidel techniky, stavu techniky a ochrany životního prostředí skončí jen diskuzemi, které jsou vedeny nedostatečnými znalostmi účastníků, bude trvat ještě určitou dobu, než si uvědomíme, že kvalita těsnění není určena jen jeho cenou, ale i konstrukčními a materiálovými vlastnostmi všech částí spoje, příp. znalostmi o probíhajících fyzikálně chemických pochodech a sledování selhání těsnících spojů v uvažovaném zařízení. Rozhodující může být i způsob montáže, určené druhem utahovacího nářadí a postupem utahování, ale hlavně „lidským faktorem“. Ten podstatně snižuje spolehlivost vytvořeného spoje. Protože vlastnosti i stejného druhu těsnění mohou být rozdílné, je třeba při návrhu přírubového spoje znát podmínky pro jeho utěšnění podrobněji. Proto např. němečtí odborníci připravili kromě směrnic pro montáž např. VDI 2200 [2] a VDI 2290 [3], tak i školení pro montážní pracovníky, ale i pro vedoucí údržeb, údržbáře, revizní techniky, projektanty a konstruktéry o utěšňování, které shrnuje

norma ČSN EN 1591-4 [4]. Mnohdy i nedostatečné zohlednění požadavků montáže může vést k nesplnění požadavků projektantů a konstruktérů na utěsnění a i k podstatnému navýšení nákladů.

Normy by měly být zaváděny jako „uznaná pravidla techniky“. Je ale též třeba si uvědomit, že normy můžou být respektovány jen v okamžiku jejich vydání a že nikdo se jejich použitím nezbavuje odpovědnosti za vlastní jednání.

Technická doporučení a technická pravidla: Aby se v oblasti tlakových zařízení zvýšily vědomosti o problematice utěšňování v oblasti přírubových spojů u pracovníků firem zastupujících výrobce tlakových zařízení a výrobce těsnění a provozovatele těchto zařízení a odborníky z výzkumu, a to jak v oblasti energetiky, chemického a petrochemického průmyslu, příp. strojírenských podniků, tak jsme za finančního přispění Asociace pracovníků tlakových zařízení a APTI (Asociace poskytovatelů technických informací) a prodejců těsnicí techniky vypracovali jako první krok „*Technická doporučení*“ pro montáž přírubových spojů, příruby, šrouby a těsnění a výpočty přírubových spojů [5-7]. Téměř ve stejné době vyšla technická pravidla v Německu jako TRBS (Technische Regeln für Betriebssicherheit) [8-11], pro jednotlivá odvětví průmyslu a pro údržbu. Tato pravidla se týkají např. ohrožení parou a tlakem při uvolnění médií. Další pravidla lze najít na internetu. V USA vyšly směrnice ASME PCC-1-2013 (Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly) [12], které se týkají přírubových spojů s palcovými rozměry.

Uvedená technická pravidla pro provozní bezpečnost reprodukují stav techniky, které odpovídají zjištěným znalostem a zkušenostem daného oboru, konkretizují pro provozní bezpečnost s ohledem na stanovení a vyhodnocení možných ohrožení, způsobených nedostatečnou funkcí použitých prostředků.

Předpokladem pro zásah při odstávce zařízení nebo údržby je provedení těchto úkonů:

- stanovit druh, rozsah a sled zásahů,
- stanovit a posoudit ohrožení požadovaných prací a stanovit potřebné zákroky,
- určit před zadáním pro cizí firmy požadavky na bezpečnost a požadavky na kvalifikaci personálu, který provádí výrobu, údržbářské práce a montáž,
- pro každou vykonávanou profesi a pro každé pracovní místo při zarážce je třeba provádět posouzení ohrožení tak, aby byla zaručena bezpečnost a zdraví všech zúčastněných zaměstnanců, a tím se zamezilo škodám na zařízení nebo je třeba je minimalizovat. Výsledky pro stanovení ohrožení je třeba průkazně doložit.

Stav techniky udává stav současného stavu technického vývoje. Představuje srovnatelné postupy, prostředky nebo způsoby výroby, které se s úspěchem vyzkoušely v provozu. Týká se to výrobků, procesů a služeb, založených na odpovídajících zajištěných znalostí, techniky a zkušeností.

Právní podklady, tj. zákony, vyhlášky, předpisy, které se týkají provozování zařízení s přírubovými spoji, lze shrnout obecně do zákonů ochrany před emisemi, imisemi, ochrany před nebezpečnými látkami, ale i o bezpečnosti práce a o provozní bezpečnosti. Jejich přehled je aktualizován ve školeních pro montážní pracovníky.

Nejlepší dostupná technika BREF (Best Available Reference Document) [13] je v EU zavedenou klauzulí, která popisuje pokrokový stav vývoje činností nebo provozních metod, které umožňují zlepšovat mj. též úroveň utěšňování jak statických, tak i dynamických těsnících spojů. Pro koordinaci dokumentů byl zřízen v Seville úřad (European IPPC Bureau) [14], v jehož kompetenci jsou vypracovávány dokumenty o nejlepší použité technice BREFs. Vše

souvisí se směrnicí 96/61/EG z 24. 1.1 996 (Sevilla proces) [14], jejímž hlavním cílem je zamezení a snižování znečištění životního prostředí. Směrnice je nástrojem Evropské unie pro harmonizaci postupů a podmínek schvalování. Celkové ohledy na působení průmyslových zařízení na životní prostředí se týkají vzduchu, vody a půdy [15]. Sledovat by se měly vznik odpadu, zpracování surovin, účinnost použitých energií, zamezení poruch a havárií, hluku a management rizik. Musí se brát ohled na technický charakter zařízení, na jeho geografické stanoviště a místní podmínky životního prostředí. Nerespektování zákonů, směrnic a předpisů bývá doprovázeno větším množstvím netěsností a u nebezpečných látek zhoršováním životního prostředí, příp. havárií zařízení.

3. Provádění analýz a hodnocení rizik u přírubových spojů

Analýzy a hodnocení rizik pro všechny fáze životního cyklu objektu nebo zařízení se provádí počínaje zpracováním dokumentace až po jeho likvidaci na konci životnosti. Provádí se pro normální i mimořádné provozní podmínky včetně možného lidského faktoru nebo pro možná vnější ohrožení (viz vyhláška č. 256/2006 Sb. [15]) v souladu s prací [16].

3.1. Přírubové spoje

Velkým problémem jsou u tlakových zařízení rozebíratelné spoje, především šroubové (přírubové) spoje, kde jejich bezpečnost závisí na mnoha faktorech. I když považujeme konstrukce přírubových spojů vůči stavu techniky za zastaralé, z hlediska konstrukce jsou to nejjednodušší šroubové spoje. Nové pohledy na jejich spolehlivé utěsnění [9] ukazují během celé životnosti, že vzhledem k novinkám v teorii šroubových spojů, materiálu součástí spoje, měření, zkoušení, montáži a provozování se v mnohých případech dosáhlo podstatně vyšší úrovně utěsnění. V následující části chceme ukázat na výsledcích zahraničních výrobců, výzkumu a zkušeností z provozu zejména procesní techniky, aniž bychom vynechali i ostatní použití. Zaměříme se na publikované novinky a jejich užití. Odkážeme se i na určité postupy a metodiky analýz, řízení a vypořádání rizik pro účely zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií [17], zpracovávaných velmi podrobně pro bezpečnost zařízení. Záměrem zákona (směrnice Seveso III) je vytvoření pomocí právních předpisů takového prostředí, které umožní a v některých případech donutí provozovatele zaujmout systémový přístup k zajištění prevence vzniku závažných havárií a minimalizaci následků případných havárií. Příčinami a následky se zabýval francouzský Institut INERIS [18] a též práce [16]. Z pramenů vyplývá, že u 530 světových havárií byly nalezeny příčiny uvedené v tabulce 1; jejich dopady uvádí tabulka 2.

Tabulka 1. Příčiny selhání podle [16,18].

Příčiny selhání	vady materiálů	48 %
	chyby člověka	31%
	chemická reakce	12%
	jiné příčiny	18%
	vnější vlivy	7%

Tabulka 2. Následky selhání podle [16,18].

Následky selhání	toxické emise	21%
	Požáry	21%
	znečištění ovzduší	17%
	Exploze	12%
	znečištění vod	29%

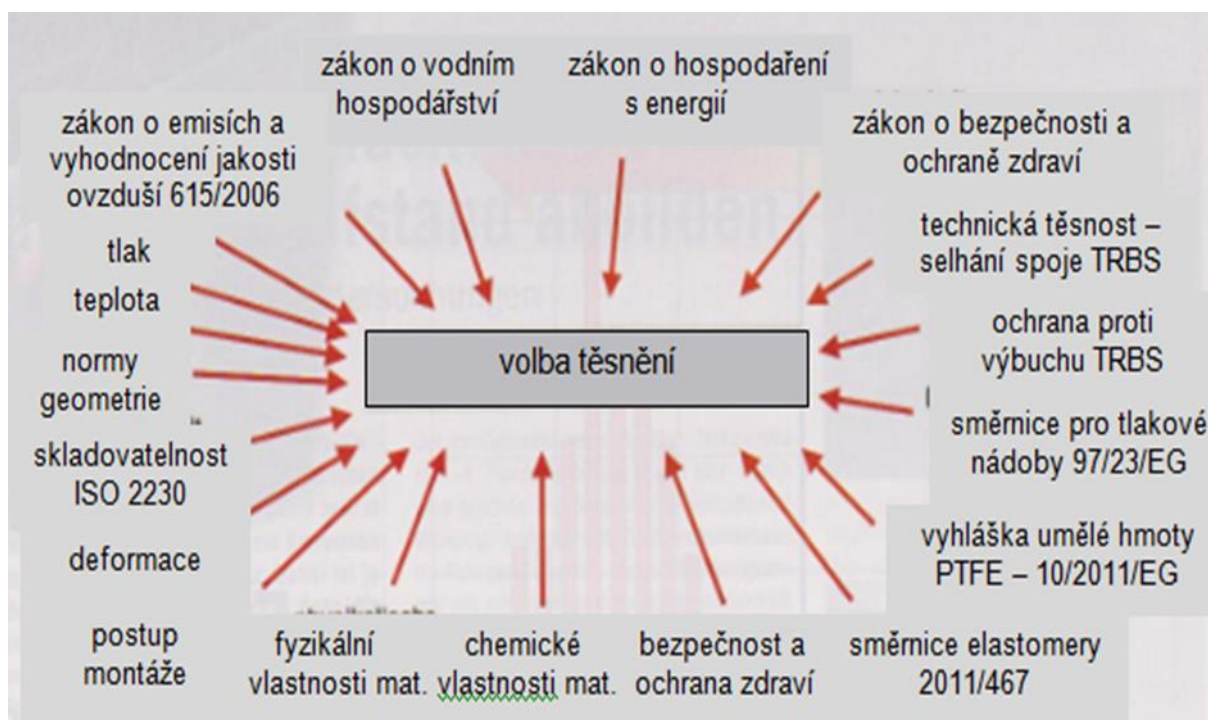
3.2. Technicky těsný spoj a trvale technicky těsný spoj

Jak bylo řečeno v úvodu, u mnoha tlakových zařízení se šroubovými spoji při zajišťování jejich trvale bezpečného provozu, musí jejich provozovatel dodržet požadavky mnoha různých zákonů, pravidel a předpisů (obr. 1). Požadavky se mohou lišit i podle konstrukce, umístění, parametrů stavu během provozování nebo použitých zpracovávaných látek. Určité odchylky jsou u zařízení pro procesní techniku (chemický a petrochemický průmysl), páru (energetika, jaderná energetika), farmacii, potravinářství, strojírenství.

Dodržením směrnic, užití nových vylepšených konstrukcí a jejich sladěním, ale pochopením a vylepšením montážních postupů dochází postupně k mnoha změnám. Ty správně vyhodnotit a získat tak buď „technicky těsný spoj“ nebo „trvale technicky těsný spoj“ (viz příklady pro nebezpečné látky [11]) znamená v první řadě odhad rizik možných zdrojů pro poškození. Protože těsnicí spoje jsou komplexní soustavy, je třeba zohlednit požadavky na jednotlivé jejich součásti a jejich vzájemné působení. A zde při hodnocení důležitou roli hrají náklady nejen na optimální výběr těchto součástí, ale i na provedená opatření podle závažnosti následků. V poslední době se nashromáždily zkušenosti a znalosti, které postupem zaručujícím dodržení předepsaných požadavků, vhodnými systémy a součástmi utěsnění, ale i kvalifikovanou montáží lze dosáhnout výrazně vyšší provozní a výrobní bezpečnosti při současném zlepšení ochrany životního prostředí, příp. poklesů nákladů.

Ohrožení tlakových zařízení a jejich působení na životy a zdraví obsluhy, příp. na životní prostředí jsou obsahem analýzy jevů (rizik), které vytvářejí tato ohrožení určujícího provozu daného provozními parametry, mohou vést náhlým selháním „stěny odolávající tlaku“ [9, 10]. To bývá vyvoláno selháním funkce, porušením stěny a změnami materiálu. Odchylky od technických příp. organizačních opatření, nebo selhání bezpečnostně kontrolních vybavení jsou další možnosti vzniku nebezpečného porušení. Ta slouží k ochraně před překročením mezí, které mají zařízení k bezprostřednímu omezení tlaku, jako jsou např. pojistné ventily, pojistné membrány, pruty namáhané na vzpěry, řízená bezpečnostní nebo omezovací zařízení působící jako korekční přístroje nebo vyvolávající vypojení a uzavření, jako jsou vypínače tlaku a teploty, nebo hladinové spínače. Obrázek 1 ukazuje oblasti, které předurčují volbu typu šroubových spojů.

Provozní bezpečnost tlakových zařízení ovlivňují rovněž časově závislá poškození, jako např. účinky koroze (vnitřní, vnější, různé mechanismy koroze), eroze, kavitace, únava nebo křehnutí, tažnost materiálu, střídavé zatížení (tlakové nebo teplotní změny), vnější síly vyvolané prouděním tekutin, vlivem různé teplotní roztažnosti, větrem, seismicitou aj.



Obr. 1. Příklad požadavků na rozebíratelné šroubové spoje.

Při úniku médií (netěsností) mohou vzniknout pro zaměstnance nebo pro třetí osoby ohrožení impulzem z volného proudu, potlačení, naleptáním, hořením nebo zmrznutím. Pro naznačení problémů s utěsněním je nutno ukázat, v jakých rozpětích množství netěsností tlaková zařízení pracují. Podle materiálů těsnění a konstrukce rozebíratelného spoje, příp. těsněné látky a jejich parametrů jsou rozsahy množství netěsností řádově od 10^0 až do 10^{-8} mg/(s.m); tyto hodnoty jsou vztaženy na střední těsnicí obvod těsnění.

Základní hodnoty pro měkká těsnění (pryžová, vláknitopryžová, expandovaný grafit, orientované PTFE, slída) jsou uváděny v třídě 1,0 pro kapaliny, třída 0,1 pro plyny a páry (mimořádně pro ropu) a 0,01 mg/(s.m) pro „nebezpečné látky“. U jen „technicky těsných“ látek lze očekávat netěsnosti za určitých okolností jako možné. U částí zařízení, která mají být „trvale technicky těsná“ [5], se nečeká únik těsněných látek po celou dobu životnosti. Pro vybrané látky [17] se vyžadují netěsnosti lepší než 0,01 (podle zvláštní zkoušky popsané v [19,20], tj. množství netěsností 10^{-4} mbar.l/(s.m).

Jednotky množství netěsností se používají takto: pro tlakovou zkoušku (mg/(s.m)); a pro vakuovou zkoušku (mbar.l/(s.m)); množství netěsností lze vzájemně přepočítat. To souvisí s prouděním v ekvivalentních kanálcích pro netěsnosti. Měkká těsnění jsou porézní, aby při stlačení při utahování mohla pracovat pružně, a tím se částečně uzavírají tyto kanálky. Podle rozměrů kanálek jsou netěsnosti v:

- turbulentním, laminárním prouděním (modrá oblast na obrázku 2),
- molekulárním prouděním (zelená oblast na obrázku 2).

Žlutá oblast na obrázku 2 představuje přechodovou oblast. Kombinovaná těsnění se používají zejména pro požadovaná množství netěsností $L = 10^{-2}$ mg/(s.m), kovová těsnění až 10^{-8} mg/(s.m). V laminární oblasti rozhoduje viskozita (přetlaková zkouška), v molekulární oblasti molekulární hmotnost (vakuová zkouška); proto jsou různé jednotky množství netěsnosti. Nad hladinou $1 \cdot 10^{-8}$ mg/(s.m), jde o netěsnost i plnou kovovou stěnou [6].

měkká těsnění	1,00E+00	mg/(s.m)
	1,00E-01	
kombinovaná Těsnění	1,00E-02	
	1,00E-03	
kovová těsnění	1,00E-04	
	1,00E-05	
	1,00E-06	
	1,00E-07	
	1,00E-08	

a dále difúzní průnik netěsností plnými stěnami

Obr. 2. Oblasti netěsností pro použití různých materiálů těsnění; množství netěsností je vztažené na střední obvod těsnění.

4. Analýza rizik

Všechny lidské činnosti jsou spojovány s nebezpečím a neurčitostmi nejrůznějšího původu [21]. A právě člověk bývá často konfrontován s možností, že skutečné výsledky jeho činů nebudou shodné s těmi navrhovanými. Technický rozvoj vždy čelil skutečnosti, že může vyvolat závažné nehody, protože jak průmyslová výroba, tak i skladování a přeprava pracují s velkým množstvím energie a látek, které jsou schopny zničit člověka a i jeho prostředí. Proto vznikla potřeba přiměřeného právního prostředí, v rámci kterého by průmysl, státní správa a občanská společnost hráli důležitou roli při řízení rizik průmyslových nehod.

Vlastní analýza rizika a následné hodnocení rizika vychází z identifikace zdrojů rizika. Tato identifikace by se měla týkat nejen pro normální stav zařízení, ale rovněž pro stavy, jako jsou najíždění a odstavování pro nová, ale i stará zařízení, zarážky pro opravy, poruchy, havárie, zkoušky příp. testy, likvidace apod. Povaha závažných zdrojů rizika může být specifikována vlastnostmi, jako jsou hořlavost, výbušnost, toxicita nebo pomoci takových rysů zařízení, jako jsou skladované zásoby, reakční zóny, toky materiálů a vnější události.

4.1. Analýza rizik pro vyhrazená tlaková zařízení

Tlaková zařízení – tlakové nádoby, potrubí a armatury - jsou vesměs komplikované konstrukce, kde jejich jednotlivé části jsou spojovány zejména nerozebíratelnými (svarovými) nebo rozebíratelnými (šroubovými) spoji. Uvedené spoje vytváří řadu omezení provozu, jedná se o:

1. Možná ohrožení způsobená odchylkami od dovolených provozních parametrů [8].
2. Provozní bezpečnost, kterou ovlivňují časově závislá poškození [9].
3. Úniky utěsněných látek při technicky těsném a při trvale technicky těsném spoji [10].
4. Zavedení ochranné inertní atmosféry [11].

4.2. Příčiny rizik

Příčinami rizik jsou také odchylky od dovolených provozních parametrů; na základě zkušeností z praxe [22,23], jde o:

1. Překročení dovolených pracovních tlaků v důsledku:
 - vzrůstu tlaku vyšším potenciálem tlaku v připojených zařízeních, např. v okruhu sítě, v předlohách, příp. v zásobních nádržích,
 - selhání chlazení nebo kontroly teploty,
 - přeplnění při překročení dovoleného plnicího tlaku, např. čerpadlem,
 - překročení dovoleného plnicího tlaku, např. kompresorem,
 - zábrany teplotní roztažnosti kapalin nebo plynů v kapalně fázi v uzavřených částech zařízení, příp. u různých pevných materiálů,
 - uzavřeného nebo ucpaného odvětrávacího potrubí,
 - dopravy tekutin proti uzavřené armatuře,
 - výpadku kondenzace par,
 - výpadku, příp. selhání řídicích nebo regulačních zařízení,
 - působení tepla zvnějška vyvolané požárem,
 - exotermní reakcí nebo rozpadovou reakcí,
 - fyzikální explozí, která může vzniknout při styku studených kapalin s teplou taveninou nebo kapalinou, jejíž teplota leží nad teplotou varu studené kapaliny (např. kovové lázně, organické teplotnosné oleje),
 - tlakového rázu, např. rázy kapalin s kavitací.
2. Nedosažení dovoleného tlaku v důsledku:
 - ochlazování kapalin,
 - kondenzace par, zanesení filtrů na straně sání,
 - při vyprazdňování tlakového zařízení.
3. Při překročení dovolené provozní teploty:
 - výpadkem chlazení, např. při chybném měření teploty a množstvím nástřiku,
 - exotermní reakcí.
4. Nedosažení dovolené pracovní teploty v důsledku:
 - přechodu odparek s hluboko ochlazenými zkapalněnými plyny,
 - adiabatickým uvolněním plynů (např. u kyseliny uhličité, zkapalněných plynů, čpavku aj.).
5. Překročení dovolených mechanických zatížených materiálů v důsledku:
 - vnějších sil a momentů na nosných částech a hrdlech,
 - nedovoleným rozdílem teplot a teplotních gradientů ve stěně nesoucích tlak,
 - nedovolených rychlostních změn teploty, zejména při najíždění nebo odstavení,

- bránění teplotní roztažnosti při rychlých změnách teplot, např. při najíždění nebo odstavování,
 - kolísání teplot u některých částí zařízení,
 - zpětného rázu při snížení tlaku.
6. Selhání bezpečnostně důležitého vybavení v důsledku:
- narušení funkčnosti provozním médii nebo způsobem provozování pro slepení, zanesení nebo korozi bezpečnostních ventilů, pojistných membrán, senzorů a přívodů pro měřicí zařízení, bezpečnostně důležitých armatur,
 - narušení funkčnosti zachycováním kondenzátu na nejnižších místech výfukového potrubí z pojistných ventilů.
7. Narušení funkčnosti vnějšími vlivy, jako:
- koroze z vnějška,
 - znečištěním nebo nánosy,
 - výpadky dodávky energií,
 - poškození působením násilí,
 - kmitání nebo vibrace ze zdrojů v okolí,
 - namrzání, pokrytí ledem.
8. Narušení funkčnosti:
- nesprávnou manipulací, např. přestavením mezních hodnot,
 - nesprávnými údržbářskými zákroky, jako např. záměnou při opravě.

5. Návrh opatření na snížení rizik

Návrh opatření na snížení rizik závisí nejen na zařízení, ale i na fázi výrobního procesu, ve které se opatření provádí [22,23].

5.1. Návrh opatření na snížení rizik při montáži a instalaci tlakového zařízení

Na základě norem a zkušeností při montáži, instalaci a vybavení tlakového zařízení je dle [22,23] třeba provést cíleně následující opatření:

1. Montáž potrubí řešit tak, aby se jeho poloha v následném provozu nedovoleně neměnila, což znamená:
 - brát ohled na teplotní dilataci při instalaci; delší potrubí mezi zakotveními vybavit kompenzačními prvky jako vlnovými kompenzátory, kompenzačními potrubními útvary (např. L, Z, U útvary), pokud vedení potrubí neumožňuje dostatečné prodloužení,
 - ukotvit tak, aby nevznikaly nebezpečné změny polohy; nadzemní potrubí má být upevněno tak, aby dosedalo na dostatečný počet hrdel nebo na konstrukce uchycení (potrubní mosty, nosné konstrukce),
 - zajistit, aby potrubí uložené v zemi se pokládalo tak, aby leželo rovnoměrně,
 - vytvořit pevná a kluzná nebo závěsná uložení,

- zajistit, aby vložené armatury se uchytily tak, aby nezatěžovaly vlastní tíhou, příp. akčními silami potrubí; armatury, tvarovky, čerpadla a jiné součásti z litin nebo jiných křehkých materiálů nemají být zatíženy momenty nebo smykovými silami.
2. Při přestavbě nebo uvedení do provozu zabezpečit uzavírací součásti proti náhodnému otevření nebo uzavření.
 3. U uzavíracích součástí tlakových zařízení, v nichž je možný nárůst tlaku vlivem bránění teplotnímu prodloužení kapalin nebo zkapalněných plynů, použít vhodná opatření, jako:
 - vybavit je zpětnými ventily nebo zařízením pro odlehčení tlaku,
 - zablokováním armatur v otevřené poloze.
 4. U tlakově zkapalněných plynů nedovolený růst tlaku omezit chladícími prostředky, u nichž tlak bez objemového odlehčení sleduje zákonitost tlakové křivky páry.
 5. U částí zařízení, které obsahují plyny nebo páry s kondenzovatelnými podíly, zejména parní stroje a parní turbíny, je třeba potrubí odvodnit a v případě potřeby předehrát, aby se zamezilo rázům kapaliny.
 6. Kompresorové stanice vyjmuté ze směrnice pro tlaková zařízení je třeba vybavit částmi s bezpečnostní funkcí zabráňujícími nedovoleným tlakům během dopravy nebo čerpací nečinnosti.
 7. Dodržování dovolených pracovních parametrů u chemických reakcí je třeba zajistit částmi výbavy se zabezpečovanou funkcí, jako např.:
 - zabránění chybě v dávkování čerpadly s definovanou rychlostí,
 - vložení zařízení pro měření množství v přívodu nebo měření-výšky hladiny, které při dosažení definované mezní hodnoty spustí automaticky korekční zákroky, např. uzavření přívodu, nebo upozorňuje akusticky nebo světlem obsluhu, že má zakročit,
 - zajištění nuceně spojených přítoků provozních látek.
 8. Akumulaci nekontrolovatelných reakčních potenciálů v důsledku zpomalených nebo začínajících průběhů chemické reakce, jako např. při nedostatečném promíchávání obsahu, s nedostatečnou nebo příliš nízkou počáteční startovací teplotou, znemožnit opatřením pro kontrolu nebo vedení reakce. Pro tyto účely lze použít zařízení:
 - pro kontrolu průběhu míchání,
 - pro srovnání skutečné a požadované teploty,
 - pro kontrolu potřebného chladícího nebo topného média,
 - podle procesního modelu sestavit látkovou bilanci nebo vytvořit bezpečnostní systém.
 9. Provést opatření pro kontrolu tlaku a teploty, které spustí automaticky působící procesy, když další procesy – jako výpadek chlazení nebo vnesení nečistot by mohly vést k průběhům nebezpečných reakcí s překročením dovolených provozních parametrů.
 10. Zajistit spuštění opatření, které vyvolá nouzové odstavení a převedení do bezpečného stavu, např. systémy s nouzovým vypnutím nebo zastavením reakce. Přitom je třeba zajistit:
 - aby v případě, že vznikly na tlakových nádobách, kotlích, potrubích nebo jiných provozních tlakových zařízeních nebezpečné netěsnosti, které nelze ihned odstranit nebo které vznikly v jiné oblasti ohrožení, zajistit, aby osoby ve vymezené oblasti ihned opustily uvedená místa; nebezpečnou oblast je třeba vymežit, vyznačit a monitorovat,

- aby nebezpečné oblasti byly znova zpřístupněny jen tenkrát, byly-li tyto práce povoleny pro oprávněné osoby a práce byly provedeny s potřebným bezpečnostním opatřením,
- potřebný souhrn opatření u předvídatelných provozních poruch byl určen v předstihu alespoň jedné hodiny.

5.2. Návrh opatření na snížení rizik při zkoušce, najíždění a odstavení

Opatření při zkoušce obsahují kroky zaměstnavatele nebo provozovatele před a po prvním uvedení do provozu, ale též po změnách a opravách. Je třeba přezkoušet řádný způsob funkce tlakového zařízení. Provádí se např. seřízení a zkušební kroky, aby se zajistila požadovaná výkonnost a kvalita plánované výroby produktu. Pro splnění těchto požadavků je třeba provést opatření [8-11]:

- výchozí činností je vypracování programu zkoušek, kde se stanoví jejich sled a příslušná opatření pro dosažení požadovaného cíle; pokud by mohla vzniknout při zkoušce dodatečná nebezpečí, stanoví se další opatření, která zaručí bezpečnost [8],
- zajistit, aby pro plánovaný zkušební provoz byly části výbavy s bezpečnostní funkcí krátkodobě odpojeny nebo přemostěny, je třeba použít taková organizační opatření, která umožní dosáhnout cíl zkoušky [8],
- před najetím zkontrolovat tlaková zařízení a příp. jejich části, zda: po výrobě, údržbě nebo po další opravárenské činnosti byly odstraněny z vnitřku všechny cizí předměty a látky; části nebyly zaměněny; vypouštěcí zařízení bylo uzavřeno; rozebíratelné části byly upevněné; jsou procesní cesty otevřené; a příp. zaslepovací příruby použité pro dopravu zařízení byly odstraněné [8],
- zkontrolovat, aby během najíždění nebo odstavování všechny určující parametry, jako změny rychlosti tlaku a teploty byly dodrženy a aby armatury a jiná uzavírací zařízení byly podle daného postupu otevřené nebo uzavřené [8],
- vložit prostředky tlumení, působí-li v oblasti částí tlakových zařízení kmitání nebo vibrace, např. proti nečekanému vzniku kmitání potrubí v důsledku pulzace tlaku z kompresoru [9],
- zajistit realizace dostatečných výšek přítoků kapalin nebo dostatečně vysokých vstupních tlaků v dopravních potrubích, aby ve všech vstupních místech tlak dopravovaného média nedosáhl nebo nepřekročil tenzi par při provozní teplotě [9],
- zajistit zabezpečení přístupnosti potřebných zkoušek pro uskutečnění užití koncepce kontroly [9],
- možnost přezkoušení sepnutého stavu zařízení z cizího zdroje při použití katodické ochrany proti korozi [9].

Na základě zkušeností z praxe [22,23] při uvolňování médií mohou vzniknout ohrožení vlivem netěsnosti, otevření částí zařízení stojících pod tlakem, odvodem z bezpečnostních částí např. pojistných ventilů nebo pojistných membrán, odlehčovacích klapek, relaxačních potrubí a dále výbuchem v ohništích tlakových zařízení [10]. Proto výše uvedená pravidla neplatí, když jsou poškození závislá na čase, jako např. koroze nebo únava vedou k selhání nosné stěny.

Při nebezpečí vzniku netěsnosti, lze dle [10] provést některá z dále uvedených opatření:

- po činnostech, které by mohly uškodit těsnosti zařízení nebo jeho částí, se provádí zkouška těsnosti před nebo během najíždění a přitom se doporučuje zkontrolovat povolené šroubové spoje, použitá těsnění, přičemž sledovaná zařízení musí být bez tlaku,

- aby se zabránilo tepelným šokům při plnění beztlakových částí zařízení zkapalněnými plyny, je třeba provést před plněním tlakový ostřik plynnou fází,
- aby se zabránilo vodním rázům a tepelným šokům při najíždění parních kotlů nebo parního potrubí, je třeba ventily a otevírací zařízení pomalu otevírat; připojovací potrubí odvodnit a odvzdušnit,
- v částech zařízení s možnými nepatrnými zbytkovými tlaky před jejich otevřením je třeba vytvořit taková organizační opatření, aby byl vytvořen stav bez tlaku,
- k zabránění výbuchu ve vytápěných tlakových zařízeních je třeba ohniště a cesty kouře dostatečně provzdušnit; dodávané palivo má být bezpečně zapáleno a dodávané do ohniště, je-li zapáleno zapalovacím zařízením nebo dostatečným ohněm a dostatečnou zapalovací teplotou při každém provozním stavu; armatury pro dodávky paliva pro proces zapálení mají být časově odblokovány, tj. pro překlenutí hlídače plamene při zapalování.

5.3. Návrh opatření na snížení rizik při provozu, používání, ale i rekonstrukci či údržbě

Při provozu k dodržení dovolených provozních parametrů lze vedle již jmenovaných opatření uvedených v bodě 1 v kapitole 4 použít dle [22] ještě následná opatření:

- pokud by nemohly být dodrženy dovolené provozní parametry výlučně technickými opatřeními, mají být v provozním manuálu uvedena organizační opatření, např. když není možné zabezpečení přetlaku pomocí pojistného ventilu podle vlastnosti média (vyvolaném změnou jeho skupenství), vytvoří se ochrana užitím výstražného zařízení a manuálního zákroku [8],
- čištěním nebo odstraněním zbytků produktů nebo vedlejších produktů lze zabránit úpravou sedimentů nebo usazenin, pokud lze tím zabránit nebezpečí vzniku poškození [8],
- existuje-li nebezpečí výbuchu při styku studené kapaliny s teplou taveninou nebo chemickou reakcí při styku dvou médií při sledování těsnosti zařízení a jeho částí, je třeba použít trvalé sledování teplot nebo těsnosti zvláštním postupem [8],
- při použití pneumatické dopravy prachových nebo zrnitých látek je třeba dbát toho, aby nevznikla teplota, která by vedla ke vznícení směsi; toho lze dosáhnout, když teplota vzduchu před stykem s dopravovaným materiálem nepřekročí teplotu stanovenou provozovatelem a nepřekročí teplotu závislou na dopravované látce; při dopravě kapaliny, zrnitého nebo prachového materiálu v cisternách je třeba zajistit bezpečnostním zařízením [8],
- nedovoleným tlakovým rázům v potrubí nebo za armaturou kavitací lze zabránit dostatečnou dobou při otevírání a uzavírání armatur nebo dodržení průběhu zapojování nebo uzavírání čerpadel [8],
- neběžné rizikové stavy vznikají např. vnějšími přírodními vlivy (vítr, bouřky, sníh, zemětřesení, mimořádné teploty aj.), ale i porušením izolace, mechanickým poškozením atd. [8].
- použitá média pro promývání a zkoušky se volí tak, aby žádná z nich nezpůsobila časová poškození, jako např. korozi pod napětím u austenitických ocelí, které jsou promývané kapalinou obsahující chloridy [9],
- zahřívací procesy jsou hlídány tak, aby se zamezilo dodatečnému zatížení stěny nesoucí tlak přes určené hodnoty [9],

- součásti zařízení, které podléhají poklesu tažnosti po dobu provozu, jsou zatíženy teprve při najetí tlakem, nalézá-li se teplota materiálu v oblasti vrubové houževnatosti [9].

Všechna potřebná stanovená opatření pro provoz, údržbu a ošetřování pro záruku těsnosti jsou podle [10]:

- vadné části šroubového spoje tlakových zařízení, např. opotřebené, popraskané nebo ohnuté šrouby, vyložené nebo jinak poškozené matice, ohnuté spony nebo třmeny, poškozená těsnění se nesmí použít znovu,
- tlaková zařízení a pevná výstroj podléhají sledování těsnosti uživatelem a to platí pro části, které mají být provedena svou konstrukcí jako „trvale technické těsné“,
- části zařízení, které mají zaručovat „technickou těsnost“, sleduje údržba a rozsah a četnost kontrol je stanovena v provozních návodech nebo v plánech údržby,
- druh a způsob kontroly těsnosti tlakových zařízení jsou závislé na jejich konstrukčním uspořádání nebo těsněném médiu,
- kontrola těsnosti má být zajištěna v závislostech na vlastnostech nebezpečnosti, skupenství, úrovni tlaku a teploty těmito opatřeními:
 - kontrolou oblastí, v nichž jsou tlaková zařízení vystavena na pění, tvorbě ledu, zápachu aj. v důsledku netěsností,
 - kontrolou mobilními přístroji udávajícími nebo hledajícími netěsnost (přenosná a mobilní výstražná zařízení na plyn) u plynů bez zápachu nebo plyny zařazené jako jedovaté,
 - sledováním nebo kontrolou těsnosti např. pěnotvornými prostředky,
 - kontrolou nebo periodickou kontrolou atmosféry obklopující tlakové zařízení samočinně pracující s pevně nainstalované s varovnou funkcí
- těžištěm pro sledování netěsností jsou rozebíratelné spoje, které nejsou „trvale technicky těsné“, např.
 - dynamicky namáhaná těsnění, jako stlačované ucpávky bez samočinně nastavitelných provazců, průchodky pro hřídele,
 - tepelně zatížená těsnění s velmi proměnnými teplotami,
 - při inspekčních a údržbářských pracích se mají zohlednit speciální potřeby s ohledem na požadavky na těsnost, znaky nebezpečnosti, skupenství a na úroveň tlaku a teploty,
- u tlakových zařízení pod tlakem jsou dotahovány šrouby a šroubové uzávěry jen pro to určenými osobami v souladu se zvláštní opatřeními a tlak musí klesnout,
- šrouby uzávěrů se neřeší, pokud se to může stát pouze v ojedinělém případě po zvláštním pokynu bez ohrožení,
- aby se vyloučil tepelný šok v částech zařízení za odpařovačem pro hluboce zkapalněné a hluboce studené plyny v důsledku zaplavení, lze vyloučit ohrožení netěsnostmi na částech zařízení pomocí odpojení nebo uzavřením dopravních čerpadel nebo uzavřením armatur na výstupu z odpařovače nebo snížením příkonu,
- aby se zamezilo nekontrolovanému uvolnění média, jsou rychlouzávěry podle předpisů výrobce otevřené;

Pro zamezení ohrožení výbuchem ve vytápěných tlakových zařízeních [11]:

- zkouší se uzavírací zařízení pro přívod paliva na jeho průchodnost a vnitřní těsnost na olejových topeništích,
- uzavírací armatury paliva v provozu kontroly plamene se udržují v otevřené poloze,
- palivo a spalovací vzduch se regulují a řídí ve vzájemné závislosti,
- při nedosažení bezpečně potřebného poměru vzduch / palivo se topeniště odpojí,
- při pod stechiometrickém provozování ohniště se má zabránit **nekontrolovatelnému přívodu vzduchu**,
- může být potřebné provádět během provozu změny na přívodu vzduchu, tryskách a regulaci paliva a vzduchu (např. v důsledku změny provozních podmínek anebo změny kvality paliva); taková opatření jsou prováděna odborným personálem v souladu s tím,
 - že maximální topný výkon hořáku nebude překročen,
 - že zůstane zachována stabilita plamene,
 - že parametry spalování zůstanou v dovolených mezích;
- že budou provedeny práce během provozu jen na částech zařízení parního kotle, které jsou spojeny s tlakem ve spalovací komoře, když se zabráni ohrožení vhodným opatřením (např. uzavíracím zařízením nebo osobní ochrannou výstrojí).

5.4. Návrh opatření na snížení rizik při provozních poruchách

Nastane-li během provozu tlakového zařízení bezprostřední stav ohrožení, např. kvůli nepředvídanému průběhu reakce, nebo nebezpečnému působení zvětšuju, je třeba provést potřebná protipatření [8].

Jestliže vznikly na parních kotlích, potrubích, armaturách nebo jiných provozních zařízeních ohrožující netěsnosti, které nemohou být hned odstraněny, nebo vznikly jiné oblasti nebezpečí vyvolané poruchami, pak je třeba nařídit, aby osoby opustily neodkladně nebezpečnou oblast. Oblast nebezpečí je třeba vymežit, vyznačit a monitorovat.

Nebezpečné oblasti smějí být přístupny jen tehdy, když jsou povoleny pro to oprávněnou osobou a práce v nebezpečné oblasti jsou provedeny s nutným bezpečnostním opatřením.

Potřebný souhrn opatření u předvídatelných provozních poruch je třeba stanovit v předstihu. 1h

Provozní parametry existující během provozu tlakového zařízení jsou hlavními ovlivňujícími veličinami pro průběh časově závislých poškození. Pro sledování a stanovení stavu poškození je proto potřebné sledovat pro dobu provozu.

U cyklicky zatížených součástí zařízení je třeba sledovat změny zatěžování (počet, amplitudy), aby bylo možné vytvořit srovnání mezi projekčními a nahromaděnými provozními údaji.

Dále se sleduje dodržování specifikací pro suroviny, nasazené mezi vstupní a výstupní produkty. Nebo provozní látky, topná a chladící média, aby se zaručilo, že se dodržují rámcové podmínky pro korozi. K tomu obvykle slouží výsledky z analýz z odebraných vzorků nebo online analytika [9].

Při změně provozních parametrů, např. při změně zařízení nebo při optimalizaci procesu je třeba přezkoušet, zda se tím neovlivní časově závislé mechanismy poškození nebo se přidají nové mechanismy, jako např.:

- při změnách surovin, vsázek, pomocných látek nebo teplot nenastane změna korozních podmínek,
- zvýšením změn zatížení cykly nebo amplitudami nenastane změna podmínek pro únavu,
- v důsledku tlaku nebo teploty nenastanou změny časového chování,
- zvýšením provozních teplot, náhradou armatur za ty s vyšší tlakovou ztrátou, poklesem tlakové úrovně nebo změnou provozního média se zvýšenou tenzí par v důsledku vzniku kavitace,
- zvýšenou rychlostí proudění vznik eroze [9].

Účinek prostředků pro zamezení poškození [9] se zajišťuje pravidelnými prostředky údržbářských prací, např.

- kontrolou vyzdívek pro ochranu tlakové nosné stěny proti chemickému nebo teplotnímu vlivu, podobně se pravidelně přezkušují vnitřní a vnější povlaky, poškozená místa se opraví při stavu prostoje zařízení pro provedení nutných proti opatření mohou být použita i napojení monitorovacích systémů,
- usazeniny se odstraňují pravidelnými prostředky čištění,
- katodická nebo anodická místa pro korozní ochranu se pravidelně zkouší a upravují se podle specifikace.

K zajištění bezpečnosti pro zaměstnance a třetí osoby je účelné sledovat pokrok v příčinách poškození a možnostech jejich odstraňování, aby lhůty kontrol byly pro to přizpůsobeny a aby prostředky pro opravy byly připraveny i pro případné výměny poškozených částí [9].

Vyskytnou-li se během provozu tlakového zařízení poškození nosných stěn vlivem nspecifikovaných médií, nepředvídaných průběhů reakce nebo nečekaných nestacionárních stavů provozu, pak je třeba provést protiopatření obsahujících:

- vysvětlení, v jakém rozsahu se projeví poruchy nosné stěny,
- příp. provést opravu poškozených částí zařízení,
- nebo provést korekturu zkušebních intervalů na základě očekávaných postupů při zvětšování poškození [9].

Nelze-li bezprostředně odstranit ohrožení provozní poruchou na tlakovém zařízení, musí být tlak co nejrychleji a bezpečně uvolněn a pak zařízení vyprázdněno. Všechny důvody zvýšeného tlaku se zastaví, např. odpojením topení, ukončení reakcí zvyšujících tlak [10].

Při uvolňování látky vyvolané poruchou netěsnostmi je třeba zasáhnout opatřením závislým na potenciálu ohrožení, aby se zamezilo následkům příp. jejich rozšíření. Opatřením pro omezení rozšíření velmi jedovatých nebo jedovatých tlakových plynů při jejich výronu mohou sloužit:

- vodní mlha k potlačení plynového oblaku tlakových plynů rozpustného ve vodě, např. čpavek nebo etylénoxid,
- vodní mlha k potlačení plynového oblaku tlakových plynů nerozpustného nebo málo rozpustného ve vodě,
- k omezení plošného rozšíření profukováním vystupujícího tlakového plynu vodní parou (parní uzávěr).

Prostředky pro tyto úpravy jako rozprašovací trubka nebo rozstřikovací stěna mohou být vestavěny jako mobilní nebo stacionární.

Části zařízení, které byly odpojeny v důsledku významné poruchy, jsou po jejich odstranění zapojeny jen na příkaz provozně zodpovědné osoby a teprve pak znovu zapojeny, když příčina pro odpojení byla odstraněna a příslušné části zařízení před znovu zapojením v místě byly přezkoušeny.

5.5. Návrh opatření na snížení rizik při změně či přestavbě

Změny druhu stavby části zařízení nebo změny způsobu provozu mohou vést k novým nebo změněným ohrožením s ohledem na uvolňování médií (na netěsnosti). Opatření mohou být cíleně provedena tak, aby zabránila dalšímu ohrožení netěsnostmi [10]:

- při použití těsnicích prvků s jinou vlastností je třeba dbát toho, aby pro účel použití byly vhodné jak z mechanického, tak teplotního hlediska a nepůsobil na ně vliv provozního média,
- při případné kontrole těsnosti se zkouší, zda se neměnily požadavky na kvalitu utěsnění,
- přezkoušení, zda jsou zapotřebí ještě další konstrukční změny,
- při změně způsobu provozu se vyzkouší, zda odvod z pojistného zařízení proti překročení tlaku je ještě bezpečné,
- při změnách na uzávěrech, které by mohly být za tlaku otevřené, se přezkouší, zda touto změnou mohou vzniknout další ohrožení. U rychlouzávěrů se zkontroluje, zda otevření může být provedeno, až když je vytvoření tlakového vyrovnání s atmosférou.

6. Zdroje rizik, které snižují provozní bezpečnost a návrh opatření na snížení rizik

Z hlediska výroby je provozní bezpečnost zásadní, protože při malé dochází k častým zastavením výroby, a tím také k velkým ztrátám.

6.1. Zdroje rizik, které snižují provozní bezpečnost

Provozní bezpečnost, kterou mohou ovlivňovat časově závislá poškození [9]. Pro průběh časově závislých poškození hlavními ovlivňujícími parametry jsou provozní parametry, které existují v tlakovém zařízení během provozu. Pro sledování a posouzení stavu poškození může být proto žádoucí sledovat existující provozní parametry a jejich změny během doby provozu.

U cyklicky zatížených součástí zařízení by měly být sledovány změny zatěžování (počet, amplitudy), aby bylo možné vytvořit srovnání mezi projektovanými údaji a skutečně nahromaděnými provozovanými údaji.

Dle [10, 22] časově závislá poškození bývají vyvolána:

- vnitřní korozi působenou teplotou a mechanickým zatížením účinné látky (média),
- vnější korozi vyvolanou atmosférickou vlhkostí, kondenzátem, dlouhodobou nebo trvalou vlhkostí izolace při ohřevu nebo chlazení,
- možnými mechanismy koroze:
 - bodovou, lokální korozi u nelegovaných nebo nízko legovaných ocelí,
 - erozí,

- stykovou (dvou různých materiálů – anodové články), selektivní korozi,
- korozi ve spáře,
- inter- / mezi-krystalickou korozi,
- důlkovou korozi,
- napět'ovou trhlinovou korozi,
- vysokoteplotní korozi (vedoucí k nauhličení, nitridaci, teplým taveninám),
- erozí, a to:
 - vnitřní při erozivních vlastnostech média / vysokých rychlostech proudění,
 - vnější vyvolanou např. vyšším podílem popelovin v kouřových plynech,
- kavitací vyvolanou např. tvorbou parních bublinek a jejich rozpadem za armaturami nebo ve skříních čerpadel,
- časovým poškozováním v oblasti vysokých teplot vznikem pórů, řetězcem pórů nebo drážek u vysokotlakých kotlů nebo potrubí s ostrou parou při častém proměnném zatížením teplotou nebo tlakem,
- únavovým poškozením při kmitání v důsledku časté změny tlakového nebo teplotního zatížení nebo působením vnějšího cyklického zatížení,
- křehnutím kovových materiálů při vyšším obsahu vodíku za vyšších zatížení, vylučováním zkřehlých fází, při hlubokých teplotách,
- stárnutím umělých hmot (i pryží) při UV-záření, při superpozici různých mechanismů poškození vzniklých podle předchozích uvedených bodů.

Další vážnou příčinou narušení jsou úniky médií (netěsnosti) u technicky těsného nebo trvale technického rozebíratelného spoje [10]. Lze je rozdělit do dvou skupin.

1. Netěsnosti na uzávěrech a rozebíratelných spojkách se statickými těsnicími prvky, které vznikají:
 - na poškozených těsněních nebo těsnicích plochách, zejména u pohyblivých rozvodů (hadice a potrubí s klouby), když tím není zaručen bezpečný spoj a tím technická těsnost,
 - při použití nevhodného těsnění vůči médiu nebo vnějším účinkům (např. možným napadením korozi na šroubech vlivem okolí),
 - v důsledku stárnutí nebo časově závislých změn těsnění, např. křehnutím, sedáním (plastickou deformací) aj.,
 - nedovoleným zatížením těsnění, např. neúnosným materiálem nebo odchylkami vyvolanými určujícím způsobem provozu,
 - chybami montáže, např. když nebyly správně použity konstrukční prvky\ uzávěrů (např. chybným utahovacím momentem) nebo použitím nedovoleného napětí, která vedou k deformacím,
 - teplotní rázy, např. při plnění beztlakových nádrží zkapalněnými plyny nebo při vstupu studených tekutin do částí zařízení, u nichž nejsou těsnění, příp. části zařízení navrženy pro vzniklé hluboké teploty.
2. Netěsnosti, které vznikají při otevření částí zařízení při:

- malém přetlaku na otevíracích součástech,
- dodatečných likvidacích ucpání spoje u již otevřených tlakových zařízení,
- příliš velkém odběru vzorků z odebíraných míst,
- nesprávné obsluze armatur, které nejsou napojené na uzavřený systém,
- zadržovaném výstupu.

6.2. Návrh opatření na snížení rizik, které narušují provozní bezpečnost

U každého zařízení jsou důležité zadávací podmínky pro materiál těsnění [22,23]. Dle [22] dále uvedená opatření mohou pomoci řešit výše uvedené vlivy na zeslabování stěn tlakových zařízení:

1. Opatření na snížení koroze a jiných chemických vlivů:

- dostatečná specifikace použitých látek a jejich parametrů pro výrobu zařízení slouží pro volbu materiálu výrobcem; rovněž může pomoci sdělení o známých účincích látek v podobných režimech,
- správná volba materiálů; podkladem mohou být uznané tabulky odolnosti materiálů příp. přiřazená média z příslušných provozních zkušeností, nebo z laboratorních zkoušek,
- zadání specifických přísadků tloušťky stěny na korozi po zohlednění rovnoměrných korozních úbytků po dobu předpokládaného provozu,
- specifikace vhodného povlaku nebo obkladu stěny, jako např. smalt, obklad z umělé hmoty, pogumování, žárové nanášení kovů,
- zadání provozně osvědčených konstrukčních detailů ve specifikaci jako např. provedení svarového švu u kovových materiálů, připojení a přechody u vyložení umělou hmotou nebo pogumování,
- specifikace vhodných korozních ochran pro části zařízení, která jsou zatížena vnější korozi, jako např. nátěry nebo anodová nebo katodová ochrana kovového materiál;

2. Opatření na snížení vlivu eroze:

- jde o volbu materiálu odolného proti erozi nebo užití vhodných opatření při výrobě tlakového zařízení na základě specifikace uvažovaných médií a provozních parametrů,
- po volbě vhodného materiálu, je třeba také volit vhodná konstrukční opatření, jako např. poloměry zakřivení, vestavby pro obtok, specifikace průřezů proudění,
- specifikace přísadků tlouštěk stěn nebo obkladů v místech, kde by mohla působit eroze,
- zabránění erozi opatřeními, jako stanovením max. přípustné rychlosti u plynů s podíly pevných látek, nebo zamezením vniknutí abrazivních látek.

3. Opatření na snížení kavitace spočívá v:

- volbě čerpadel, potrubí a armatur tak, aby s ohledem na podmínky montáže a provozu v kritických místech (speciálně hodnota přítokových a sacích výšek, vstupního tlaku, hydrostatických rozdílů výšek, tlakových ztrát, tlaku par médií při maximálních provozních teplotách, uvolněných plynů aj.) nedosáhl tlak na všech místech dopravované látky tenze páry,

- specifikace max. dovolené výšky přídržného tlaku čerpadel při jejich výměně nebo získání nového čerpadla, aby se zabránilo kavitaci za všech provozních podmínek,
 - specifikace max. dovolených tlakových ztrát při náhradě nebo použití nové armatury, když existuje nebezpečí, že na určitých místech potrubí tlak dopravované látky dosáhne nebo by mohl dosáhnout tenze páry,
 - ve specifických případech (např. u zkapalněných plynů zamezit tvorbu páry) navrhnout zařízení, které dodrží minimální provozní tlaky.
4. Opatření na snížení zatížení na mezi pevnosti spočívá v:
- správné volbě materiálu a konstrukce; pro pevnostní výpočet je potřebná dodatečná specifikace předvídaných provozních parametrů, z nichž lze vyčíst časové vlivy teplot, tlaku, procesu najíždění a sjíždění, nebo dodatečných zatížení u výrobce zařízení,
 - specifikaci opatření, která slouží k prosazení konceptu kontroly pro hodnocení meze pevnosti při tečení u opakovaných zkoušek, jako např.:
 - v dokumentaci zkoušky výchozího stavu po výrobě sledovat údaje, jako výchozí tloušťka stěn, nekruhovitost, struktury povrchu aj.,
 - specifikace měřicích míst nebo možnost měření pro registraci rozhodujících procesních parametrů při vyhodnocení časových zatížení; cílem je určení měřicích míst s určením úkolů měření a může být potřebné podchycení teplot na vnitřní a vnější straně tlakem zatížené stěny.
5. Opatření na snížení únavy materiálu jsou:
- při konstrukci a výpočtu konstrukce zvažovat specifikaci určených provozních parametrů, z nichž plynou vlivy únavy, jako cyklická tlaková zatížení nebo vnější zatížení, teplotní zatížení,
 - specifikace opatření sloužících konceptu kontroly pro vyhodnocení únavy při opakovaných zkouškách, jako např.:
 - vhodné úpravy podmínek pro zkoušky, jako zabroušení povrchu svaru pro provedení ultrazvukových zkoušek na trhliny nebo na trhliny na povrchu,
 - stanovit dokumentaci výchozího stavu po výrobě jako referenční hodnotu u opakovaných zkoušek, jako např. nekruhovitosti, zastřešení, ultrazvukové zkoušky svarových švů.
6. Opatření na snížení křehnutí materiálu:
- dostatečná specifikace použitých médií s provozními parametry, které mohou vést ke zkřehnutí, jako např. užití při hlubokých teplotách, vodíku, jako podklad pro volbu materiálu a návrh výrobce,
 - specifikace provoz doprovázejících materiálových zkoušek, které jsou vyrobeny ze stejných šarží jako plechy stěn tlakem zatížených (užití šarží se sklonem ke zkřehnutí).

7. Závěr

Dlouholeté zkušenosti s přechodem azbestových na bezazbestová těsnění ve spolupráci s několika výrobními podniky v ČR, Německu a Rakousku, ústavy a technickými odděleními výrobců těsnění vyústily ve třech dílech technických doporučení TD 1, TD 2 a TD 3 [5-7] a na

ně budou navazovat česká technická pravidla. Přírubové spoje vytvářejí řadu omezení provozu. Jedná se o možná ohrožení způsobená odchylkami od dovolených provozních parametrů, provozní bezpečnost, kterou ovlivňují závislá poškození, účinky těsněných látek při technicky těsném spoji, nebo zavedení ochranné atmosféry buď s dusíkem, nebo oxidem uhličitým. V dalším postupu by měly být zahrnuty vlivy, vznikající při volbě těsnění, šroubů a matic, typu a tvarů přírub. Nové problémy s konstrukcemi šroubových spojů jsou velmi rozsáhle popsány a řešeny v podkladech VDI 2230 [23]. Potřebná opatření pro snížení nebo odstranění rizik pro analýzy, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly jsou řešeny v nejnovější literatuře [21].

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [2] THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. *VDI 2200 / 2007-06: Tight Flange Connections – Selection, Calculation, Design and Assembly of Bolted Flange Connections – Beuth Publishing*.
- [3] THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. *VDI 2990/2010-08: Emissionsminderung / Kennwerte für dichte Flanschverbindungen – Beuth publishing*.
- [4] ČAS. ČSN EN 1591-4. Příruby a přírubové spoje - Část 4: Kvalifikace odborné způsobilosti personálu k montáži šroubových spojů v tlakových zařízeních v kritických aplikacích.
- [5] LUKAVSKÝ J. TD 1: Montáž přírubových spojů tlakových zařízení. *Sborník ATZ 2012*. ISBN 978-80-87140-24-6. Líbeznice: MEDIM 2012.
- [6] LUKAVSKÝ, J. A KOL. TD2: Těsnění, příruby a šrouby pro přírubové spoje tlakových zařízení. *Sborník ATZ 2013*. ISBN 978-80-87140-30-7. Líbeznice: MEDIM 2013
- [7] LUKAVSKÝ, J. A KOL. TD3: Výpočet přírubových spojů tlakových zařízení. *Sborník ATZ 2014*. ISBN 978-80-87140-31-4. Líbeznice: MEDIM 2014.
- [8] THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. *TRBS 2141 Teil 1: Versagen der drucktragenden Wandung durch Abweichen von zulässigen Betriebsparameterern, BAuA 2008/3*
- [9] THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. *TRBS 2141 Teil 2: Gefährdung durch Dampf und Druck – Schädigung der drucktragenden Wandung, BauA 2009/8*
- [10] THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. *TRBS 2141 Teil 3: Gefährdungen durch Dampf und Druck bei Freisetzung von Medien, BauA 2009/9*
- [11] THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. *TRBS 2152 Teil 2 / TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, BAuA 2012/3*
- [12] THOMSON, P. *ASME PCC-1-2010*. ISBN-3-934736-27-0; PP-PUBLICO Publications 2014
- [13] THOMSON, P. *10 Schritte zur optimalen, auf Dauer technisch Dichten Dichtverbindung*. ISBN 3-934736-27-0. PP-PUBLICO Publicatios 2014
- [14] EUROPEAN IPPC BUREAU. www.eippcf.jrc.ec.europa.eu

- [15] MŽP ČR. *Vyhláška 256/2006 Sb., o podrobnostech systému prevence závažných havárií.*
- [16] BABINEC, F. *Management rizik.* Učební text pro Slezskou Universitu v Opavě 2005
- [17] ČR. *Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi*
- [18] INERIS. <https://www.ineris.fr>
- [19] THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. *VDI 2440 / 2000-11: Emission Control: Mineral Oil Refineries, BAuA*
- [20] BRD. *TA Luft 2017-08: Die wichtigsten geplanten emissionsseitigen Änderungen für Betreiber und Behörden.* Dessau: Umwelt Bundesamt 2017.
- [21] PROCHÁZKOVÁ D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly.* ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [22] LUKAVSKÝ, J., TOMÁŠ, J. *Analýza rizik pro utěšňování tlakových zařízení.* In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly.* ISBN: 978-80-01-06351-4. Praha:, ČVUT 2017.
- [23] THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. *VDI 2230 – 1977-10: Systematic Calculation of High Duty Bolted Joints / VDI 2230 Blatt 2: Systematic Calculation of Highly Stressed Bolted Joints – Multi Bolted Joints – 2014-12 – VDI 2230 Blatt 1-2015-11: Systematic Calculation of Highly Stressed Bolted Joints – Joints with One Cylindrical Bolt*

Poděkování: Autor děkuje za podporu EU a MŠMT, grant na projekt RIRIZIBE, CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002649.

STANDARDY A NORMY PRO PRÁCI S RIZIKY TECHNICKÝCH DĚL A JEJICH VALIDITA

STANDARDS AND NORMS FOR WORK WITH TECHNICAL FACILITIES RISKS AND THEIR VALIDITY

Dana Procházková^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: Kvalita života lidí závisí na úrovni technických děl, která pro ně zajišťují životodárné výrobky a služby. Technická díla jsou však zároveň zdrojem rizik pro lidskou společnost. Jejich bezpečnost závisí na úrovni řízení rizik. Řízení rizik technických děl upravuje řada norem. Článek pojednává o standardech a normách pro práci s riziky u technických děl a ukazuje výsledky posouzení jejich validity.

Klíčová slova: technické dílo; riziko; bezpečnost; vztah mezi rizikem a bezpečností; koexistence; norma ČSN ISO 31000; validita.

Abstract: Human life quality depends on the level of technical facilities that provide for humans life-giving products and services. Technical facilities are also a source of risks for human society. Their safety depends on the level of risk management. Risk management of technical works is codified by the number of standards. The article deals with the norms and standards for work with the risks of the technical facilities and it shows the results of an assessment of their validity.

Key words: technical facility; risk; safety; the relationship between risk and safety; coexistence; ČSN ISO 31000; validity.

1. Úvod

Technické dílo je dílo vytvořené lidskou činností, které zajišťuje výrobky nebo služby důležité pro život lidí. Architektura technických děl je objektová nebo síťová. Každý typ technického díla má svá specifika; např. významný rozdíl existuje mezi ovládním stabilních a pohybujících se technických děl. Mezi velká technická díla patří: elektrárny, průmyslové objekty, přehrady, letiště, nádraží, sklady, nemocnice, velká obchodní centra, velká kulturní či sportovní centra atd. Náleží do správy různých sektorů a jejich cílem je zajistit kvalitní život lidí. Zahrnují fyzické, kybernetické, organizační a sociální systémy, tj. jednotlivá zařízení, stroje, komponenty, systémy či celé výrobní či obslužné celky.

^{*)} doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

Lidé potřebují technická díla, protože jim zajišťují výrobky a služby, tj. zlepšují kvalitu jejich života, a proto patří do veřejných aktiv [1]. Znalosti i zkušenosti ukazují, že technická díla jsou v jistém prostředí, které v každém případě reaguje na technické dílo. Rovněž je skutečností, že kvalita služeb poskytovaných daným technickým dílem během jeho životnosti a charakter reakcí prostředí na technické dílo závisí významně na vybrané specifikaci technického díla; např. výrobu elektřiny lze zajistit pomocí několika typů zdrojů, dodávky pitné vody lze zajistit několika typy sítí atd., a na způsobu jeho provozu Znalosti i zkušenosti ukazují, že u každého technického díla lze najít přínosy i dopady na veřejná aktiva, jejichž vzájemný poměr se během životnosti technického díla mění [2], a proto je nutné sledovat koexistenci technického díla a předmětného území.

Reakce území na technické dílo nemusí být pochopitelně pro lidi vždy příznivé; některé reakce jsou dočasné, jiné přetrvávají po celou dobu existence a některé z nich si dokonce vyžadují obnovu území po ukončení provozu technického díla. Proto lidstvo musí řídit koexistenci technického díla s okolím po celou dobu jeho životnosti. Z pohledu rozvoje lidí je třeba, aby reakce prostředí na technické dílo po celou dobu životnosti technického díla byly přiměřené, tj. aby při předmětných reakcích nevznikly zdroje rizik, které by významně narušily podmínky nutné pro život lidí, a lidská společnost by neměla schopnost vzniklá rizika vypořádat.

2. Riziko

Riziko je fenoménem současné doby, a v mnoha oblastech není ještě jasně pojaté; příklady jsou v práci [3]. Z důvodu strategického rozvoje ve vyspělých zemích je v oblasti techniky jasně vymezené, i když v praxi při jeho určení jsou ještě používány mnohdy postupy, které nejsou v souladu se současným poznáním [4]. **Riziko** je veličina, která je mírou ztrát, škod a újm [1-4]. Jeho velikost závisí na konkrétní pohromě, která je zdrojem rizika a na zranitelnosti místních sledovaných aktiv. Ve strategickém řízení jsou definovány veličiny: ohrožení (anglicky hazard) jako pravděpodobná velikost pohromy, která se v daném místě vyskytne jedenkrát za definovaný časový interval (tzv. projektová nebo návrhová pohroma) [2-4]; a riziko jako pravděpodobná velikost ztrát, škod a újm na sledovaných aktivech při projektové pohromě rozpočtená na jednotku času (nejčastěji 1 rok) a jednotku území [2-4].

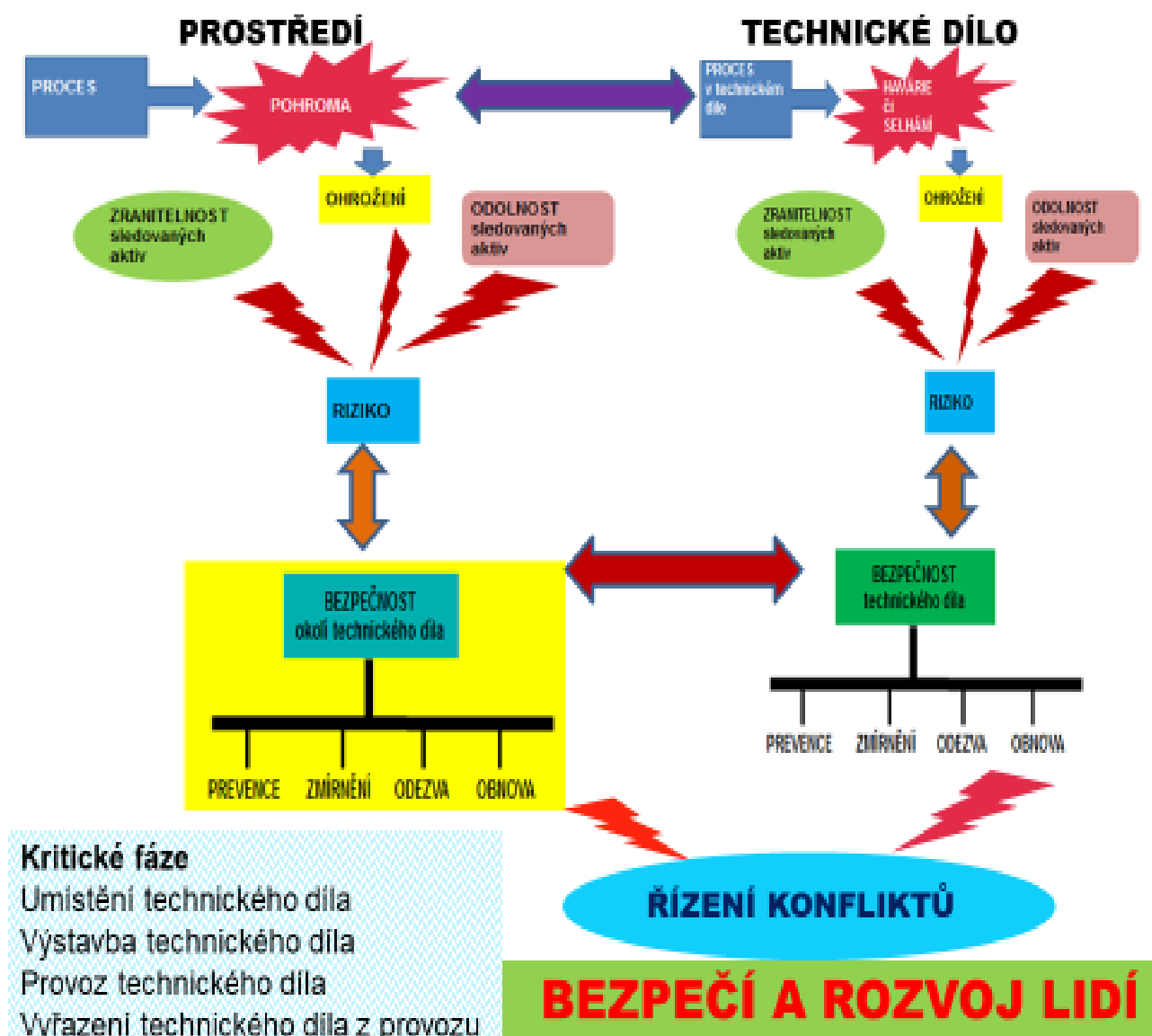
3. Řízení rizik zacílené na bezpečnost

Cílem komunit je hospodářský rozvoj a bezpečí společenství, a pro předmětný cíl jsou důležité jak bezpečné prostředí, tak bezpečná technická díla. **Bezpečnost** je chápána jako vlastnost na úrovni systému, kterou formuje člověk svými opatřeními a činnostmi [1-5]; bezpečný je takový systém, který ani při svých kritických podmínkách neohrožuje ani sebe, ani své okolí. Bezpečnost prostředí ve výše popsaném kontextu je speciálně sledována v práci [1]. Bezpečnost technického díla je sledována v pracích [2,4,5]. Platí, že veličiny riziko a bezpečnost nejsou doplňkové veličiny, protože bezpečnost prostředí i každého technického díla lze zvýšit pomocí organizačních opatření, zavedení varovacích systémů a záložních řešení, aniž bychom snížili velikost rizika; doplňkovým pojmem k bezpečnosti je kritičnost jako mezní stav akceptovatelného řešení [3,4].

Je pravdou, že bez standardů a legislativy bychom byli odsouzeni k opakování chyb z minula, ale bez vložení bezpečnosti do jejich vylepšení a schopnosti udržitelně odpovědět na neočekávané události nebudeme připraveni na budoucnost.

Současné poznání ukazuje, že svět, ve kterém žijí lidé, tj. lidský systém musí být ve stavu, že vzájemně propojené systémy, kterými jsou životní prostředí, sociální systém a systém technologický, existují ve vzájemném souladu, tj. je zajištěna jejich koexistence. *Koexistence* obecně znamená společnou existenci. O potřebě a důležitosti koexistence se dnes uvažuje v mnoha technických oborech; příklady jsou v práci [4]. Příklady ukazují, že technická díla nemohou být ani navrhována, ani provozována jako uzavřené systémy, ale vždy musí být zvažováno jejich okolí.

Obrázek 1 [4] ukazuje základní představu o chápání problému, které směřuje k cíli lidí, kterým je jejich bezpečí a rozvoj. Na obrázku jsou uvedeny základní faktory spojené s bezpečím a rozvojem lidí v systému, do kterého patří technická díla, která zajišťují kvalitu života a bezpečí lidí.



Obr. 1. Procesy a faktory spojené s koexistencí technického díla a jeho okolí a jejich souvislosti (kritické fáze: výběr typu a umístění technického díla; projektování, výstavba a konstrukce technického díla; provoz technického díla; odstavení z provozu a uvolnění území pro jeho další využívání).

Aby lidstvo mohlo rizika řídit a zvládat, tak současné poznání ukazuje, že pro řešení problémů spojených s řízením procesů, které jsou zdrojem rizik pro technická díla tak, aby technická díla byla bezpečná, je nutné určité chápání problematiky rizik i určitý způsob řízení procesů v lidské společnosti, který je upraven legislativou. V Evropě je k danému cíli používáno řízení procesů a typ řízení TQM (Total Quality Management) [6]. Předmětný typ řízení je základem norem ISO, které v České republice jsou závazné jen za přesně stanovených podmínek. Navíc česká legislativa dosud přesně nerespektuje všechny principy TQM [1-5]; např. jeden ze základních předpokladů řízení TQM, kterým je stanovení odpovědnosti za rozhodnutí.

Na základě pravidel pro projektové řízení v České republice [7] rizika sledovaná ve spojení s technickými díly musí být vztažena k cíli, kterým je bezpečné technické dílo i jeho bezpečné okolí. To znamená, že v celém procesu řízení technického díla musí být v zájmu bezpečnosti sledována kvalita provedení díla, jeho výrobků či služeb, náklady a čas na zhotovení a provoz technického díla. Dle práce [4] je nutné při práci s riziky ve prospěch bezpečnosti technického díla a okolního území od všech zúčastněných porozumění problému, jasná pravidla, dovednost, motivaci, a určené odpovědnosti.

Jelikož bezpečnost je nadřazena spolehlivosti [2], tak *bezpečný systém reprezentující technické dílo je systém, který je spolehlivý a funkční a ani při svých kritických podmínkách nezničí sebe a své okolí.*

Z důvodu vývoje okolí technického díla i samotné technické dílo je třeba v čase řídit tak, aby technické dílo bylo stále bezpečným systémem. Dle [2,5] jde o řízení rizik spojených s technickým dílem ve prospěch jeho bezpečnosti, což jinými slovy v souladu s prací [4] znamená:

- prevenci konfliktů,
- řízení konfliktů,
- řešení konfliktů,
- obnovu po konfliktech.

4. Řízení rizik v praxi

Práce [4] shrnuje základní poznatky o rizicích ve spojení s technickými díly a o vztahu mezi rizikem a bezpečností. Ukazuje, že v případě realizace rizik spojených s technickými díly dochází ke ztrátám, škodám a újmám na aktivech technických děl, a často i na aktivech veřejných. Jelikož každé technické dílo plní jisté úkoly potřebné pro rozvoj lidské společnosti, tak je nejprve třeba vyjasnit:

1. Úkoly, které má technické dílo zajistit.
2. Dostupné zdroje, síly a prostředky na realizaci technického díla a jeho provoz.
3. Schopnost navrhovatele zajistit realizaci a bezpečný provoz technického díla po celou dobu životnosti (vhodný investor, vhodný provozovatel, dohled, přijatelnost dopadů doprovodných rizik pro lidi apod.).

Z kritického vyhodnocení zdrojů rizik uvedených v práci [4] vyplývá, že u technického díla a jeho okolí je třeba posuzovat zdroje rizik, které mohou významně ovlivnit bezpečí lidí a

životního prostředí, anebo narušit bezpečnost samotného technického díla. V druhém případě jde proto o posouzení:

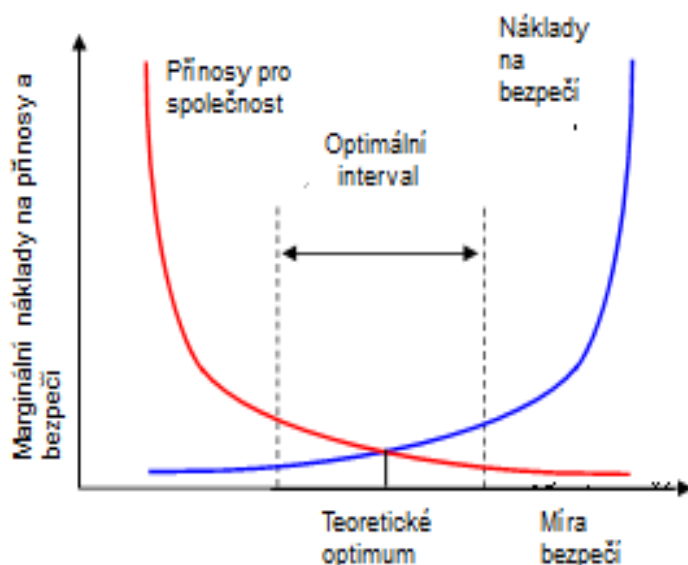
- bezpečnosti technologie, tj. její spolehlivosti a funkčnosti po celou dobu životnosti; je třeba zvažovat její udržitelnost, opravitelnost a nároky na obsluhu,
- dostupnosti a konkurenceschopnosti technologie,
- splnitelnosti nároků dané technologie na znalosti, materiál, finance, instalaci a provoz technologie, a to i při změnách legislativy nebo trhu,
- schopnosti zabezpečit bezpečný provoz technického díla po celou dobu životnosti.

Práce [1,3,4] ukazují, že zdrojů rizik je velmi mnoho. Protože nikdy nikde není dostatek zdrojů, sil a prostředků, tak se v inženýrské praxi orientujeme jen na kritické atributy, tj. jen na nepřijatelná a podmíněně přijatelná rizika. Proto typ řízení TQM (Total Quality Management) [6], používaný v Evropě a v ISO normách, rozděluje zdroje rizik do tří skupin:

1. *Seznam vyhodnocených rizik* (risk assessment document) - zde se zaznamenávají veškeré informace o příslušném riziku.
2. *Seznam rizik vyžadujících nejvyšší pozornost* (top risks list) - obsahuje seznam vybraných rizik, jejichž řešení má nejvyšší nároky na zdroje a čas.
3. *Seznam neaktuálních / vyřešených rizik* (retired risk list) - slouží jako historický odkaz pro budoucí rozhodování.

Rizika, která patří do druhé skupiny, se označují jako prioritní a je třeba je monitorovat. Podle chápání monitoringu v technických a ekonomických disciplínách [1,3,4] to také znamená, že jsou předem připravena a po všech stránkách připravena k realizaci nápravná opatření pro případ realizace zmíněných rizik. Je zřejmé, že toto je možné pouze tehdy, když řádně pracujeme s riziky [3,4].

Technika samotného řízení rizik z důvodu hospodárného nakládání se silami, zdroji a prostředky před každou fází práce s riziky formálně přezkoumává řízení a vypořádání rizik v kontextu přínosů a nákladů na výstupy; pro stanovení ekonomického optima v nákladech na vypořádání rizik se používá Coaseho teorém [8], obrázek 2.



Obr. 2. Bezpečí chápané jako optimální interval přijatelných přírůstků nákladů pro technické dílo; zpracováno dle [8].

Z bezpečí chápaného autorem obrázku 2 je zřejmé, že pro lidskou společnost i pro správce technického díla je přínosem práce s riziky jen tehdy, když zisky ze snížení rizika (zajišťující vyšší míru bezpečí) jsou větší než náklady na snížení rizika.

5. Norma ČSN ISO 31000

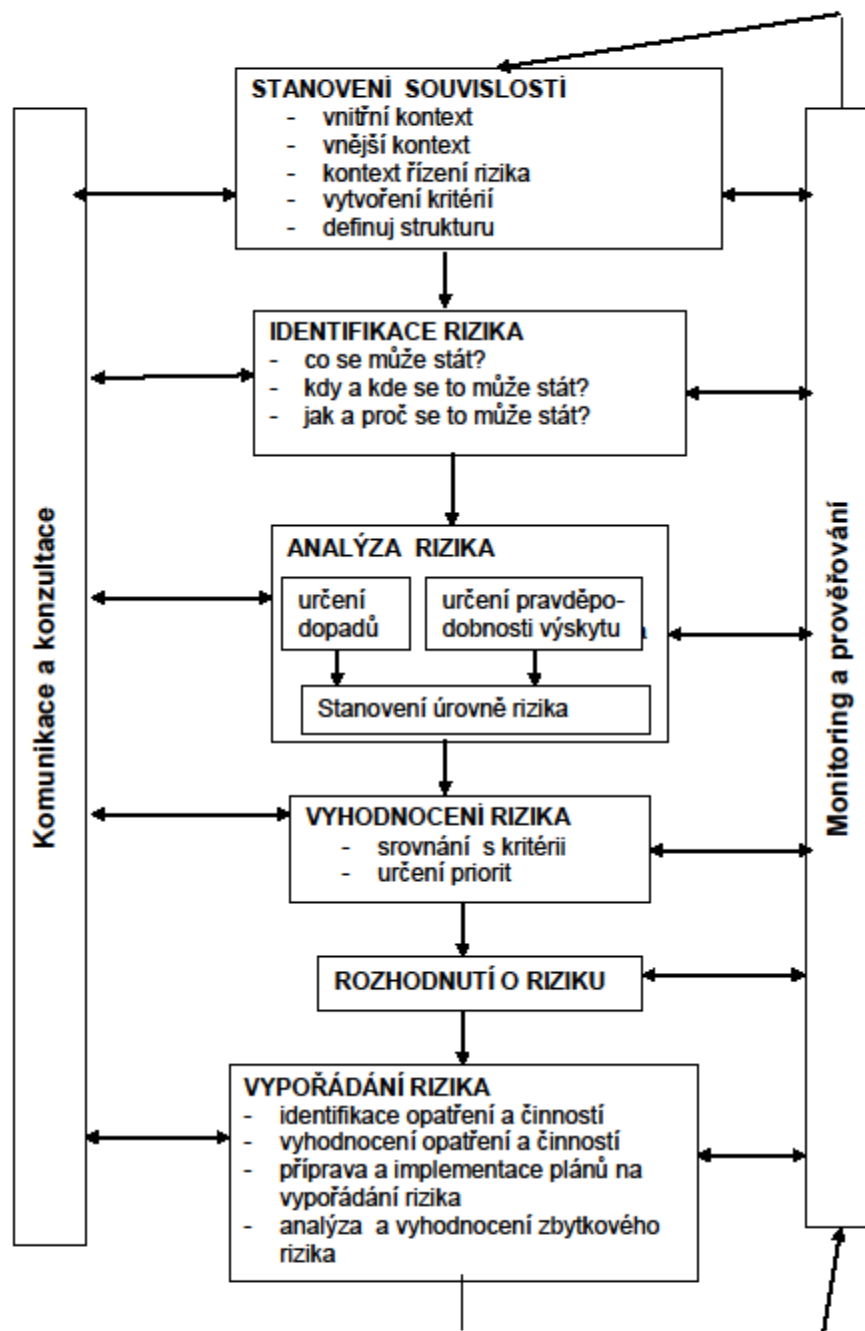
Základní systém pro řízení rizika stanovuje norma ČSN ISO 31000 [9]. Předmětná norma je mezinárodní a stanovuje řadu principů, které je třeba naplnit, aby bylo řízení rizik efektivní. Doporučuje, aby organizace rozvíjely, implementovaly a kontinuálně zlepšovaly rámec, jehož účelem je integrovat proces pro řízení rizik do svého celkového vedení, strategie a plánování, managementu, procesů podávání hlášení, politik, hodnot a kultury. Norma se opírá o projektové a procesní řízení v entitě. Její model je na obrázku 3.

Podle citované normy kvalifikované řízení rizik:

- vytváří hodnoty, protože přispívá k prokazatelnému dosahování cílů jako zlepšení zdraví, bezpečí, kvality životního prostředí, účinnosti procesů a činností atd.,
- je nedílnou součástí procesů, které probíhají v systému, protože za ní odpovídá řídicí struktura systému a je nedílnou součástí všech procesů, z nich složených projektů v objektu i řízení změn,
- je součástí rozhodovacích procesů v systému, čímž pomáhá rozhodovat podle důležitosti a rozpoznávat alternativní způsoby řešení problémů,
- je realistické, protože se explicitně zabývá nejistotou i neurčitostí jak v podmínkách, v nichž se systém nachází, tak v procesech, které v objektu i vně probíhají,
- je systematické, uspořádané a včasné, čímž zajišťuje účinnost opatření a činností,
- je založeno na nejlepších dostupných informacích, což zajišťuje aktuální řešení založené na znalostech,
- je přizpůsobené systému, tj. je místně specifické, což zaručuje jak hospodárnost, tak účinnost,
- bere v úvahu lidské a kulturní faktory v systému, což ovlivňuje jeho přijatelnost u zúčastněných,
- je transparentní a komplexní, což zvyšuje jeho spolehlivost,
- je dynamické, opakovatelné a reaguje na změny v systému, což zaručuje jeho aktuálnost a napomáhá neustálému zlepšování a rozvoji systému.

Rámec řízení rizik zahrnuje:

1. Pochopení systému a jeho souvislostí. V oblasti vně systému je třeba sledovat především kulturní, politické, právní, finanční, technologické, ekonomické, přírodní a konkurenční aspekty prostředí. V oblasti vnitřní se jedná především o kvalitu zdrojů a znalostí (např. kapitál, čas, lidé, procesy, systémy a technologie), informační systémy, informační toky a rozhodovací procesy (jak oficiální, tak neoficiální), vnitřní zainteresované strany, hodnoty, kultura a řídicí struktura systému.



Obr. 3. Schéma pro řízení rizika [3].

2. Politiku řízení rizik. Politika řízení rizik určuje vazby mezi řízením rizik, cíli systému a dalšími politikami (je upřednostněna nebo je na posledním místě při rozhodování; jak se řeší konflikty; jaké metody řízení se používají; jaké nástroje podporují řízení rizik atd.

3. Integraci výsledků řízení rizik do řídicích procesů. Aby řízení rizik bylo efektivní a účinné, musí být obsaženo ve všech směrnících a realizačních procesech, které v systému probíhají. Patří do strategického plánování a do politiky rozvoje.
4. Stanovení odpovědnosti za opatření a činnosti spojené s řízením rizik.
5. Zdroje nutné pro řízení rizik včetně znalostí, dovedností, zkušeností a kompetencí.
6. Stanovení mechanismů pro interní komunikaci a podávání zpráv o rizicích a jejich zvládnání.
7. Stanovení mechanismů pro externí komunikaci a podávání zpráv o rizicích a jejich zvládnání.

Pro implementaci řízení rizik je nutné:

1. Stanovit vhodnou strategii a politiku zařadit je do všech procesů v systému.
2. Proces řízení rizik začlenit do všech významných úrovní a funkcí systému, tj. musí být součástí všech předpisů a směrnic pro procesy v systému.

Kritéria pro posuzování rizik vychází z:

- charakteru a druhu následků, které se mohou vyskytnout včetně jejich měření,
- způsobu stanovení pravděpodobnosti výskytu rizika,
- časového rámce následků a pravděpodobnosti výskytu rizika,
- způsobu určení úrovně rizika,
- úrovně, pod níž je riziko přijatelné nebo tolerovatelné,
- úrovně rizika, od níž je třeba zajistit cílenou odezvu,
- možnosti kombinace více rizik.

Analýza rizika znamená kritické studium kauzálního vztahu příčiny – dopady. Hodnocení rizik znamená porovnání úrovní rizik získaných analýzou rizik s kritérii pro posuzování rizik. Hodnocení rizika z pohledu prevence, připravenosti, odezvy a obnovy musí obsahovat:

- identifikaci ohrožení; specifikaci jevů (nebo scénářů), které ohrožují; specifikaci četnosti výskytu jevů (nebo scénářů), které ohrožují; odhad důsledků jevů (nebo scénářů), které ohrožují (ve kterých je zahrnuto i působení místní zranitelnosti); odhad rizika z kombinace důsledků jevů (nebo scénářů), které ohrožují a četností výskytu; ocenění kroků pro odhad rizika a provedení odhadu rizika; ocenění výsledků odhadu rizika pro potřeby rozhodnutí,
- standardy a normy pro regulaci projektování a provozování lidských činností; postupy a systémy řízení bezpečnosti; a popř. další,
- jakým způsobem jsou cíle řízení rizika nastaveny, zda: cíle o úrovni rizika jsou kvalitativní nebo kvantitativní; splňují technické standardy; standardy řízení jsou systémové; a další.

Zvládnání rizik dle podkladů uvedených v [3,4] znamená v případě, že riziko není přijatelné, provést:

- vyhnout se riziku (tj. nezačít nebo nepokračovat v činnostech, které jsou zdrojem rizika), když to jde – u přírodních pohrom to nejde,
- odstranění zdrojů rizik, tj. zabránění vzniku pohrom, když to jde – u přírodních pohrom to nejde,
- snížení pravděpodobnosti výskytu rizika, tj. výskytu větších pohrom (např. snížením množství nebezpečných chemických látek v podnicích), když to jde – u přírodních pohrom to nejde,

- snížení závažnosti dopadů rizika, tj. příprava zmírňujících opatření jako jsou varovací systémy, systémy odezvy a obnovy,
- sdílení rizika, tj. rozdělení rizika mezi zúčastněné a pojišťovny,
- retenci rizika.

Při výběru opatření na zvládnutí rizik je třeba zajistit, aby náklady na zvládnutí rizik nepřevýšily možné škody vyvolané realizací rizika.

Pro posuzování účinnosti řízení rizika se používá index, který hodnotí výkonnost řízení rizika – RMI (Risk Management Index). Jedná se o kvalitativní míru, která je založená na cílech, které si řízení rizik vytyčilo. Někdy se též používají indikátory, u kterých se požaduje, aby byly transparentní, robustní, reprezentativní a snadno pochopitelné pro uživatele (veřejnost, politici, veřejná správa apod.).

Řízení rizik je třeba aplikovat na celé technické dílo, celou organizaci, která technické dílo spravuje, a to v mnoha oblastech a na mnohých úrovních, v kteroukoli dobu a také při řízení projektů a činnostech.

6. Validita zvládnutí rizika technických děl při použití norem a standardů

Další používané normy spojené s rizikem v technické praxi jsou: ČSN IEC 300-3-9; ČSN OHSAS 18001; ČSN EN ISO 12100; ČSN EN ISO 12 100-1; ČSN EN ISO 14121-1; ČSN EN 1050:2001; ČSN EN ISO 12100-1; ČSN EN ISO 12100-2; ČSN EN ISO 9000 atd.

Normy a standardy ukládají požadavky, které jsou oprávněné. Nestanovují však často způsob, jak požadavky splnit, tj. jaká data a jaké metody použít. Platí jen pro jisté podmínky, což znamená, že existují rizika spojená s jejich využitím [4]; např. obrázek 4.

Proto při aplikaci norem a standardů si musíme uvědomit, co normy a standardy pokrývají. V daném směru jsou obvykle založené na zásadách teorie pravděpodobnosti. Proto si musíme uvědomovat, že v žádném případě nepokrývají všechny možné varianty. Při použití normálního rozdělení platí, že interval (medián- σ , medián + σ) pokrývá 68.5 % případů; interval (medián - 2σ , medián + 2σ) pokrývá 95.4 % případů; interval (medián - 3σ , medián+ 3σ) pokrývá 99.8 % případů. To znamená, že neplatí pro celý rozsah možných podmínek. Proto u důležitých technických děl je nutno provádět všechna hodnocení spojená s riziky a bezpečností jako místně specifická, tj. vycházet z logických základů metod a systémového pojetí entity; aplikace různých kódů a software, které nejsou místně specifické, mohou za kritických podmínek vést k selhání technických děl [4,10].



Obr. 4. Rizika spojená s rozhodováním o riziku.

V praxi při práci s riziky spojenými s technickými díly se stále používají jen tradiční metody, jako jsou Kontrolní seznam, HAZOP, FMEA, FMECA, QRA apod. [3,4,11], protože pro ně existuje řada software. Podle poznatků shromážděných v práci [4], předmětné metody při práci s riziky nerespektují systémový charakter technického díla při dopadech vnějších pohrom, úmyslných vnějších aktů (např. korupce na správních úřadech s cílem oslabit konkurenceschopnost technického díla), teroristických činů apod., což potvrzují šetření US EPA [12]. To znamená, že platí, že předmětné metody lze použít s ohledem na bezpečnost technických děl jen při řešení některých úloh, ve kterých nejde o integritu bezpečnosti technického díla; všeobecně použitelné metody jsou správně aplikované metody What, If [3,11] a místně specifické kontrolní seznamy, které jsou sestavené experty.

7. Závěr

Ve spojitosti s technickými díly je třeba pro zajištění bezpečí a rozvoje lidí aplikovat práci s riziky zaměřenou na bezpečnost technických děl a jejich okolí. V důsledku náhodných i znalostních nejistot je pro každé lidské společenství z pohledu veřejného zájmu, konkurenceschopnosti technického díla a udržitelného rozvoje lidského systému důležité, zda:

- bezpečnost (tj. úroveň opatření a činností ve prospěch bezpečí lidí, tj. i technického díla) v čase roste či klesá,
- ve stanovených časových úsecích je dosahováno plánované úrovně bezpečnosti,
- aplikovaná opatření vedou skutečně ke zvýšení bezpečnosti.

Snahou odborné veřejnosti je řídit rizika technických děl tak, aby se nerealizovala. Na základě lidského poznání je to možné jen tehdy, když rizika a jejich příčiny pochopíme. Proto je velmi důležité uvědomit si velké dopady pohrom, které mají velmi nízkou pravděpodobnost výskytu. Podle autorů práce [13] akademická sféra dává řadu doporučení, která v praxi ztroskotávají na tom, že není jasně určená odpovědnost a nejsou stanovená jasná pravidla, jak s riziky pracovat. Předmětná práce se snaží tento nedostatek odstranit.

Řídit rizika ve prospěch bezpečnosti lze na základě současného poznání jen tehdy, když bude v praxi zavedena dobrá kultura bezpečnosti a odpovědnost na všech úrovních řízení jak ukazují nejen výsledky výše uvedené. Pracovat s riziky od návrhu každého technického díla či technologie je třeba provádět proto, aby u všech zúčastněných vzniklo povědomí o rizicích a aby se zavedla příslušná opatření pro řízení závažných rizik. V práci [2] byla ukázána velmi důležitá role situačního povědomí. V souvislosti s každým rizikem si je třeba vždy uvědomit: co se může stát; kde se to může stát; co může spustit velké ztráty a škody; jaká aktiva budou zasažena; a co je třeba si připravit pro ochranu veřejných aktiv a koexistence technického díla s okolím. V rámci základních funkcí státu je nutné, aby stát dohlížel na koexistenci všech hlavních systémů, které jsou nutné pro život a rozvoj lidstva, tj. životní prostředí, technická díla a technologie a lidská společnost.

Protože jak technické dílo, tak jeho okolí jsou složité systémy, které se vyvíjí a tento vývoj nemusí být nutně synergický, tak aplikace přesných matematických metod založených na teoriích, které počítají jen s náhodnými změnami, není schopna určit parametry a jejich proměnnost, jež zajistí bezpečnost technického díla po celou dobu životnosti. Inženýrské disciplíny pracující s riziky proto zavádí do praxe nástroje založené na heuristickém přístupu

pro práci s riziky, kterými lze zvládnout i podmínky, pro něž nebylo technické dílo konstruováno.

Nashromážděná fakta ukazují, že pro zajištění bezpečnosti složitých technických děl je nutno z důvodu složitosti pracovat s riziky specifickým způsobem. Nestačí aplikace norem a standardů, které mají omezenou platnost. Je třeba poznat dopady stabilních i možných dočasných propojení mezi prvky, komponentami a systémy technického díla i při abnormálních a kritických podmínkách, a podle toho sestavit systém řízení bezpečnosti a způsob jeho fungování v čase. Jelikož během času vznikají rizika nová, je třeba mít pravidelný monitoring rizik, jehož součástí budou i připravená nápravná opatření pro případ výskytu nepřijatelných rizik.

Analýza současné situace ukazuje, že umíme systematicky zvládnout řadu nežádoucích procesů, tj. poruch a selhání technických děl, které dokážeme předem odhalit. Někdy se však vyskytne vzájemné propletení řady zdánlivě nesouvisejících faktorů a v důsledku nelinearit v systému vznikají velmi atypické havárie (často označované jako *černé labutě*, *dračí králové* atd.). Proto nyní připouštíme, že složité objekty, jakými jsou technická díla, jsou z různých důvodů čas od času v nestabilním stavu a vznikají extrémní havárie, kaskády selhání bez zjevné příčiny, neobvyklé jevy apod., tj. připouštíme nejistoty náhodné i znalostní v jejich chování. Z důvodu zajištění jejich bezpečnosti a ochrany lidí:

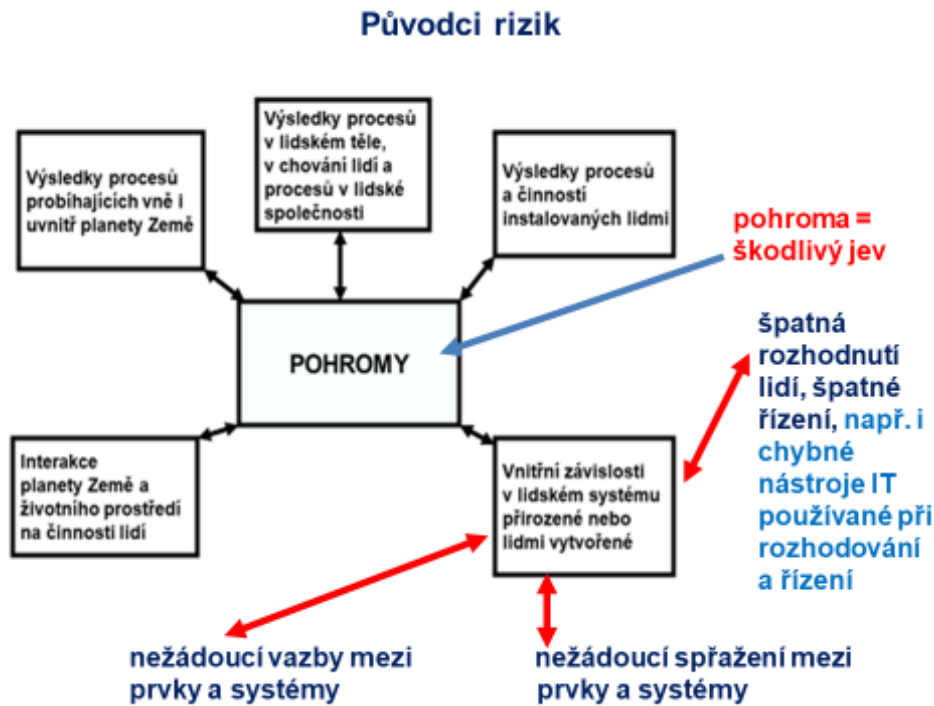
- zavádíme specifická technická opatření (např. po havárii jaderné elektrárny Fukushima čtvrtý nezávislý zdroj energie a čtvrtý nezávislý zdroj chladiva pro vytvoření schopnosti provést odezvu na příští extrémní pohromu),
- připravujeme řešení odezvy pro možné případy, kdy se realizují rizika z příčin, které nelze odhalit pravděpodobnostními přístupy, a budujeme pro ně náhradní zdroje vody a energie, specifické systémy odezvy a specifický výcvik inženýrů a záchranářů.

Závěrem je třeba zdůraznit, že význam práce s riziky v případě technických děl dokládá nová verze systémů řízení kvality ISO 9001 přijatá v ČR (verze byla vydaná organizací ISO v r. 2015, akceptovaná jako ČSN v r. 2016). Předmětná verze je obohacena o hledisko aplikace řízení rizik [14]. Jde o další přiblížení české praxe k postupům projektového řízení v odborné sféře ve vyspělých zemích, které obsahují práci s riziky při zajišťování bezpečnosti staveb a strojů, a také jejich dlouhodobé životnosti.

Pro zlepšení situace a aplikaci současného poznání je třeba dále do české praxe zavést:

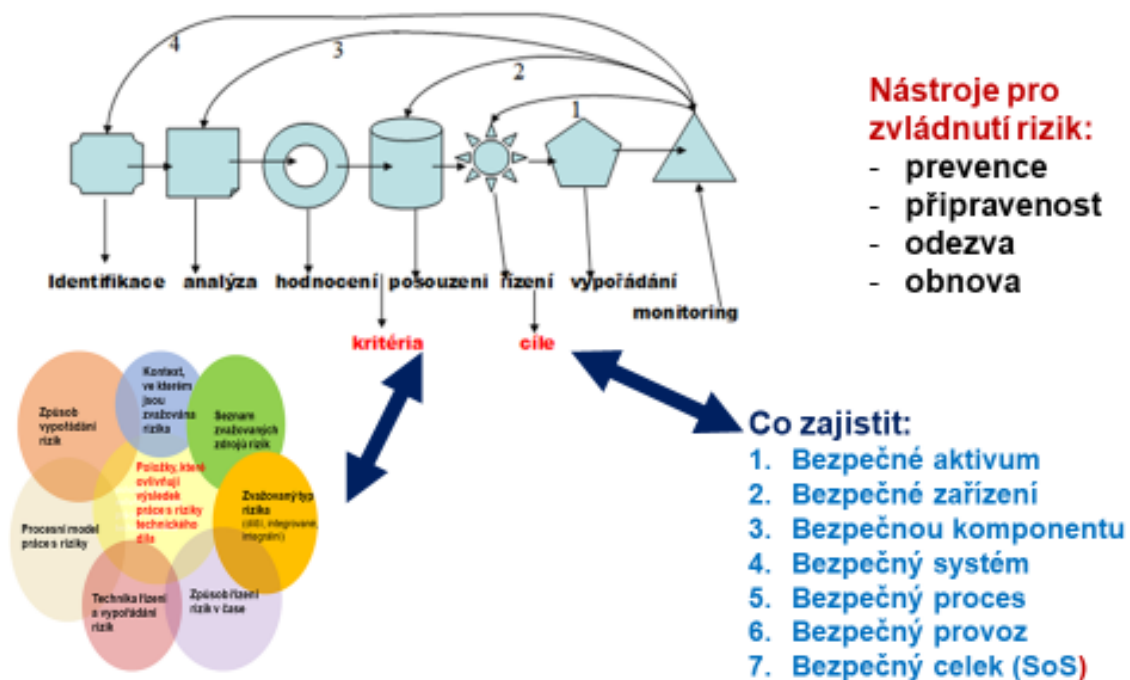
1. Poznání o zdrojích rizik, obrázek 5 – tzv. All Hazard Approach; a vymezit kritéria pro případy, ve kterých lze použít pouze dílčí rizika, anebo integrované riziko; a případy, ve kterých je nezbytné zvažovat integrální riziko [4]. V případě celých technických děl, která tvoří složité socio-kyber-fyzické systémy, mající formu SoS, je nutný systémový pohled, tj. je nutno zvažovat integrální riziko. To v souladu s [4,12] znamená omezené použití stromových metod, které jsou v ČR rozšířené, protože pro ně existuje řada software. Je třeba použít postupy inženýrství zacílené na rizika SoS, které jsou uvedeny v práci [4].
2. Poznatky pro správnou volbu kritérií při posuzování rizik a cílů řízení rizik, obrázek 6. Je třeba rozlišovat, kdy cílem řízení rizik je spolehlivost a kdy je nutná vyšší kvalita, tj. bezpečnost [2,4,5]. I při orientaci na bezpečnost je třeba v případě stanovení cílů určit o co jde, tj.: bezpečné aktivum; bezpečné zařízení; bezpečnou komponentu; bezpečný systém; bezpečný proces; bezpečný provoz; bezpečné technické dílo jako komplex (SoS). Tím je určen kontext pro práci s riziky, tj. v systému jsou vymezeny prvky, vazby a toky, které je nutno zvažovat.

3. Práci s riziky v technickém díle v čase, protože technické dílo i jeho okolí se v čase mění, a to postupně i pomocí skoků [5].



Obr. 5. Zdroje rizik pro technická díla.

Procesní model pro práci s riziky - 1,2,3,4 = zpětné vazby, které se používají, když monitoring ukáže, že nejsou splněny stanovené požadavky na bezpečnost



Obr. 6. Vymezení kritických fází řízení rizik technických děl.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. ČVUT, Praha 2011, 483p.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza a řízení rizik*. ISBN: 978-80-01-04841-2. Praha: ČVUT 2011, 405p.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [6] ZAIRI, M. *Total Quality Management for Engineers*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1991.
- [7] SPOLEČNOST PRO PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ. *Národní standard kompetencí projektového řízení verze 3.2*, vytvořený na základě ICB – IPMA Competence Baseline Version 3.0, ISBN 978 - 80-260-2325-8, Společnost pro projektové řízení, o. s. 2012.
- [8] COASE, R. H. The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3 (1960), pp. 1-44.
- [9] ISO. *Risk Management – Principles and Guidelines*, ISO 31000:2009.
- [10] PROCHÁZKOVÁ, D. Šetření podstaty stížností a konfliktů týkajících se technických řešení. *Kontrola MSK ČR 1992*. MSK ČR Praha, 95p.
- [11] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN: 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [12] US EPA. PHA Techniques in Chemical Emergency Prevention & Planning. *Newsletter* 2008, No. 8, pp. 3-6.
- [13] SPERSTAD, I. B., KIEL, E. S. Development of a Qualitative Framework for Analysing High-impact Low probability Events in Power Systems. In: *Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World*. London: Taylor & Francis Group, London 2018, pp. 1599-1608. ISBN 978-0-8153-8682-7
- [14] LACKO, M. Analýza rizik v novelizované normě ISO 9001. *Soudní inženýrství*, ISSN 1211-443X, 29 (2018), 3, pp. 46-48.

Poděkování: Autorka děkuje za podporu EU a MŠMT, grant na projekt RIRIZIBE, CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002649.

ROZDÍLY V ŘÍZENÍ RIZIK PŘI ZACÍLENÍ NA SPOLEHLIVOST NEBO NA BEZPEČNOST

DIFFERENCES IN RISK MANAGEMENT AT FOCUSING ON RELIABILITY OR RATHER SAFETY

Dana Procházková¹⁾, Jiří Lukavský²⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Bezpečnost i spolehlivost jsou důležité vlastnosti technických děl. Jejich úroveň závisí na řízení rizik. Riziko je místně specifické a určuje se z velikostí pohrom, které dané místo či objekt mohou zasáhnout, a s ohledem zranitelnosti aktiv v daném místě. Pro potřeby praxe ve strategickém plánování je vyjádřeno souhrnem ztrát, škod a újm na sledovaných chráněných aktivech, který se rozpočítá na určitou časovou jednotku (obvykle 1 rok) a vybrané území, podnik, město či počet lidí. Pro větší názornost se vyjadřuje penězi a počtem obětí.

Článek na základě současných znalostí ukazuje disparity mezi řízením rizik zacíleným na spolehlivost a řízením rizik zacíleným na bezpečnost. Z pohledu bezpečí a rozvoje lidí ukazuje, že je třeba u technických děl upřednostnit řízení bezpečnosti, které v sobě zahrnuje řízení spolehlivosti.

Klíčová slova: pohroma; ohrožení; riziko; technické dílo; spolehlivost; bezpečnost; řízení technických děl.

Abstract: Safety and reliability are important properties of technical facilities. Their levels depend on risk management. The risk is locally specific and it is determined from the sizes of disasters, which can the given place or object affect, and with regard to the vulnerability of assets in a given site. For the practice needs in strategic planning, it is expressed as the sum of losses, damages and injuries to the protected assets, which is shared to a certain unit of time (typically 1 year) and selected territories, business, city, or number of people. For greater clarity is expressed by the number of victims and the money.

The paper on the basis of current knowledge shows the disparities between risk management targeting on reliability and risk management targeting at security. From the perspective of security and the development of people it shows that it is necessary for the technical facilities to prioritize the safety management which includes the reliability management.

Key words: disasters; hazard; risk; technical facility; reliability; safety; technical facilities management.

¹⁾ Doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

²⁾ Doc., Ing., CSc., jiri.lukavsky@volny.cz

1. Úvod

Předmětem sledování jsou technická díla, která vytváří člověk ke zlepšení kvality života. S rozvojem poznání roste výkon i složitost technických děl. Složitost technických děl je daná několika jejich rysy, jako: velký rozměr; použití více technologií; složité funkční závislosti; velká interoperabilita; velký výkon; vysoká bezpečnost, tj. funkčnost a spolehlivost; i nízké ohrožení chráněných aktiv při podmínkách normálních, abnormálních i kritických [1]. Z uvedených rysů je zřejmé, že jejich řízení není jednoduché, protože požadavků je mnoho, nejsou souměřitelné a někdy jsou i konfliktní; základní požadavky jsou vyznačeny na obrázku 1 [2].



Obr. 1. Položky, které ovlivňují výkon technického díla.

V současné praxi je pro řízení technických děl používán specifický model, nazývaný systém systému. Jde o *soubor propojených systémů, které mají otevřenou architekturu*, tj. odlišné prvky se propojují tak dlouho, dokud splňují podmínky interoperability a požadavky uživatele [1-3]. Ačkoliv cíl celého technického díla je jasně dán, tak mezi jednotlivými podsystémy dochází ke konfliktům [4]. Řešení konfliktů znamená optimální vyřešení možných rizik, které jsou jejich příčinou. V oblasti strategického řízení [1,2,4] je riziko *vyjádřeno souhrnem ztrát, škod a újm na sledovaných chráněných zájmech, který se rozpočítá na určitou časovou jednotku (obvykle 1 rok) a na jistou jednotku území či jiné reprezentativní míry sledovaného útvaru (podnik, město, počet lidí)*; v praxi se často pro větší názornost vyjadřuje penězi.

V praxi se při řízení technického díla používají v současné době způsoby řízení rizik [4], které jsou založené na systémovém pojetí reality a na proaktivním přístupu. Odlišují se cílem řízení; jde o cíle: zajištění spolehlivého systému; zajištění zabezpečeného systému; a zajištění bezpečného systému. Podle souboru zvažovaných rizik a stanovených cílů řízení je řízení rizik u technických děl zacílené na:

- spolehlivé technické dílo, což je technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek,

- zabezpečené technické dílo, což je technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek a přitom je ochráněno proti všem vnitřním a vnějším pohromám, včetně lidského faktoru,
- bezpečné technické dílo, což je technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek, je ochráněno proti všem vnitřním a vnějším pohromám, včetně lidského faktoru, a ani při svých kritických podmínkách neohrozí sebe a své okolí.

Na základě současných znalostí literatury je zřejmé, že rizika byla, jsou a budou a že neustále se budou objevovat nová. Řízení rizika, které způsobují pohromy, vyžaduje rozměr a měření rizika, které berou v úvahu nejen fyzické škody, oběti a ekvivalent ekonomických ztrát, ale i sociální, organizační a institucionální faktory. Riziko je funkcí pravděpodobnosti výskytu pohromy a velikosti jejích dopadů (závažnosti následků). Proto cílem celého procesu řízení rizik je nejen identifikovat pohromy, tj. zdroje rizika, a početnosti jejich výskytu, ale následně riziko také ohodnotit a použít účinné kroky k jeho eliminaci nebo snížení.

2. Riziko

Riziko je místně specifické a určuje se z velikostí místních ohrožení, která vytváří možné škodlivé jevy (obecně pohromy) v daném místě s ohledem na míry zranitelnosti místa vůči konkrétním možným pohromám [1,2,4]. Rozlišují se rizika dílčí, integrovaná a integrální [2]. Integrální (komplexní, systémové, celkové) riziko technického díla je dané vztahem

$$R(H) = \left[\sum_{i=1}^n A_i(H)Z_i(H) + \sum_{i=1}^n \int_0^T \int_S F(H, A_i, P_i, O, t) dS dt \right] \cdot \tau^{-1}$$

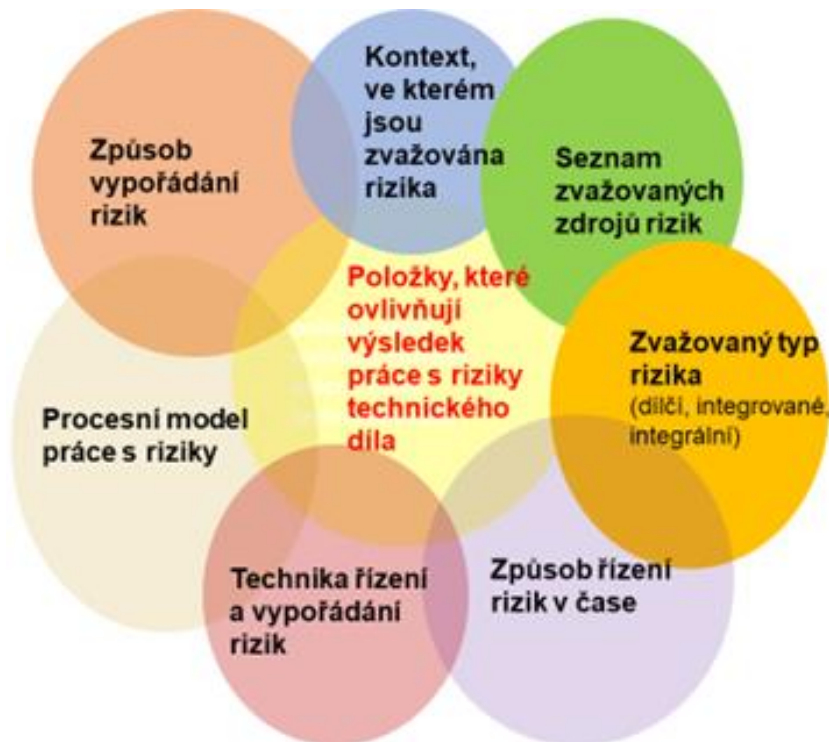
ve kterém je ohrožení spojené s danou pohromou v místě objektu; A_i jsou hodnoty sledovaných aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$; Z_i jsou zranitelnosti aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$; F je ztrátová funkce; P_i jsou pravděpodobnosti výskytu poškození aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$ – jde o podmíněné pravděpodobnosti; O zranitelnost ochranných opatření; S velikost sledovaného objektu; t je čas měřený od vzniku škodlivého jevu; T je čas, po který vznikají ztráty; a τ je perioda opakování pohromy.

Integrální čili systémové riziko respektuje i vazby a toky mezi aktivy. Problém je, že neznáme tvar ztrátové funkce a že závislosti mezi aktivy jsou proměnné v čase a prostoru. Proto pro jeho určení nelze použít analytické funkce, ale specifické heuristické postupy, které se osvědčily v inženýrských disciplínách soustavně pracujících s riziky [2,4]. Obrázek 2 [2] ukazuje položky, které je nutno zvážit při určení věrohodné velikosti rizika.

Situaci v praxi ukazuje příklad uvedený v [2,5], ze kterého vyplývá, že doposud nejsou v praxi použity poznatky, které již o riziku byly shromážděny. V návaznosti na tento fakt, výsledky výzkumu v EU, uvedené v pracích [1,2], ukazují velmi mnoho nedostatků spojených s prací s riziky. Příčiny uvedených nedostatků v oblasti vrcholového řízení států byly identifikovány takto:

- řízení je předurčené politickými a vojenskými aspekty; postrádá lidský rozměr a dává malou podporu obyvatelům EU,

- řízení není prováděno na základě kvalifikovaných dat zpracovaných kvalifikovanými metodami,
- řízení je často určeno fixními ideami bez reálného ohodnocení jejich realizovatelnosti,
- řízení je založeno na představě, že všechno je stacionární, tj. nerespektuje se dynamický vývoj světa, který vyžaduje přípravu na možné extrémní scénáře situací a opatření pro přežití lidí,
- řízení není realizované na základě principu systém řízení bezpečnosti systému systémů v dynamicky proměnném světě.



Obr. 2. Položky, které ovlivňují výsledek práce s riziky technického díla.

Dle práce [4] na úrovni států chybí konkrétní požadavky na práci s riziky a spolupráce při zvládnání rizik mezi veřejnou správou a vlastníky a provozovateli technických děl. Jasná specifikace požadavků na práci s riziky i spolupráce všech zúčastněných je nutná, protože:

- riziko je inherentní vlastností lidského systému (světa) i každého technického díla, tj. není možné se mu zcela vyhnout,
- zdroje rizik jsou uvnitř i vně technického díla a v procesech, které v technickém díle probíhají a mění se v čase, a jsou také v člověku, tj. tvůrci technického díla,
- větší riziko znamená zároveň možnost většího zisku i ztrát, a proto riziko vyžaduje duální pohled – pokud chceme získat vyšší zisk nebo jiné přínosy, zvyšujeme i riziko nezdaru a ztrát, a proto úkolem managementu rizik je tyto dvě stránky vyvážit,
- čím přesněji definujeme předmět a cíle technického díla, tím je riziko nižší, protože nejvíce rizik vzniká z nejednoznačných definic předmětu a cílů technického díla,

- dříve identifikované riziko má vyšší šanci na úspěšné vyřešení a naopak, pozdější identifikaci rizika nebo jeho ignorováním a následným řešením nečekaných problémů je technické dílo výrazně poškozeno,
- vše, co není řízeno, dopadá náhodně, většinou však hůře než při aktivním řízení (aktivní řízení rizik znamená trvalé sledování rizika, přípravu a provádění plánů ošetření rizik; zanedbání tohoto principu vede ke zbytečným ztrátám),
- rizika je třeba řídit efektivně. Z pohledu hospodárnosti se zdroji, silami a prostředky nemá smysl se zabývat všemi riziky, ale jen těmi, kde vynaložené úsilí přinese výsledky, jež toto úsilí přesvědčivě převyšují.

Každé řízení rizik směřuje k jeho ovládnutí. Představuje kulturu, procesy a struktury zaměřené na efektivní řízení potenciálních příležitostí a možných nežádoucích důsledků. Je to interaktivní proces, který se skládá z kroků, které při zachování plánované postupnosti umožňují trvalé zkvalitnění rozhodnutí a tím i následné zlepšování výsledků uskutečňovaných procesů. Proto řízení rizik musí být integrální činností každé řídicí praxe, bez ohledu na úroveň řízení.

Rámec řízení rizik technického díla jako systému dle [2] zahrnuje:

1. Pochopení systému a jeho souvislostí. V oblasti vně systému je třeba sledovat především kulturní, politické, právní, finanční, technologické, ekonomické, přírodní a konkurenční aspekty prostředí. V oblasti vnitřní se jedná především o kvalitu zdrojů a znalostí (např. kapitál, čas, lidé, procesy, systémy a technologie), informační systémy, informační toky a rozhodovací procesy (jak oficiální, tak neoficiální), vnitřní zainteresované strany, hodnoty, kultura a řídicí struktura systému.
2. Politiku řízení rizik. Politika řízení rizik určuje vazby mezi řízením rizik, cíli systému a dalšími politikami (je upřednostněna nebo je na posledním místě při rozhodování; jak se řeší konflikty; jaké metody řízení se používají; jaké nástroje podporují řízení rizik atd.).
3. Integraci výsledků řízení rizik do řídicích procesů. Aby řízení rizik bylo efektivní a účinné, musí být obsaženo ve všech směrnících a realizačních procesech, které v systému probíhají. Patří do strategického plánování a do politiky rozvoje.
4. Stanovení odpovědnosti za opatření a činnosti spojené s řízením rizik.
5. Zdroje nutné pro řízení rizik včetně znalostí, dovedností, zkušeností a kompetencí.
6. Stanovení mechanismů pro interní komunikaci a podávání zpráv o rizicích a jejich zvládnutí.
7. Stanovení mechanismů pro externí komunikaci a podávání zpráv o rizicích a jejich zvládnutí.

Pro implementaci řízení rizik je dle současného poznání, shrnutého v pracích [1,2,4], nutné:

1. Stanovit vhodnou strategii a politiku zařadit je do všech procesů v systému.
2. Proces řízení rizik začlenit do všech významných úrovní a funkcí systému, tj. musí být součástí všech předpisů a směrnic pro procesy v systému.

Kritéria pro posuzování rizik dle současného poznání, shrnutého v pracích [1,2,4], vychází z:

- charakteru a druhu následků, které se mohou vyskytnout včetně jejich měření,
- způsobu stanovení pravděpodobnosti výskytu rizika,
- časového rámce následků a pravděpodobnosti výskytu rizika,
- způsobu určení úrovně rizika,
- úrovně, pod níž je riziko přijatelné nebo tolerovatelné,

- úrovně rizika, od níž je třeba zajistit cílenou odezvu,
- možnosti kombinace více rizik.

Snižování jakéhokoliv rizika je spojeno se zvyšováním nákladů, s nedostatkem znalostí, technických prostředků, apod. Proto se v praxi hledá hranice, na kterou je únosné riziko snížit tak, aby vynaložené náklady byly ještě rozumné. Tato míra rizika (určitá optimalizace) je většinou předmětem vrcholového řízení a výsledkem politického rozhodování, při kterém je z hlediska zajištění trvalého rozvoje nutné, aby se využily současné vědecké a technické poznatky a zohlednily ekonomické, sociální a další podmínky [2].

Vždy, když pracujeme s rizikem, ať ho řídíme nebo s ním vyjednáваме, a to v klasickém pojetí nebo v moderním pojetí zaměřeném na bezpečí a udržitelný rozvoj chráněných aktiv (u technických děl jak veřejných, tak vlastních), tak musíme respektovat, že hlavními znaky každého rizika jsou nejistota a neurčitost. Jejich příčiny dělíme dle údajů shrnutých v [2] na odchylky vznikající při průběhu děje, který je:

- obvyklý za normálních podmínek systému, kdy vznikají jen malé variace (zdroj nejistot),
- skutečný, kdy vznikají příležitostné změny procesu v systému, které vedou k výskytu příležitostných extrémních hodnot (zdroj nejistot a příležitostných neurčitostí),
- proměnný, kdy vznikají velké změny procesu v systému, např. způsobené vnějšími příčinami a různými typy útoků (zdroj neurčitostí).

Náhodná nejistota souvisí s rozptylem pozorování a měření. Lze ji do hodnocení a predikce zapracovat pomocí aparátu matematické statistiky. Neurčitost souvisí jak s nedostatkem znalostí a informací o procesu, tak s přirozenou variabilitou procesů a dějů, které vyvolávají pohromy nebo dokonce hrubými chybami. Pro zapracování a zvážení neurčitostí je aparát matematické statistiky nedostatečný, a je třeba používat jiný, modernější matematický aparát, který poskytují např. teorie extrémních hodnot, teorie mlhavých množin, teorie fraktálů, teorie dynamického chaosu, vybrané expertní metody a vhodné heuristiky [6].

Neurčitost dat vyplývá ze skutečnosti, že data jsou neúplná, nehomogenní (tj. jejich přesnost závisí na jejich velikosti nebo na čase výskytu) a nestacionární, tj. data mají značný rozptyl a jsou zatížena náhodnými a někdy i systematickými chybami, jejichž funkce rozdělení obvykle není možno stanovit. Protože není nic absolutně přesného, tak obecně u každé veličiny, kterou zkoumáme, musíme zvažovat nejistoty a neurčitosti dat. Proto inženýrství zacílené na řízení rizik, anebo řízení bezpečnosti vyžadují, aby se při řešení úkolů ověřovala kvalita datových souborů z hlediska jejich věrohodnosti s ohledem na daný úkol.

Rizika vstupují do veřejné oblasti, naplňují-li některý z dále uvedených atributů:

1. Jde o externalitu, které nemohou řešit tržní mechanismy.
2. V souvislosti s individuálními právy jsou občanům vnucovány škodlivé dopady.
3. Je ohrožena značná část veřejnosti.
4. Politické rozhodnutí vyvolá událost, při které dojde k realizaci rizika.
5. Nežádoucí události (pohromy), tj. jevy, při kterých se realizují nepřijatelná rizika, jsou rozloženy tak, že neberou ohled na politickou spravedlivost.

Pro zajištění základních funkcí státu, veřejná správa musí zajistit, že rizika jsou analyzována nejen z hlediska společenských dopadů, nýbrž také z hlediska dopadů na systém řízení veřejné správy [4]. Může se totiž stát, že rozhodování veřejné správy může dopady nouzové situace ještě zhoršit. Kroky postupu řízení rizik veřejné správy se liší od běžného postupu řízení

organizačního celku jen tím, že se musí věnovat značná pozornost formulaci kontextu a musí se řídit rizika ze strategických a procesních hledisek [2,4].

Nicméně je třeba vzít v úvahu, že v současné době existují 3 vyhraněné koncepty, které pracují s riziky:

- řízení a inženýrství spolehlivosti (reliability management and engineering), kde řízení rizik u technických děl je zacílené na spolehlivost technických děl, např. [7],
- řízení a inženýrství zabezpečení / bezpečnostní (security management and engineering), kde řízení rizik technických děl je zacílené na zabezpečené technické dílo, např. [8],
- řízení a inženýrství bezpečnosti (safety management and engineering), kde řízení rizik je zacílené na bezpečné technické dílo, např. [9].

Všechny tři uvedené koncepty používají stejné postupy, metody, nástroje i techniky [4]. Praxe ukazuje, že mezi nimi jsou občas konflikty – např.:

- při požáru objektu v Chicagu, který byl dobře zabezpečený, lidé v objektu uhořeli, protože se z objektu zachváceného požárem nedostali; dobře zabezpečená pilotní kabina umožnila Andreasovi navést letadlo Germanwings, plné lidí do svahu Alp a usmrtit je, protože nemocný člověk se uzavřel v pilotní kabině, a tím neumožnil kapitánovi letadla incidentu zabránit,
- gilotina je na základě fyzikálních zákonů spolehlivý systém, ale z pohledu současného chápání bezpečnosti [1,10,11] není bezpečný systém, jelikož způsobuje ztrátu života člověka apod.,
- most v Janově byl podle provozovatele spolehlivý (legislativy mnoha zemí jsou dosud založeny jen na spolehlivosti) [12], ale zřítel se, tj. nebyl bezpečný, protože nevydržel reálné podmínky.

Poznatky z praxe dle údajů shrnutých v práci [4] ukazují, že v řadě případů technických děl opatření na zajištění bezpečnosti se výrazně liší (někdy jsou dokonce konfliktní) při aplikaci inženýrství spolehlivosti od těch, které stanovuje aplikace inženýrství bezpečnosti.

3. Spolehlivost

Prvním důležitým aspektem spojeným s technickým dílem je volba samotného konceptu pro konstrukci a provoz technického díla. Velmi dlouho se za základ bezpečných technických děl považovala teorie spolehlivosti, jejímž zakladatelem byl v r. 1816 pan Samuel T. Coleridge. Její velký rozvoj nastal ve 40. letech minulého století, hlavně v USA při velkém rozvoji průmyslu.

Spolehlivost (ve smyslu reliability) je schopnost systému bezchybně dodržovat stanovené požadavky po stanovenou dobu za určitých podmínek. Provozní spolehlivost systému (ve smyslu dependability) znamená, že systém (objekt, zařízení) plní stanovené požadavky a že jeho provoz vyhovuje stanoveným podmínkám. Tato souhrnná vlastnost je pro analytické účely nepraktická, a proto se rozkládá do dvou základních vlastností, kterými jsou zranitelnost a odolnost. Provozní spolehlivost je důležitá u složitých objektů, jejichž systémy hrají klíčovou roli v obslužnosti společnosti, protože ovlivňují rozhodovací cyklus veřejné správy a politickou a sociální soudržnost a napomáhají v odstraňování fyzických a psychických škod, jsou nejen velmi složité, ale i zranitelné [1].

Dle údajů shromážděných v práci [4] u běžných technických zařízení a objektů se prokazuje schopnost bezchybné funkčnosti na stoleté pohromy; u důležitých mostů, přehrad pro tisícileté pohromy; a u jaderných zařízení na deseti tisícileté pohromy (pozn. úložiště aktivního plutonia vyžadují prokázání odolnosti na sto tisíciletou pohromu). Různé prahové hodnoty jsou stanoveny tak, aby zajistily provozuschopnost po celou dobu předpokládané životnosti. Dosavadní řešení jsou prováděna na základě dobré inženýrské praxe a jejich dlouhodobá bezpečnost a spolehlivost se těžko prokazuje.

Spolehlivostní inženýrství (přesněji inženýrství spolehlivosti) se přednostně zabývá chybami a redukováním četnosti jejich výskytu. Spolehlivost je definována jako charakteristika daného objektu, která je vyjádřena pomocí pravděpodobnosti, že sledovaný objekt bude vykonávat specifikovaným způsobem funkce, které jsou na něm požadovány během stanoveného časového intervalu a za stanovených resp. předpokládaných podmínek.

Teorie spolehlivosti je matematická disciplína, která se zabývá mírou selhávání prostředků nebo systémů, od kterých se očekává nějaká funkčnost nebo odolnost vůči vnějším vlivům, a rychlostí zotavení z jejich poruchových stavů. V hierarchii matematických odvětví patří pod aplikovanou statistiku. Pomocí nástrojů teorie spolehlivosti se vyčísľují parametry poruch, jako např. provozní bezpečnost nebo spolehlivost, především těch zařízení, jejichž nečinnost nebo nesprávná činnost jsou z nějakého důvodu vysoce nežádoucí.

4. Bezpečnost

Bezpečnost, chápaná jako soubor opatření a činností zajišťujících bezpečí a udržitelný rozvoj lidského systému či jiné entity, tj. i technického díla [1,4] (tj. soubor opatření a činností, který omezuje podmínky vzniku nebezpečí), vytváří lidé, kteří by se měli starat nejen o přežití, moc, sociální shodu a prevenci škod, ale měli by vyřešit následující metodicko-konceptuální problémy:

1. Neuvažovat bezpečnost v „kulturní izolaci“, protože tak se bezpečnost stává sebe referenční. Bezpečnost se musí formovat pod vlivem apriorně definovaných rizik.
2. V bezpečnostních studiích je třeba oprostit koncept bezpečnosti od ideologického a politického klišé.
3. V metodice řízení bezpečnosti je třeba dát důraz na rozhodování o řešení problémů a na zvažování přínosů a dopadů konkrétních rozhodnutí, a to z pohledu veřejného zájmu.
4. Stále mít na paměti vztah mezi rizikem a bezpečností; obecně nejde o komplementární veličiny [1,2,4,15]. Podstata problému je v odpovědích na otázky: Jak se identifikují rizika a jejich škodlivé dopady? Odpověď: Stanovují se věrohodnými scénáři. Ale jak se takový věrohodný scénář tvoří? Obvykle se scénář odkazuje na minulé události a jevy, a nebere v úvahu porušování pravidel a pátrání po možných překvapeních.

Moderní stát hraje roli, která se dá popsat v termínech řízení rizik, protože přerozděluje určité typy rizik prostřednictvím systému blahobytu / veřejného blaha a zdravotní péče [4]. Rostoucí debaty o riziku na úrovni veřejné správy je možné vysvětlit jako důsledek uvědomění rizik, kvůli nimž může selhat poskytování veřejných služeb. Nadto veřejnost se může při špatně zvládaných krizových a nouzových situacích domnívat, že veřejná správa je zdrojem rizik.

Integrální bezpečnost technického díla [1], vycházející z dokumentu OSN [11], je bezpečnost systému jako celku, tj. je založena i na řízení rizik spojených s rozhraními mezi komponentami. Bezpečnost technických děl není proto jen záležitost technická, je směsicí aspektů zabezpečení

a spolehlivosti a vysoce souvisí s provozní spolehlivostí technického systému. **Bezpečnost systému** je vlastnost systému, která zajišťuje, že ani za kritických podmínek systém neohrozí sebe, ani své okolí.

Zajištění bezpečného systému je výsledkem fungování procesu řízení bezpečnosti (uspořádaného souboru opatření a činností), který je souborem procesů, jež mají pod kontrolou všechny faktory, které by mohly vést ke vzniku škody, ztráty či újmy na systému a jeho okolí. Ze systémového hlediska [2] se bezpečnost skládá z následujících komponent:

1. Informační činnost pro podporu rozhodování, protože stav bezpečí je výsledkem racionálního rozhodování a dobrých informací. Je však třeba počítat s vlivy na rozhodování o bezpečí jako jsou různá omezení (institucionální, právní, organizační), vlivy médií a veřejného mínění a dimenze politické (zájmové skupiny, ideologie) a technologické.
2. Struktura technického díla, což jsou zařízení, technologie a organizační složky.
3. Lidé jako subjekty bezpečnosti (experti a manažeři bezpečnosti technického díla), lidé jako objekty bezpečnosti (ochrana a prevence lidí uvnitř i vně technického díla).
4. Procedury spojující lidi a strukturu technického díla a jeho okolí.

5. Spolehlivost versus bezpečnost

Již v r. 1978 Barry Turner [13] na základě analýz havárií technických děl vyslovil myšlenku, že složitost systému, kterým je technické dílo, zabraňuje stanovit všechna rizika, která mohou poškodit technické dílo a jeho okolí. Předmětný poznatek rozpracoval a potvrdil Charles Perrow na základě důkladné analýzy jaderné havárie Three Mile Island [10] a také závěry EU v r. 1981, které vedly k vydání direktivy SEVESO [14].

Předmětné poznání pochopitelně narušilo hegemonii teorie spolehlivosti a vzniklo soupeření mezi oběma směry, na které poukázal Scot Sagan [16]. Do dnešního dne dohady mezi zástupci inženýrství spolehlivosti a inženýrství bezpečnosti pokračují. Spolehlivostní inženýři věří, že haváriím může být zabráněno dobrým organizačním projektem a řízením (tj. jde o přístup založený na vysoké spolehlivosti). Předmětný přístup dle údajů shromážděných v [4] tvrdí:

- bezpečnost je primárně organizační cíl; zálohování zvyšuje bezpečnost, protože duplikace a překrytí zajistí, že spolehlivý systém nemá nespolehlivé části,
- decentralizované rozhodování dovoluje promptní a flexibilní odezvy na překvapení,
- kultura spolehlivosti zvyšuje bezpečnost podpořením jednotné aktivity obsluhy, protože vyžaduje striktní organizace činností;
- kontinuální akce, výcvik a simulace vytváří a udržují vysokou úroveň spolehlivosti systému,
- testy a poučení z havárií jsou efektivní a mohou být doplňovány předtuchami a simulacemi.

Spolehlivostní inženýři často považují spolehlivost a bezpečnost za synonyma. To je pravda jen v některých speciálních případech. Všeobecně má bezpečnost širší / vyšší význam a je pravda, že spolehlivost a bezpečnost mají mnoho společných vlastností [1,4].

Inženýři prosazující řízení rizik ve prospěch bezpečnosti [1,8-10,14] tvrdí, že u složitých technických děl jsou havárie a selhání nevyhnutelné a že zálohování často zvyšuje složitost systému. Údaje shromážděné v [15] ukazují, že:

- mnohé havárie nastaly bez toho, že by selhala nějaká komponenta. Právě naopak, častokrát všechny komponenty při haváriích fungovaly podle očekávání a bezchybně,
- jindy se stalo, že komponenty selhaly (měly poruchu) a přitom nedošlo k havárii,
- havárie a nehody mohou být zapříčiněny provozem zařízení mimo povolené rozsahy hodnot parametrů nebo časových limitů, z kterých vycházely analýzy bezpečnosti či analýzy spolehlivosti. To znamená, že systém může mít vysokou spolehlivost a přece může dojít k havárii. Navíc, generalizované pravděpodobnosti a analýzy spolehlivosti se nemohou přímo aplikovat na specifické, anebo lokální podmínky. Nejdůležitější je, že havárie a nehody mnohdy nejsou výsledkem jednoduchých kombinací chyb (selhání) komponentů [1,15].

Spolehlivost technického díla je definovaná jako charakteristika daného technického díla, která je vyjádřena pomocí pravděpodobnosti, že sledované technické dílo bude vykonávat specifikovaným způsobem funkce, které jsou na něm požadovány během stanoveného časového intervalu a za stanovených resp. předpokládaných podmínek.

Jakmile přijmeme fakt, že technická díla jsou systémy systémů, na jejichž tvorbě a provozu se podílí člověk a jeho finance, tak se objeví zcela nové problémy, protože musíme zvažovat záměr investora a otázky právní, finanční, pojišťovací, organizační, politické a sociální, přírodní a jistě i nějaké další. Proto v souladu s [1,4] platí, že problém je však v tomto rozšířeném pojmání složitější, neboť se nedá jednoduše abstrahovat do matematických, matematicko-statistických a pravděpodobnostních řešení vyúsťujících do soustavy součinitelů spolehlivosti, do návrhových pravděpodobností poruchy nebo jiných veličin, se kterými pracujeme při navrhování stavebních konstrukcí. Když připočteme ještě korupci, tak daným způsobem bezpečnost zajistíme jen výjimečně. Proto musíme aplikovat metody inženýrských disciplín pracujících s riziky zacílené na integrální (systémovou, komplexní) bezpečnost a reálné možnosti lidí.

Bezpečnost v současném pojetí má cíle vyšší, tj. technické dílo musí nejen plnit řádně své funkce po dobu životnosti, ale ani za kritických podmínek nesmí ohrozit sebe a své okolí [1,14,15]. Právě tento fakt upřednostňuje řízení bezpečnosti. Navíc koncept integrální bezpečnosti řeší konflikty proaktivně, od počátku projektu a uplatňuje princip předběžné opatrnosti [1,4]. Podle něho řídicí systém sledovaného technického díla musí udržovat určené fyzikální veličiny (parametry dílčích systémů) na předem určených hodnotách. V procesu regulace mění řídicí systém působením na akční veličiny stavu jednotlivých řízených systémů tak, aby bylo dosaženo žádaného stavu celého systému. U řídicího systému se sledují v prioritním pořadí vlastnosti jako:

- úroveň dodržování stanovených podmínek provozu a nevytváření škodlivých (nepříjemných) dopadů na samotný systém a na jeho okolí,
- funkčnost (úroveň plnění požadovaných úkonů),
- provozuschopnost, tj. úroveň plnění požadovaných úkonů v závislosti na podmínkách normálních, abnormálních a kritických,
- provozní stálost, tj. úroveň dodržování stanovených podmínek provozu v čase,
- inherentně zabudovaná odolnost vůči možným pohromám.

Z výše uvedeného vyplývá, že řídicí systémy určují kvalitu a výkon (výkonnost) systémů. Mají rozhodující vliv na bezpečnost, a proto se u řídicích systémů dle [4] sledují faktory: odpovědná autonomie; adaptabilita; celistvost; a smysluplnost úkolů. Celistvost vyjadřuje vnitřní jednotu, tj. autonomnost, nezávislost a odlišnost od okolí. Protože lidské chování není deterministické, jsou hlavními charakteristikami předmětných systémů vynořující se vlastnosti,

nedeterministické chování a složité vztahy mezi organizačními cíli. O každém sledovaném systému vždy rozhoduje člověk a údržba, renovace, změny. Z inženýrského pohledu se sledované systémy charakterizují strukturou, hardwarem, procedurami, prostředím, toky informací, organizací (problém organizačních havárií) a rozhraním mezi uvedenými položkami [4,15].

Na základě současného poznání není tudíž možné, aby spolehlivostní inženýrství nahrazovalo systém řízení bezpečnosti, může ho ale doplnit. Musí to však být provedeno s jasným vědomím, že konečným cílem je zvýšení odolnosti systému vůči nebezpečím spojeným s výskytem náhodných chyb. Je vždy lepší, když se zařízení (systém) navrhuje tak, že individuálně náhodné chyby nemohou způsobit havárii, i kdyby se vyskytly (např. princip zabudovaný do ovládání zařízení – nemůžeš splnit úkon v požadované kvalitě, neproved' ho; nemůžeš splnit úkon v požadované kvalitě, informuj a nastartuj odezvu); je si však třeba uvědomit, že to není vždy možné. Velké opatrnosti je třeba při aplikování technik odhadování spolehlivosti pro posuzování bezpečnosti [10]. Pokud nejsou havárie nevyhnutelně zapříčiněné událostmi, které se dají vyjádřit pravděpodobnostmi, nelze pro ně všeobecně používat míry pravděpodobnosti rizika. Odhady pravděpodobnosti měří pravděpodobnost náhodných chyb a ne rizik a nehod anebo havárií. Když se při analýzách systému řízení bezpečnosti najde projektová chyba, je daleko účinnější ji odstranit, než někoho přesvědčovat pomocí vypočítaných pravděpodobností, že tato chyba nikdy nezpůsobí havárii. Nízké hodnoty pravděpodobnosti výskytu havárie nezaručují bezpečnost a bezpečnost nevyžaduje mnohdy ultra vysokou spolehlivost zařízení.

Hlavním nedostatkem pravděpodobnostních modelů nejčastěji není to, co zahrnují, ale to, co nezahrnují. Nízké hodnoty pravděpodobnosti jednoduše hovoří o tom, že systém neselže uvažovaným způsobem, ale naopak, selže s daleko vyšší pravděpodobností způsobem, o kterém uvažováno nebylo. Odlišování rizika nehody od chyb je podstatné pro to, abychom porozuměli rozdílu mezi bezpečností a spolehlivostí.

Je třeba si uvědomit, že integrální (systémová) bezpečnost a provozní bezpečnost nejsou u technických děl totéž. Provozní bezpečnost technických děl, tj. **technická bezpečnost**, je směsicí aspektů bezpečí a spolehlivosti a vyjadřuje se pomocí **provozní spolehlivosti** technického díla [2,4,15], která se popisuje zkratkami **RAMS** (Reliability, Availability, Maintainability, Security) nebo **ARSS** (Availability, Reliability, Safety, Security), přičemž platí:

1. Availability (**dostupnost**) je schopnost systému poskytovat služby, když se požadují.
2. Reliability (**spolehlivost**) je schopnost systému fungovat tak, je zamýšleno, tj. plnit úkoly tak, jak mu byly předepsány.
3. Safety (**bezpečnost**) je schopnost systému fungovat tak, že nepůsobí škodlivě na sebe a na okolí.
4. Security (**bezpečí, zabezpečení**) je schopnost systému ochránit se před nežádoucími vnějšími a vnitřními vlivy.

Z pohledu lidí, tj. veřejného zájmu zahrnutého v konceptu OSN [11], je správné se soustředit u technických děl na řízení integrální bezpečnosti.

Na závěr pro pochopení problematiky odkážeme na dva diagramy rybí kosti v práci [17], které ukazují, že zdroje rizik sledované při řízení spolehlivosti mostů a při řízení bezpečnosti mostů nejsou totožné a že u řízení rizik, které je zacílené na bezpečnost je soubor rizik podstatně širší a zahrnuje dynamické chování, vyvolané změnami v čase.

6. Poznatky pro řízení bezpečnosti technických děl

Podle prací [1,4,18] mají rozhodující vliv na bezpečnost technických děl a bezpečnost entit obecně, následující faktory: odpovědná autonomie; adaptabilita, celistvost; a smysluplnost úkolů. Protože lidské chování není deterministické, jsou hlavními charakteristikami předmětných systémů vynořující se vlastnosti, nedeterministické chování a složité vztahy mezi organizačními cíli. O každém sledovaném systému vždy rozhoduje člověk a údržba, renovace, změny. Z inženýrského pohledu se sledované systémy, tj. v daném případě technická díla, charakterizují *strukturou, hardwarem, procedurami, prostředím, toky informací, organizací* (problém organizačních havárií – [2,19,20]) a *rozhraním mezi uvedenými položkami*.

Na základě současného poznání shrnutého v pracích [1,4] orientace na bezpečnost musí být součástí systému řízení technického díla při respektování omezení reálného světa. V praxi to znamená zvažovat:

- technické dílo jako kombinaci lidí, postupů a zařízení, které jsou integrované tak, aby se prováděl specifický provozní úkol nebo funkce ve specifickém prostředí,
- koncept bezpečnosti systému jako aplikaci speciálních technických a organizačních dovedností s cílem systematicky předcházet identifikaci ohrožení a řízením rizik a škodám a ztrátám na aktivech lidského systému s nimi spojených, a to během celé životnosti každého zařízení vytvořeného a realizovaného člověkem,
- bezpečnost kybernetických nástrojů použitých v systémech řízení.

Pro dosažení určité optimální bezpečnosti technických děl, je nutné řízení bezpečnosti, které je povahy multidisciplinární a interdisciplinární, které chápe vnitřní závislosti, tzv. interdependences, a umí se s nimi vypořádat. Nezbytným předpokladem je používání systémového myšlení. Z teoretického pohledu [1,4] je třeba:

1. Vytvořit popis a charakteristiku technického díla chápaného jako systém systémů, který má jak veřejná aktiva, tak aktiva systému samotného (jimiž jsou dobrý stav dílčích prvků, spolehlivost a správná funkčnost dílčích systémů i celého systému), mezi kterými existují vnitřní vazby.
2. Určit závažná rizika (v systému je více chráněných aktiv, které jsou propojené vnitřními vazbami) pro zdroje rizik uvnitř i vně systému.
3. Stanovit kritéria pro integrální bezpečnost systému systémů.
4. Stanovit pojmy a základy komunikace pro multidisciplinární a mezioborovou spolupráci při zajišťování bezpečnosti systému systémů.
5. Stanovit zásady pro řízení bezpečnosti systému systémů.
6. Stanovit legislativu pro podporu řízení bezpečnosti systému systémů.
7. Vytvořit kontrolní mechanismy pro monitorování bezpečnosti systému systémů.

Bezpečnost je záležitostí všech zúčastněných. Proto se v praxi používají tzv. **zlatá pravidla všech zúčastněných** [21]; jde o budování kultury bezpečnosti zahrnující i motivaci lidí pracovat bezpečně. V dané souvislosti je **bezpečnost technického díla** vlastnost technického díla, která je nadřazena spolehlivosti [4]. Proto jsou parametry technického díla, které určují kvalitu technického díla jako systému systémů, uspořádány do pořadí:

- *bezpečnost*, tj. schopnost technického díla předcházet kritickým stavům technického díla (aktivní bezpečnost využívá prvky řízení; pasivní bezpečnost využívá ochranné prvky) a při jejich výskytu neohrozit existenci ani sebe, ani svého okolí,
- *spolehlivost*, tj. schopnost technického díla poskytovat požadované funkce za daných podmínek, v dané kvalitě a v daném časovém intervalu,
- *dostupnost*, tj. schopnost technického díla poskytovat požadované funkce při výskytu procesu, který danou funkci využívá,
- *integrita*, tj. schopnost technického díla poskytovat časově korektní a platná hlášení uživatelům o poruchách technického díla,
- *kontinuita*, tj. schopnost technického díla poskytovat požadované funkce bez přerušení během vyvolání procesu,
- *přesnost*, tj. schopnost technického díla zajistit požadované chování technického díla v požadovaném rozmezí.

Z důvodů složitosti technických děl jsou u nich typické vzájemné závislosti, které mají povahu fyzickou, kybernetickou, logickou a územní [1,4,15]. V důsledku závislosti dochází ke spřažením trvalým nebo dočasným jen za jistých podmínek. Předmětná spřažení jsou příčinou průřezových rizik, která se realizují jen za jistých podmínek a vedou ke kaskádovitým jevům, neočekávaným jevům, které působí významné ztráty a škody jak na aktivech technického díla, tak na okolí, tj. veřejných aktivech. Ve složitých systémech, kterými jsou výkonná technická díla, je možné velké množství kombinací procesů, a proto nejsme schopni stanovit všechny možné scénáře jejich havárií. Nerozlučitelnost chování technického díla spočívá v tom, že systémy: jsou vystaveny skrytým propojením, která mohou neutralizovat zálohování, spojky, firewalls, a tím vytvořit situace, pro které inženýři nepřipravili rozumný postup. Kaskádová selhání mohou akcelarovat ztrátu kontroly, zkrátit obsluhu a odepřít možnost obnovy normálního režimu [1,4].

Proto na základě současného poznání je třeba počítat jak s proměnnou technických děl v čase, tak s dynamickým vývojem okolí technických děl, což znamená i proměnu vzájemných vztahů technických děl a jejich okolí. Proto cíl zajistit bezpečné technické dílo znamená řídit integrální bezpečnost pomocí zacíleného řízení rizik, a to na několika úrovních: technické, funkční / operativní, taktické, strategické i politické [4]. Je zřejmé, že kvalifikované řízení na úrovních technické až strategické musí provádět systémoví inženýři, kteří nemusí být experty na všechny aspekty systému, ale musí rozumět podsystémům a různým jevům v nich natolik, aby byli schopni popsat a modelovat jejich charakteristiky, pochopit rizika, jejich zdroje a dopady a včasnými zásahy zabránit škodám a ztrátě konkurenceschopnosti technického díla. Žádoucí je spolupráce inženýrů ze všech zúčastněných oborů [1,4,15,21], která však v ČR chybí, jak ukazují závěry šetření provedených v podnicích [5].

Podle úvah současných filosofů, rizika ve společnosti mají svoji objektivní i subjektivní stránku, navíc nestojí mimo kulturní a hodnotové souvislosti (nejsou v tomto směru ani „čistě vědeckým“ problémem a zasluhují pozornost i z hlediska občanské participace). I když moderní společnost uplatňuje onu pohodlnou strategii pojištění a odškodnění, nelze na ni plně spoléhat, neboť některá rizika jsou schopna zasáhnout podstatu sociálního systému lidské společnosti, což platí pro některá rizika, která mohou významně poškodit bezpečnost technických děl.

Je si třeba uvědomit, že riziko není komplementární veličinou k bezpečnosti. Lze zavést organizační opatření, např. systémy varování, organizační resilienci apod., kterými lze zvýšit bezpečnost, i když velikost rizika se nesníží [4]. Komplementární veličinou k bezpečnosti technického díla je kritičnost technického díla (C), chápaná jako míra, s jakou může dojít

v souvislosti s činností sledovaného technického díla k úrazu osob, zničení materiálu, škodě či jiným velkým ztrátám. Platí vztah:

$$C = S * O * B$$

ve kterém *S* je závažnost největšího dopadu dané pohromy; *O* pravděpodobnost výskytu pohromy; a *B* je podmíněná pravděpodobnost, že se při dané pohromě vyskytne nejzávažnější dopad. Kritičnost označuje určitou prahovou hodnotu pro sledovaný objekt. Jsou-li její hodnoty pod tímto prahem, tak je stav žádoucí a opačně. Ve světě existuje řada standardů, které upravují řízení zvyšování bezpečnosti či snižování kritičnosti [4].

Dle současného poznání, má v technických dílech zásadní význam kultura bezpečnosti, která souvisí s organizační kulturou. Jde o soubor dohodnutých pravidel uplatňovaných v řízení technického díla pro vytváření norem institucionálního chování. Znamená správné aplikování znalostí, přemýšlení a správné reakce na reálné situace. Nejde totiž jenom o dodržování norem a předpisů zacílených na spolehlivost našich opatření a činností, protože tím můžeme přehlédnout jevy, které normy a předpisy nevidí. Jde o chování založené na řízení znalostí [22].

7. Závěr

Z pohledu bezpečí a rozvoje lidí je třeba u technických děl upřednostnit řízení bezpečnosti, které v sobě zahrnuje řízení spolehlivosti, protože na základě analýzy havárií je bezpečnost nadřazená spolehlivosti. Bezpečnost technických děl z hlediska provozovatele technického díla má tři cíle z hlediska veřejného zájmu [4]. Prvním cílem je zajistit provozní spolehlivost (dependability) technického díla, protože tím technické dílo zabezpečuje služby a výrobky, ke kterým je technické dílo vybudováno. Druhým cílem je zajistit integrální (systémovou) bezpečnost technického díla, tj. ochránit technické dílo před pohromami všeho druhu (vnitřními i vnějšími, a to včetně lidského faktoru). Třetím cílem je zajistit, aby technické dílo ani při svých kritických podmínkách neohrožovalo sebe a své okolí, tj. ostatní veřejná aktiva.

Příklady z praxe [23] ukazují, že bezpečnost v řadě případů nevyžaduje vysokou spolehlivost (např. vlak za nepříznivých podmínek nesmí s ohledem na možné ztráty lidských životů a materiální škody při případné havárii upřednostnit spolehlivost před bezpečností, tj. snažit se včas dojet do stanice a přitom ohrozit životy a zdraví lidí). Jelikož se v současné době budují autonomní systémy řízení technických děl, tak se ukazuje jako velmi důležité sestavení pořadí kritérií, dle kterých bude autonomní systém rozhodovat s ohledem na bezpečí a zdraví lidí.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [3] FILIPPINI, R., SILVA, A. A Modelling Language for the Resilience Assessment of Networked Systems of Systems. In: *Advances in Safety, Reliability and Risk*

- Management*. CRC Press, Taylor & Francis Group, a Balkema Book, ISBN 978-0-415-68379-1 – Hbk, pp 2443-2450.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J. Checklist for Judgement of Technical Facility Safety and Results Obtained by Its Application in Practice. *Proceedings of International European Safety and Reliability Conference, ESREL2018*. ISBN: 978-0-8153-8682-7. London: Taylor & Francis Group 2018, pp. 1175-1184.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [7] KECECIOGLU, D. *Reliability Engineering Handbook*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall 1991.
- [8] ANDERSON, R. *Security Engineering- A Guide to Building Dependable Distributed Systems*. ISBN 978-0-470-068552-6. J. Wiley, 2008, 1001p.
- [9] ROLAND, H. E., MORIARITY, D. *System Safety Engineering and Management*. ISBN 0-471-6186-0. J. Wiley, 1990, 321p.
- [10] PERROW, CH. *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Princeton: Princeton University Press 1999.
- [11] UN. *Human Development Report*. New York 1994, www.un.org.
- [12] ČR. Všechno špatně. Most v Janově byl špatně navržen i špatně postaven. *Právo*, 15. srpna 2018.
- [13] TURNER, B. *Man-made Disasters*. New York: Wykeham Science Press 1978.
- [14] EU. *Council Directive 82/501/EEC of 24 June 1982 on the Major-Accident Hazards of Certain Industrial Activities*. Brussels: EU 1982.
- [15] PROCHÁZKOVÁ, D. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05245-7. ČVUT, Praha 2013, 223p.
- [16] SAGAN, S. *The Limits of Safety*. Princeton: Princeton University 1993.
- [17] PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, Z. Zdroje rizik a opatření pro zvýšení bezpečnosti mostů. *Předmětný sborník*.
- [18] ALE, B., PAPAOGLOU, I., ZIO, E. (eds). *Reliability, Risk and Safety*. ISBN 978-0-415-60427-7. London: Taylor & Francis Group 2010, 2448p.
- [19] REASON, J. *Human Error*. Cambridge: University Press 1990.
- [20] WIEGMANN, D. A., SHAPPELL, S. A. *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System*. ISBN 0754618730. Ashgate Publishing, Ltd., pp. 48–49.
- [21] OECD. *Guidance on Safety Performance Indicators. Guidance for Industry, Public Authorities and Communities for developing SPI Programmes related to Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. OECD, Paris 2002, 191p.
- [22] PROCHÁZKOVÁ, D. *Ochrana osob a majetku*. ISBN: 978-80-01-04843-6. Praha: ČVUT 2011, 301p.

[23] ČVUT. Řízení rizik a bezpečnost složitých technologických objektů (RIRIZIBE)“
CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/000. Praha: ČVUT 2018.

Poděkování: Autoři děkují za podporu EU a MŠMT, grant na projekt RIRIZIBE,
CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002649.

PRINCIPY PRO ŘÍZENÍ RIZIK SLOŽITÝCH TECHNICKÝCH DĚL

PRINCIPLES OF MANAGEMENT OF RISKS OF COMPLEX TECHNICAL FACILITIES

Dana Procházková¹⁾, Jan Procházka²⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Bezpečnost technických děl závisí na kvalitě vyjednávání s riziky. Nestačí znát zdroje rizik a dopady spojené s realizací rizik, protože pro zvládnutí rizik jsou potřebné znalosti, disponibilní zdroje, síly a prostředky pro jejich zvládnutí, aby škody, ztráty a újmy na chráněných aktivech byly únosné. Proto míra snížení rizika je také předmětem vrcholového řízení a politického rozhodování, při kterém se využívají současné vědecké a technické poznatky a zohledňují se ekonomické, sociální a další podmínky. To znamená, že všechny úrovně řízení musí dbát na správnou kulturu bezpečnosti. Kritickým zvážením poznatků o řízení a vypořádání rizik a poučení z havárií rozmanitých technických děl jsou stanoveny zásady pro řízení rizik složitých technických děl na úseku:

- propojení veřejné správy a managementu technických děl v počtu 40 pro: politickou úroveň (parlament, vláda, veřejná správa); strategickou úroveň (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel); taktickou úroveň (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel); operativní / funkční úroveň (místní veřejná správa, provozovatel); a technickou úroveň (provozovatel),
- řízení technického díla v počtu 66 pro úseky: koncepce technického díla a způsob řízení technického díla; požadavky na data, metody a techniky, které zajišťují kvalitní rozhodování a řízení technického díla; postupy pro správné umístění, kvalitní projekt, výstavbu a provoz technického díla; a zajištění kontinuity provozu technického díla a podpory základních funkcí státu, tj. veřejného zájmu.

Klíčová slova: složité technické dílo; riziko; bezpečnost; úrovně řízení rizika; principy pro řízení rizika.

Abstract: Safety of technological facilities depends on the quality of negotiations with risks. It is not enough to know the sources of risks and impacts related to the realization of the risks, because for pulling off the risks, there are necessary knowledge, available sources, forces, and means for realisation of countermeasures so damages, losses and injuries to protected assets may be reasonable. Therefore, the rate of reduction of risk is also subject to top management and political decision-making, at which they are used current scientific and technical knowledge and taken into account the economic, social and other conditions. This means that all levels of

¹⁾ Doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

²⁾ RNDr., Ph.D., prochj31@fd.cvut.cz

management need to follow the proper safety culture. A critical consideration of knowledge about risk management and the trade-off with risks and lessons learned from the accidents of various technological facilities are established: principles for the risk management of complex technological facilities in the field of:

- the linking of public administration and management of the technological facility in the number 40 for: the political level (Parliament, Government, public administration); the strategic level (public administration, owner, investor, operator); the tactical level (public administration, owner, investor, operator); the operational / functional level (local public administration, the operator); and technical level (operator),
- management of the technological facility in the number 66 for sections: the concept of technological facility and way of management of the technological facility; requirements for data, methods, and techniques that ensure the quality of decision-making and management of the technological facility; the procedures for the correct sitting, the quality of the project, the construction and operation of the technological facility; and ensuring the continuity of operation of the technological facility and support the basic functions of the State, i.e. the public interest.

Key words: complex technological facility; risk; safety; levels of risk management; principles for risk management.

1. Úvod

Cílem lidského snažení je zajistit životy, zdraví, bezpečí a rozvoj lidí. Proto na základě současného poznání [1] lidé musí:

- pečovat o základní veřejná aktiva (životy, zdraví a bezpečí lidí; majetek a veřejné blaho; životní prostředí; infrastruktury a technologie). Technická díla patří do základních veřejných aktiv, protože: zajišťují výrobky a služby, které zkvalitňují život lidí; přispívají k zaměstnanosti, technické vzdělanosti, energetické soběstačnosti a konkurenceschopnosti; a vytváří zázemí odezvy na kritické situace (každá odezva potřebuje energii, technické prostředky, finance, dopravní prostředky, materiál apod.),
- své chování uzpůsobit tak, aby byla zachována koexistence základních systémů (environmentálního, sociálního a technologického), které jsou nezbytné pro existenci a život lidí, tj. pro bezpečný lidský systém, který má povahu SoS; tj. otevřený systém systémů, který je souborem řady vzájemně se prolínajících otevřených systémů. Propojení jsou zdrojem vnitřních závislostí, tzv. interdependences, a to žádaných i nežádaných, z nichž některé se projeví jen za specifických podmínek.

K danému cíli lidé používají nástroj „řízení“. Řízení (Management) je velmi široký pojem. Řídit znamená „mít pod svým vedením, ovládat, spravovat, regulovat, usměrňovat“. Od doby zakladatele vědeckého řízení pana Taylora [2] a jeho následovníka pana Fayola [3] se základní funkce řízení nezměnily. Vykonavatelem řízení jsou lidé, kteří vedou předmětnou entitu k prosperitě a efektivitě. Předmětná skutečnost platí i pro poloautomatické a automatické řízení, protože jejich algoritmy vytváří člověk. V reálném světě člověk může dobře řídit své chování a chování děl, která vytvořil, když si uvědomí omezení svých možností a schopností, a podle toho navrhuje a provádí svá opatření a činnosti.

Správné řízení lidského systému zacílené na zajištění bezpečí a rozvoje lidí dle [1] znamená, že lidé provádí opatření a činnosti, které zajišťují: existenci, tj. rovnováhu v lidském systému; efektivnost, tj. schopnost lidského systému vyrovnat se s nedostatkem zdrojů; volnost, tj. schopnost lidského systému dobře zvládat výzvy z okolí; bezpečí, tj. schopnost lidského systému ochránit se před jevy uvnitř i vně; adaptaci, tj. schopnost lidského systému přizpůsobit se vnějším změnám; A koexistenci, tj. schopnost lidského systému měnit své chování tak, aby chování reagovalo na chování a orientaci dalších systémů a aby je neohrožoval a ony neohrožovaly jeho.

Technická díla složená z objektů a sítí, jsou vytvořena člověkem ke zvýšení kvality života lidí. Proto patří do veřejných aktiv lidské společnosti. Vlastní aktiva technických děl tvoří stavby, jejich prvky, zařízení, obsluha a další personál, konstrukční a kybernetická propojení způsobující požadované vazby a toky mezi vyjmenovanými položkami, znalosti (know-how), provozní postupy, výrobky, rezervy (materiálové, finanční, lidské a další), smlouvy o spolupráci s veřejnou správou, bezpečnostními složkami, výzkumnými institucemi, veřejností atd.

Je pochopitelné, že řízení technických děl musí splňovat také požadavky správného řízení. Na základě současného poznání [1,4-6] lze uvedený cíl splnit jen tehdy, když lidé při řízení území, technického díla, státu aj.:

- zvažují všechna chráněná aktiva; u technických děl jde jak o veřejná aktiva, tak o vlastní aktiva technických děl, kterými jsou: majetek a technologie, know-how, prosperita, soulad organizace se státem v místě působení (tj. plnění úkolů, ke kterým byla organizace zřízena), konkurenceschopnost, good will apod.,
- používají současné poznání v kontextu teorie systémů,
- řídí své činnosti tak, aby nezpůsobovali jevy, které by vedly k desintegraci až rozpadu lidského systému (tj. nevytvářeli vědomě podmínky pro vznik tzv. organizačních havárií).

2. Poznatky o bezpečnosti technických děl

Rozvoj technických děl, tj. objektů i sítí, směřuje stále více ke kombinaci jednotlivých zařízení a k tvorbě komplexních systémů s cílem dosáhnout zvýšení výroby a vysoké ziskovosti. Takto vytvářené systémy nejsou výsledkem expertů z jedné disciplíny (oboru), nýbrž jsou výsledkem interdisciplinárních týmů. Zvláště pro síťové technologie platí, že jednotlivý expert není schopen kompletně posoudit a ovládat velké technické systémy. Z hlediska potřeby zajistit udržitelný rozvoj lidské společnosti je předpokladem pro konstrukci předmětných komplexů ovládnutí jejich bezpečnosti, což znamená nutnost, aby experti z různých disciplín spolupracovali.

Je logické, že v komplexních systémech bezpečnostní funkce musí být zvažovány v souvislostech s ostatními funkcemi systému a jeho podsystémů. Tj. nestačí řešit jednotlivosti (tj. problémy bezpečnosti uvnitř jednotlivých podsystémů), ale je třeba řešit zároveň bezpečnost celku i bezpečnost jednotlivostí (tj. dílčích podsystémů). Přitom je třeba počítat s dále uvedenými ohroženími: vnější ohrožení (ohrožení od jevů v okolí systému); vnitřní ohrožení (ohrožení od vnitřních zařízení jednotlivých podsystémů); funkční ohrožení (ohrožení spojená se selháním funkcí celého systému nebo zařízení či komponent systému, tj. selháním podsystémů); ohrožení spojená s montáží; a lidská ohrožení (ohrožení spojená s lidskými činnostmi).

Technická díla jsou otevřené složité kyber-socio-technologické systémy; jejich modelem je systém systémů (SoS). Systém systémů je soubor vzájemně propojených otevřených systémů. Složitost technických děl vychází z požadovaných rysů systémů, a to: velký rozměr; použití více technologií; složité funkční závislosti; velká interoperabilita; velký výkon; a vysoká bezpečnost, tj. funkčnost a spolehlivost i nízké ohrožení chráněných aktiv při podmínkách normálních, abnormálních i kritických. Infrastruktury jsou umístěny do území i do lidské společnosti, které ho ovlivňují.

V každém území se vyskytují pohromy, tj. škodlivé jevy všeho druhu, jejichž velikost se mění v čase a prostoru. Předmětné jevy od jisté velikosti poškozují technická díla a jejich narušení mohou vyvolat kaskády nežádáných jevů a domino efekty, které ještě zvýší ztráty na životech lidí a škody na dalších veřejných aktivech. Pohromy všeho druhu jsou zdrojem rizik pro technická díla. Riziko v inženýrských disciplínách je chápáno jako pravděpodobná velikost ztrát, škod a újm na chráněných aktivech v konkrétním místě, normovaná na zvolenou jednotku času [1,4-6]. Je závislé na velikosti konkrétního škodlivého jevu (pohromy) a místní zranitelnosti aktiv.

Bezpečnost a riziko spolu jistým způsobem souvisí, ale nejsou komplementární veličiny. Snížení rizika znamená zvýšení bezpečnosti, ale obráceně to neplatí. Kritéria pro posuzování rizik vychází z: charakteru a druhu následků, které se mohou vyskytnout včetně jejich měření; způsobu stanovení pravděpodobnosti výskytu rizika; časového rámce následků a pravděpodobnosti výskytu rizika; způsobu určení úrovně rizika; úrovně, pod níž je riziko přijatelné nebo tolerovatelné; úrovně rizika, od níž je třeba zajistit cílenou odezvu; možnosti kombinace více rizik [4].

Shromážděné znalosti [5] ukazují, že při zajišťování bezpečnosti technických děl je třeba počítat s riziky: bezpečnostními; stavebně-technologickými a projekčními; kreditními; tržními; vnějšími; provozními; spojenými s řízením a rozhodováním. Je si třeba uvědomit, že významné zdroje rizik jsou: poruchy dodavatelsko-odběratelských vztahů; nejistota v oblasti pracovních sil; neurčitost finančních zdrojů; havárie a velké poruchy na provozovaném zařízení; průmyslové havárie u jiných subjektů; živelní pohromy; a politická nebo hospodářská nestabilita v regionu, kde je objekt umístěn.

Je skutečností, že bezpečnost jednotlivých technologických sektorů závisí na bezpečnostních tradicích, které se vyvíjely určitou dobu v daném sektoru. Proto v celku složeném z několika sektorů jsou provedena bezpečnostní opatření různorodá a odpovídají znalostem a zkušenostem doby, ve které byly vytvořeny. Dodnes je skutečností, že při sestavování technologických systémů a při vytváření jejich bezpečnosti experti z různých oborů pracují odděleně, což nezaručuje ani optimální bezpečnost, ani optimální náklady.

3. Řízení rizik technických děl zacílené na bezpečnost

V důsledku povahy technických děl nestačí pracovat s dílčími riziky nebo a s integrovanými riziky, ale je třeba zvažovat integrální riziko. ***Celkové (integrální) riziko [4] je rovno součtu přímých a nepřímých ztrát na aktivech, přičemž nepřímé ztráty zvyšují:***

- prodlevy nebo chyby v odezvě,
- kaskády selhání způsobené synergickými a kumulativními jevy, které jsou způsobené vazbami a spřaženími mezi aktivy,
- domino efekty.

Integrální riziko je vyjádřeno vztahem

$$R(H) = \left[\sum_{i=1}^n A_i(H)Z_i(H) + \sum_{i=1}^n \int_0^T \int_S F(H, A_i, P_i, O, t) dS dt \right] \cdot \tau^{-1}$$

ve kterém H je ohrožení spojené s danou pohromou v místě objektu; A_i jsou hodnoty sledovaných aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$; Z_i jsou zranitelnosti aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$; F je ztrátová funkce; P_i jsou pravděpodobnosti výskytu poškození aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$ – jde o podmíněné pravděpodobnosti; O zranitelnost ochranných opatření; S velikost sledovaného objektu; t je čas měřený od vzniku škodlivého jevu; T je čas, po který vznikají ztráty; a τ je perioda opakování pohromy [4]. Je skutečností, že dosud neznáme tvar ztrátové funkce. Proto používáme dále uvedený postup.

Na základě současných znalostí, přímé škody, ztráty a újmy na aktivech umíme určit, když vybereme správný scénář pohromy. Neumíme správně určovat škody, ztráty a újmy spojené s vazbami a toky ve složitých systémech, kterými jsou technická díla [4]. Proto v praxi stanovíme expertním způsobem řadu relevantních scénářů prioritních pohrom. Jejich rizika určíme pomocí scénářů vytvořených pomocí případových studií, s tím, že použijeme scénáře pohrom, které mají největší pravděpodobnost výskytu. Poté stanovíme hodnotu rizika a na jejím základě ochranná opatření [4].

Úkolem řízení rizika je najít optimální způsob, jak vyhodnocená rizika snížit na požadovanou společensky přijatelnou úroveň, případně je na této úrovni udržet. Proto je třeba se dohodnout na tom, jaké požadavky bude výstup z hodnocení rizika splňovat a při vypořádávání rizik je nutné se snažit tyto požadavky dodržovat a případné nedodržení odůvodnit. Na základě poznání moderního způsobu práce s riziky [4] požaduje:

- riziko stanovovat během celého cyklu životnosti objektu (umístování, projektování, výstavba, provoz,
- stanovení rizika zaměřovat na požadavky uživatelů a úroveň poskytovaných služeb,
- stanovovat rizika podle kritičnosti dopadů na procesy, poskytované služby a na aktiva, která stanovuje veřejný zájem,
- nepřijatelná rizika zmírňovat prostřednictvím nástrojů řízení rizik, tj. pomocí technických a organizačních návrhů, standardizací operačních postupů nebo automatizovanou kontrolou.

Postup v případě, že riziko není přijatelné, [5] spočívá v:

- vyhnutí se riziku (tj. nezačít nebo nepokračovat v činnostech, které jsou zdrojem rizika), když to jde – u přírodních pohrom to nejde,
- odstranění zdrojů rizik, tj. zabránění vzniku pohrom, když to jde – u přírodních pohrom to nejde,
- snížení pravděpodobnosti výskytu rizika, tj. výskytu větších pohrom (např. snížením množství nebezpečných chemických látek v podnicích), když to jde – u přírodních pohrom to nejde,
- snížení závažnosti dopadů rizika, tj. příprava zmírňujících opatření jako jsou varovací systémy, systémy odezvy a obnovy,
- sdílení rizika, tj. rozdělení rizika mezi zúčastněné a pojišťovny,

- retence rizika.

Bezpečnost technického díla se musí stále budovat, protože svět se dynamicky vyvíjí. Program bezpečnosti celého složitého systému musí zabezpečovat přesně stanovený postup metodické kontroly bezpečnostních aspektů a hodnotit projekt zařízení ve smyslu identifikování možných zdrojů rizik a předepsání časově i nákladně efektivních nápravných zásahů. Cíle programu bezpečnosti systému mají zajistit:

- opatření pro zajištění bezpečnosti jednotlivých zařízení, která jsou zabudovaná inherentně,
- opatření řízení rizik na akceptovatelné úrovni ohrožení, a to u všech rizik přidružených k systému, podsystému a jednotlivým částem,
- opatření řízení rizik pro ohrožení, která nemohou být eliminována (nadprojektové pohromy), kde musí být taková opatření, aby chránila personál, zařízení a majetek,
- minimální riziko při použití nových materiálů, anebo výrobků a testovacích technik,
- realizace nápravných opatření požadovaných pro zlepšení bezpečnosti dočasným včleněním bezpečnostních faktorů, které byly vytvořeny již během vzniku systému,
- zvážení historických údajů o bezpečnosti generované podobnými programy bezpečnosti všude tam, kde je to vhodné.

Aktivity související s bezpečností celku technického díla začínají hned v nejranějších stádiích vývoje koncepce technického díla a pokračují přes všechny projekční činnosti, výrobu, testování, provoz a odstavení. Podstatný aspekt, který odlišuje přístup bezpečnost systému od ostatních přístupů k bezpečnosti (provoz, proces, výrobků, zásob apod.) je její prvořadý důraz na včasnou identifikaci a klasifikaci nebezpečí tak, aby mohly být přijaté nápravy pro jejich eliminování, anebo minimalizování ještě před konečným projektovým rozhodnutím. Základní aspekty bezpečnosti systému jsou shrnuty v práci [6].

Účinné řízení bezpečnosti spočívá: ve stanovení politiky a v definování cílů bezpečnosti, tj. v plánování úloh a procedur; v definování odpovědnosti a určení kompetencí; v dokumentování a průběžném sledování ohrožení a z nich plynoucích nebezpečí včetně kontrol; v udržování bezpečnostního informačního systému včetně zpětné vazby a forem hlášení poruch/havárií apod.

Vždy, když pracujeme s rizikem, ať ho řídíme nebo s ním vyjednáваме, a to v klasickém pojetí nebo v moderním pojetí zaměřeném na bezpečí a udržitelný rozvoj, tak musíme respektovat, že hlavními znaky každého rizika jsou nejistota a neurčitost. Jejich příčiny dělíme na odchylky vznikající při průběhu děje, který je:

- obvyklý za normálních podmínek systému, kdy vznikají jen malé variace (zdroj nejistot),
- skutečný, kdy vznikají příležitostné změny procesu v systému, které vedou k výskytu příležitostných extrémních hodnot (zdroj nejistot a příležitostných neurčitostí),
- proměnný, kdy vznikají velké změny procesu v systému, např. způsobené vnějšími příčinami (zdroj neurčitostí).

Nejistota souvisí s rozptylem pozorování a měření. Lze ji do hodnocení a predikce zapracovat pomocí aparátu matematické statistiky. Neurčitost souvisí jak s nedostatkem znalostí a informací o procesu, tak s přirozenou variabilitou procesů a dějů, které vyvolávají pohromy nebo dokonce hrubými chybami. Pro zapracování a zvážení neurčitostí je aparát matematické statistiky nedostatečný a je třeba používat jiný, modernější matematický aparát, který poskytují např. teorie extrémních hodnot, teorie mlhavých množin, teorie fraktálů, teorie dynamického chaosu, vybrané expertní metody a vhodné heuristiky [7].

Pro zajištění bezpečnosti technických děl je dle [4,8,9] třeba: stanovit co a proč je nutné chránit; stanovit minimální úroveň ochrany; posoudit současnou úroveň ochrany; v případě zjištění, že ochrana je nedostatečná navrhnout opatření; zajistit prostředky; aplikovat opatření pro ochranu; periodicky kontrolovat stav; udržovat ochranu na odpovídající úrovni; a revidovat opatření v závislosti na vývoji. Úkoly má: vlastník; veřejná správa; bezpečnostní složky; i občané dle [4,8].

Ze systémového hlediska je pro zajištění bezpečnosti technického díla třeba sledovat: informační činnost pro podporu rozhodování; zařízení, opatření a činnosti podporující bezpečnost; lidi jako subjekty a objekty bezpečnosti; a procedury spojující lidi a strukturu technického díla.

V rámci řízení rizik technického díla je třeba kvalitně provést pět klíčových aktivit, a to:

1. Vymezení cíle a centra zájmu řízení bezpečnosti: identifikovat kontext, určit prioritní cíle a určit oblasti a zásadní úkoly. Výběry jsou založeny na hodnocení aktiv a cílů. Tím stanovíme, které riziko je v daném případě prioritní.
2. Popis: směřuje k objektivnímu pochopení pravděpodobnosti výskytu a velikosti dopadů (v kvalitativním nebo lépe kvantitativním vyjádření) možných pohrom a selhání technického díla. Jedná se o vysoce odbornou činnost vyžadující hluboké znalosti a kvalitní data.
3. Rozhodnutí: vyhodnocení kvality předpovědi vývoje technického díla pokud možno jako optimum při zvážení přínosů a ztrát při provozu technického díla v dynamicky proměnném okolí. Rozhodnutí, jak zmírnit a řídit rizika a jak implementovat opatření, reprezentuje klíčový krok v rámci řízení rizika.
4. Komunikace: projednání souboru opatření a činností s klíčovými aktéry procesu provozu technického díla a s ostatními zúčastněnými. Legislativa vyžaduje v důležitých otázkách komunikaci s veřejností, konzultace, odstranění konfliktů a stanovení partnerství.
5. Monitoring a poučení: sledování určených veličin a jejich hodnot, které charakterizují důsledky rozhodnutí a činností na technické dílo, a v případě zjištění významných odchylek, které mohou narušit dosažení cíle, aplikovat korekce.

Práce [5] shrnuje: alternativy, které se používají, když riziko není přijatelné; a postupy pro zvládání rizik (prevence, připravenost, odezva, obnova, pojištění). Ukazuje, že zvládání rizik je třeba rozdělit mezi všechny zúčastněné. Rozdělení ve správném řízení se provádí tak, že se vychází z toho, že za zvládání rizik odpovídají všichni zúčastnění (od politiků přes pracovníky správy, vedení technických děl až po techniky a občany) a že zvládání konkrétního rizika se přiděluje tomu subjektu, který je na to nejlépe připraven. Na tomto principu je také založeno budování resilience (systematicky se buduje, jak technická, tak organizační).

Z pohledů vždy omezených dostupných zdrojů, sil a prostředků, při výběru opatření na zvládání rizik je třeba zajistit, aby náklady na zvládnutí rizik nepřevýšily možné škody vyvolané realizací rizika. Požadavky na řídicí týmy technických děl i ostatních zúčastněných formulovala OECD [10]; jejich rozpracování je v práci [6].

Ve veřejném zájmu legislativa musí zajistit, aby riziko spojené s technickými díly bylo přijatelné především pro ty, kteří mohou být rizikem ovlivněni, tj. především zaměstnanci technologických celků, občané žijící v okolí technologických celků a uživatelé produktů technologických celků. Z hlediska bezpečí a rozvoje je třeba vytvářet takové znalostní, personální, materiální a technické zázemí, aby technické dílo: při kritických podmínkách neohrozilo ani sebe, ani své okolí, a bylo ho možno obnovit; a při extrémních podmínkách si zachovalo schopnost obnovy.

Ze systémového hlediska je pro zajištění bezpečnosti technického díla třeba sledovat:

1. Informační činnost pro podporu rozhodování, protože stav bezpečí je výsledkem racionálního rozhodování, dobrých informací a správně provedených účinných činností. Je však třeba počítat s dopady na rozhodování o bezpečí jako jsou různá omezení (institucionální, právní, organizační), vlivy médií a veřejného mínění a dimenze politické (zájmové skupiny, ideologie) a technologické. Je třeba zavést povinnost investora a později provozovatele technického díla předkládat a po celou dobu životnosti obhajovat věcnými argumenty, že technické dílo je bezpečné.
2. Zařízení podporující bezpečnost, což jsou zařízení, technologie a organizační složky.
3. Lidi jako subjekty bezpečnosti (experti a manažeři bezpečnosti), lidé jako objekty bezpečnosti (ochrana a prevence).
4. Procedury spojující lidi a strukturu technického díla.

Ze systémového pohledu jsou chráněnými aktivy technického díla také vazby a toky mezi chráněnými aktivy.

V rámci řízení rizik technického díla je třeba kvalitně provést pět klíčových aktivit, a to:

1. Vymezení cíle a centra zájmu řízení bezpečnosti: identifikovat kontext, určit prioritní cíle a určit oblasti a zásadní úkoly. Výběry jsou založeny na hodnocení aktiv a cílů. Tím stanovíme, které riziko je pro nás prioritní.
2. Popis: směřuje k objektivnímu pochopení pravděpodobnosti výskytu a velikosti dopadů (v kvalitativním nebo lépe kvantitativním vyjádření) možných pohrom a selhání technického díla. Jedná se o vysoce odbornou činnost vyžadující hluboké znalosti a kvalitní data.
3. Rozhodnutí: vyhodnocení kvality předpovědi vývoje technického díla pokud možno jako optimum při zvážení přínosů a ztrát při provozu technického díla v dynamicky proměnném okolí. Rozhodnutí, jak zmírnit a řídit rizika a jak implementovat opatření, reprezentuje klíčový krok v rámci řízení rizika.
4. Komunikace: projednání souboru opatření a činností s klíčovými aktéry procesu provozu technického díla a s ostatními zúčastněnými. Legislativa vyžaduje v důležitých otázkách komunikaci s veřejností, konzultace, odstranění konfliktů a stanovení partnerství.
5. Monitoring a poučení: sledování určených veličin a jejich hodnot, které charakterizují důsledky rozhodnutí a činností na technické dílo, a v případě zjištění významných odchylek, které mohou narušit dosažení cíle, aplikovat korekce.

Vyjednávání s riziky vychází ze současných možností lidské společnosti a spočívá dle [5] v rozdělení rizik do kategorií:

- část rizika se sníží, tj. preventivními opatřeními se odvrátí realizace rizika,
- část rizika se zmírní, tj. preventivními opatřeními a připraveností (varovné systémy a jiná opatření nouzového a krizového řízení) se sníží nebo odvrátí nepřijatelné dopady,
- část rizika se pojistí,
- část rizika, pro kterou se připraví rezervy na odezvu a obnovu,
- část rizika, která je neřiditelná nebo příliš nákladná nebo málo častá, pro kterou se připraví plán pro nepředvídané situace (Contingency plan).

K tomu se rovněž připojuje rozdělení zvládnutí rizik mezi všechny zúčastněné. Rozdělení ve správném řízení se provádí tak, že se vychází z toho, že za zvládnutí rizik odpovídají všichni

zúčastnění (od politiků přes pracovníky správy, vedení technických děl až po techniky a občany) a že zvládnutí konkrétního rizika se přiděluje tomu subjektu, který je na to nejlépe připraven. Při výběru opatření na zvládnutí rizik je třeba zajistit, aby náklady na zvládnutí rizik nepřevýšily možné škody vyvolané realizací rizika.

Úroveň řízení bezpečnosti je především určenou kulturou bezpečnosti. Kultura bezpečnosti znamená, že člověk ve všech svých rolích (řídící pracovník, zaměstnanec, občan či oběť pohromy) dodržuje zásady bezpečnosti, tj. chová se tak, aby sám nevyvolal realizaci možných rizik, a když se stane účastníkem realizace rizik, aby přispěl k účinné odezvě, stabilizaci chráněných zájmů a jejich obnově a k nastartování jejich dalšího rozvoje. Podle některých autorů jde o soubor postojů, domněnek, norem a hodnot, které existují v dané entitě, který je odrazem toho, jak je podnik řízený, tj. jsou to všeobecné principy rozdělení pravomoci a odpovědnosti, zásady řízení a jistý poměr mezi důrazem na pracovní výsledky, autoritou, péčí o lidi, dodržování zásad bezpečnosti a zajištění funkčnosti dané entity [12].

Účinná kultura bezpečnosti odráží koncepci bezpečnosti a vychází z hodnot, stanovisek a jednání vrcholových řídicích pracovníků a z jejich komunikace se všemi zúčastněnými. Je zřetelným závazkem aktivně se podílet na řešení otázek bezpečnosti a prosazuje, aby všichni zúčastnění konali bezpečně a aby dodržovali příslušné právní předpisy, standardy a normy. Pravidla kultury bezpečnosti musí být zapracována do všech činností v území nebo jiné entitě. Jejich základem není koncentrace na potrestání viníků / původců chyb, ale poučení z chyb a zavedení takových nápravných opatření, aby se chyby nemohly opakovat nebo aby se alespoň výrazně snížila četnost jejich výskytu.

Principy kultury bezpečnosti [13]:

1. Přímý, otevřený přístup k slabým místům, jednání zaměřené na nalezení řešení.
2. Odklon od kultury připisování viny.
3. Pracovníci i vedení jednají odpovědně, samostatně s orientací na tým. „Kultura odpovědnosti“ je součástí jejich života.
4. Standardy bezpečnosti jsou akceptovány a integrovány do každodenní činnosti firmy.
5. Bezpečnost a ochrana zdraví tvoří významnou hodnotu jak pro pracovníky firmy, tak i pro celou organizaci

Úroveň kultury bezpečnosti je veličina, kterou není možno přímo a exaktně změřit, přesto má zásadní vliv na chování pracovníků, styl řízení i úroveň technologie. Definování slabých a silných stránek v jednotlivých oblastech bezpečnosti je důležité pro úroveň kultury bezpečnosti. Porovnání časové řady průzkumů umožní vyhodnotit účinnost korektivních opatření.

4. Data a metody and metody použité pro stanovení zásad pro řízení rizik technických děl

Pro odvození požadavků na zajištění bezpečnosti technických děl chápaných jako složité socio-kyber-technologické systémy byly jako data použity poznatky shrnuté v předchozích odstavcích a několik desítek zdrojů, které jsou uvedeny v pracích [6,8,9,14]; jde o:

1. Poznatky z odborné literatury a vlastního výzkumu o riziku a bezpečnosti.
2. Pokyny Mezinárodní organizace pro standardizaci kvalifikované řízení rizik.
3. Poznatky z aplikace ALARA, ALARP, RAM, RAMS aj. v průmyslu a stavebnictví.

4. Předpisy IAEA, OECD, NEA, WANO, OSN, FEMA, EMA, ISO, IRIS apod.
5. Poznatky z publikovaných výsledků hodnocení havárií, které opublikovaly např.: NASA, OECD, IAEA, WANO, NEA, OSN a další.
6. Poznatky z vlastních studií pro průmyslové a energetické objekty v ČR a zahraničí.
7. Vlastní výsledky získané z databáze havárií (sestavená z 258 světových zdrojů - 922 technologických havárií s přítomností nebezpečných látek od r. 1916; 168 světových zdrojů o 223 dopravních nehodách s přítomností nebezpečných látek od r. 1929; 281 světových zdrojů o 207 jaderných haváriích, aj.).
8. Vyhodnocení výpočtů rizik a veličin, které jsou ke stanovení rizik potřebné.
9. Zkušenosti ze sestavování nástrojů pro řízení bezpečnosti na základě řízení rizik pro průmyslové a dopravní systémy v ČR.
10. Zkušenosti z inspekcí a vyšetřování nehod a havárií v průmyslu a dopravě.
11. Zkušenosti z posuzování bezpečnostních zpráv složitých technologických objektů.
12. Výsledky výzkumných a aplikačních projektů EU, OECD, NEA a IAEA.

Všechna použitá data jsou shromážděna v archivu [14].

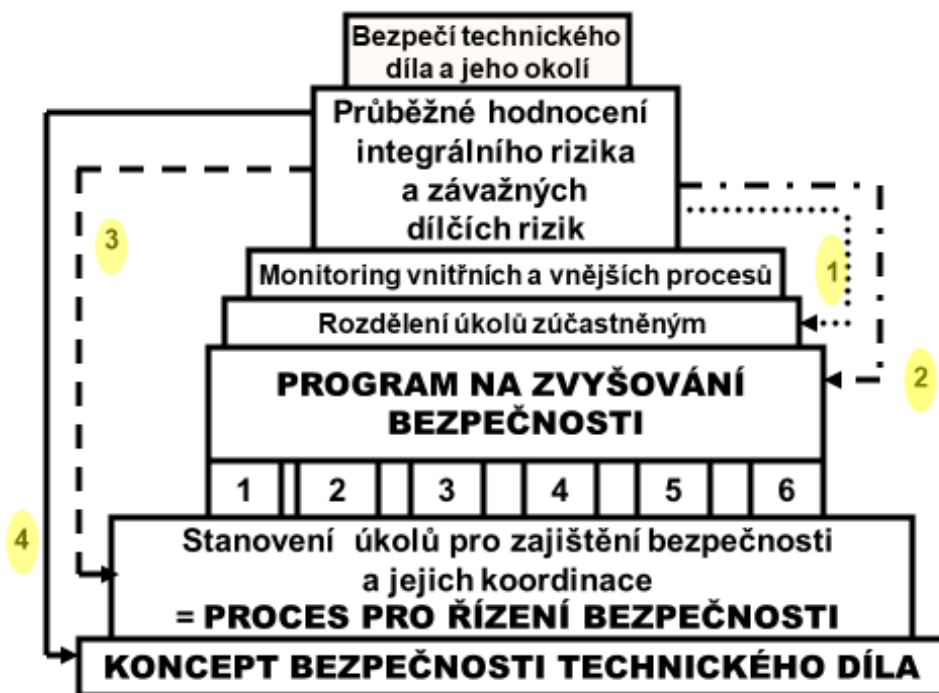
Při odvozování výsledků byly použity jak obecné logické metody, tak vybrané metody inženýrství rizika jako: stanovení kritických položek, panelová diskuse, vícestupňová metoda DELPHI [7].

5. Řízení rizik technických děl zacílené na bezpečnost

Při stanovení rizik, tj. normovaných škod, ztrát a újm na aktivech i stanovení protiopatření se opíráme o základní pojmy: pohroma; ohrožení; bezpečí; nebezpečí; bezpečnost; zabezpečený systém; bezpečný systém; a řízení komplexní (integrální) bezpečnosti systému, které jsou definované v [13]. Uvedeme pouze, že: bezpečnost souboru vzájemně závislých systémů, tj. SoS, je předurčená nejen bezpečností jednotlivých systémů, ale také charakterem vzájemných propojení; zabezpečený systém je systém, který plní kvalitně uložené úkoly po celou dobu životnosti a je ochráněn proti vnitřním i vnějším pohromám (škodlivým jevům všeho druhu); a bezpečný systém je zabezpečený systém, který kvalitně plní uložené úkoly po celou dobu životnosti, je ochráněn proti vnitřním i vnějším pohromám (škodlivým jevům všeho druhu) a navíc ani při svých kritických podmínkách neohrožuje sebe a své okolí.

Vzhledem k lidským schopnostem a možnostem je rozdíl mezi zabezpečeným a bezpečným systémem v tom, že bezpečný systém má v sobě zabudované mechanismy na zvládnutí kritických a extrémních podmínek tak, aby škody na veřejných aktivech a na něm samotném byly přijatelné.

Řízení bezpečnosti technického díla typu SoS je pak disciplína aplikující metody, nástroje a techniky založené na inženýrských a manažerských přístupech tak, aby technické dílo bylo bezpečné. Opírá se o řízení rizik, ve kterém je zapracován princip předběžné opatrnosti. V případě komplexního řízení bezpečnosti jde o řízení komplexního (integrálního) rizika; obrázek 1. Celý popis je např. v práci [15].



Obr. 1. Model řízení bezpečnosti technického díla v čase. Procesy: 1- koncepce a řízení; 2 - administrativní postupy; 3 - technické záležitosti; 4 - vnější spolupráce; 5 - nouzová připravenost; a 6 - dokumentace a šetření havárií. Zpětné vazby používané při řízení, když riziko je nepřijatelné – čísla ve žlutém kruhu.

6. Zásady pro řízení rizik technických děl a území, ve kterém se technické dílo nachází

Podle zásad řízení TQM [16] používaného v EU, a zkušeností z praxe je třeba v souvislosti s řešením problémů při stanovení rozdělení úkolů a odpovědností brát v úvahu možnosti, které existují na jednotlivých úrovních řízení. Možnosti jsou totiž dané jak pravomocemi, tak dostupností a množstvím disponibilních zdrojů, sil a prostředků které jsou potřebné k řešení:

- na operativní úrovni managementu technického díla lze úspěšně řešit dobře strukturované problémy,
- na střední úrovni managementu technického díla lze úspěšně řešit strukturované i špatně strukturované problémy, které nejsou spojeny s velkými riziky pro technické dílo,
- na vrcholové úrovni řízení technického díla lze úspěšně řešit složité i nestrukturované problémy, která mají rizika, která lze ovládat za použití nástrojů, které má jen vrcholové řízení technického díla k dispozici,
- jen vzájemnou spoluprací veřejné správy a vrcholového managementu technického díla lze řešit složité i nestrukturované problémy velkého rozsahu s velkými riziky.

U technických děl nadnárodního dosahu je pak ještě nutná mezinárodní spolupráce.

Pro odvození zásad pro řízení rizik sledovaných technických děl jsou použity znalosti a zkušenosti uvedené v předchozích kapitolách a základní hlediska:

1. Technické dílo musí být bezpečné po celou dobu životnosti, a proto řízení rizik musí být: zacíleno na integrální bezpečnost; a ve všech aspektech ucelené, systémové a proaktivní.

2. Technické dílo musí po celou dobu životnosti plnit kvalitně úkoly a ani při svých kritických podmínkách nesmí neohrozit sebe ani své okolí, tj. aplikuje All-Hazard-Approach rozpracovaný pro Evropu v práci [17], Defence-In-Depth rozpracovaný pro technická díla v práci [4], má program pro neustálé zvyšování bezpečnosti a kultury bezpečnosti.
3. Sledované technické dílo je důležité pro zajištění základních funkcí státu (elektrárny a rozvody elektřiny, vodní díla a rozvody vody, kanalizace, dálnice, velká letiště, dopravní tepny, velké výrobní celky apod.), a některé z nich i EU, a proto se povinnosti při vypořádání rizik se rozdělují mezi všechny zúčastněné.

Proto z pohledu bezpečí a rozvoje lidí je řízení rizik složitých technických děl důležité ve dvou oblastech:

- A. Správa území a management technického díla.
- B. Vlastní řízení bezpečnosti technického díla.

6.1. Zásady řízení rizik, které plní správa území a management technického díla

Zásady pro řízení rizik na úseku správy území a řízení složitého technického díla systému v počtu 40 jsou stanoveny pro úrovně:

- A1. Politickou (parlament, vláda, veřejná správa) – celkem 4 požadavky.
- A2. Strategickou (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel) – celkem 8 požadavků.
- A3. Taktickou (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel) – celkem 4 požadavky.
- A4. Operativní / funkční (provozovatel) – celkem 5 požadavků.
- A5. Technickou (provozovatel) – celkem 19 požadavků.

A1. Zásady pro řízení rizik technických děl – úroveň politická – pro: parlament, vládu a veřejnou správu:

- vytvářet podmínky pro dlouhodobou stabilitu veřejného prostoru, kterou složité technické dílo potřebuje pro kvalitní provoz, (jde především o zajištění stabilní vlády, zmírnění korupce, zabránění vytváření netolerantních skupin, zmírňování dopadů terorismu a závažných dopadů národních a nadnárodních konfliktů na složitý technologický systém).
- podporovat veřejný zájem a respektovat fakt, že rizika složitého technického díla vstupují do veřejné oblasti, tj. jde o externality, které nemohou řešit tržní mechanismy (škodlivé dopady; výpadkem provozu je ohrožena značná část veřejnosti; politické rozhodnutí má potenciál vyvolat událost, při které dojde k realizaci rizika; a nežádoucí jevy, při kterých se realizují nepřijatelná rizika, jsou rozloženy tak, že neberou ohled na politickou spravedlivost),
- respektovat, že časté změny legislativy, daní a požadavků na provozovatele složitých technických děl mohou vést ke snížení kvality provozu složitých technologických systémů,
- při rozhodování o složitých technických dílech brát v úvahu názory specialistů a neupřednostňovat momentální politické zájmy a akce nátlakových skupin.

A2. Zásady pro řízení rizik technických děl - úroveň strategická – pro: veřejnou správu, investora, vlastníka a provozovatele:

- respektovat hodnotové a kulturní souvislosti (pohodlná strategie pojištění a odškodnění není plně spolehlivá, protože při realizaci velkého rizika může dojít k zasažení sociálního

systemu, a tudíž se musí prosazovat princip předběžné opatrnosti a odpovědnost od všech zúčastněných),

- zabránit použití chybných technologií, technologické nedostatečnosti projektu složitých technických děl a nedostatečné připravenosti lokality na provoz složitých technických děl (dozor, dohled státu),
- zajistit, aby závazky spojené se složitými technickými díly byly plněny v dobré kvalitě (dozor, dohled státu),
- zajistit vzdělávání personálu pro složitá technická díla, a to především na úrovni technické a technicko - organizační; příslušný výzkum, plánování a legislativu na podporu činnosti složitých technických děl,
- při práci s riziky složitých technických děl prosazovat proaktivní, systémový a strategický přístup,
- dbát na dobrou reputaci složitých technických děl (goodwill) při práci s riziky,
- zajistit, aby nebyly podceněny významné zdroje rizik pro složitá technická díla, kterými jsou: nejistota v oblasti pracovních sil (nevhodná kvalifikace, nedostatek pracovníků, nespolehlivost pracovníků - fluktuace, stávkové hnutí apod.); neurčitost finančních zdrojů (nesolventnost obchodních partnerů, nejistota úvěru, problémy s pojištěním apod.); havárie a velké poruchy na provozovaném zařízení; průmyslové havárie u jiných subjektů; živelní pohromy; a politická nebo hospodářská nestabilita v regionu, kde je složitě technologické zařízení lokalizováno,
- zajistit schopnost veřejné správy a managementu složitých technických děl zvládnout dopady extrémní havárie a obnovu složitých technologických zařízení i okolí.

A3. Zásady pro řízení rizik technických děl - úroveň taktická – pro veřejnou správu, investora a provozovatele:

- zajistit, aby v projektu, výstavbě a provozu složitých technických děl byly zváženy a správně vypořádány všechny závažné pohromy možné v lokalitě, ve které je technické dílo umístěno,
- zajistit, aby projektová dokumentace technického díla byla správná a bez chyb; konstrukce a stavba technického díla probíhala podle odborných požadavků, tj. bez chyb, překročení stavebních nákladů a zbytečného znečištění životního prostředí v dané lokalitě,
- zajistit, aby složitá technická díla byla bezpečná za podmínek normálních, abnormálních a kritických (dohled a dozor státu),
- zajistit spolupráci s místním obyvatelstvem a místními bezpečnostními složkami pro případ havárie i rozvoje okolí složitých technických děl.

A4. Zásady pro řízení rizik technických děl - úroveň operativní / funkční – pro veřejnou správu provozovatele:

- zajistit správné vypořádání všech rizik, zvláště pak tržních rizik, jakými jsou snížení poptávky po výrobku, změny měnového kurzu; inflace, deflace a změna úrokové sazby,
- zajistit kvalitní provoz technického díla z pohledu zajištění materiálových vstupů a kvalifikovaného personálu,
- zajistit v technickém díle kulturu bezpečnosti založenou na vzájemné spolupráci, tj. mít nástroje na řízení konfliktů mezi zaměstnanci,

- zajistit zdroje a ochranné prostředky pro zaměstnance i místní obyvatelstvo, včetně informačních zařízení a dokumentů (pro případ havárie),
- zajistit příslušné vzdělání zaměstnanců, kontraktorů i místního obyvatelstva.

A5. Zásady pro řízení rizik technických děl - úroveň vlastního řízení technického díla – pro provozovatele:

- permanentně zlepšovat chápání, řízení a vypořádání rizik,
- zavést kontinuální monitoring zdrojů rizik,
- zvažovat rizika spojená s organizačními haváriemi,
- zvažovat rizika spojená se složitostí technologických celků (protože složitost nejen vytváří nová nebezpečí, ale dělá je i hůře odhalitelnými; nová nebezpečí jsou např.: zvyšování automatizace, růst výrobní kapacity, velké tempo technologických změn),
- počítat s výskytem atypických havárií, jejichž příčinou jsou neočekávané kombinace jevů a mít kvalitní plány odezvy pro více scénářů havárií a také pro havárii způsobenou kombinací řady nepřijatelných jevů,
- připustit, že mohou selhat bezpečnostní systémy,
- zpracovat plán odezvy na extrémní jevy,
- nacvičit odezvy na situace vyvolané extrémními jevy,
- pro případ velké havárie mít zajištěné místo pro řízení odezvy a technické vybavení na odklizení trosk,
- zajistit, aby se odborný top management neustále zajímal o vývoj poznání a vyhodnocoval zkušenosti z tvorby a provozu složitých technologických celků, protože neexistuje žádná předchozí zkušenost, které by mohlo být využito při překonávání nových nebezpečí, a odpovídající zákony a normy pro mnohé z nových inženýrských odvětví a technologií ještě nejsou vypracované,
- zajistit plnění všech úkolů spojených s provozem složitých technologických zařízení, které jsou uvedeny ve věcné oblasti
- zajistit plnění všech úkolů státu (výrobky v požadované kvalitě, obslužnost),
- při řízení složitých technických děl vycházet z kvalifikovaných odborných kritérií pro posuzování rizik (stanovených podle: charakteru a druhu následků, které se mohou při realizaci rizika vyskytnout včetně jejich měření; způsobu stanovení pravděpodobnosti výskytu rizika; časového rámce následků a pravděpodobnosti výskytu rizika; způsobu určení úrovně rizika; úrovně, pod níž je riziko přijatelné nebo tolerovatelné; úrovně rizika, od níž je třeba zajistit cílenou odezvu; a možnosti kombinace více rizik),
- zajistit odborné provádění činností, kvalifikovanou údržbu, kvalifikované opravy, včasné modernizace; a včasnou adaptaci na změnu podmínek (mít kvalifikované odborné řízení a vysoce účinnou odbornou kontrolu, a to včetně motivačních prostředků pro zacílení zaměstnanců na bezpečné provádění činností a vzájemnou spolupráci),
- zajistit ochranu a potřebný výcvik kritických zaměstnanců, tj. i ochranné prostředky a pomůcky a další potřebné náležitosti, a to včetně příslušných rezervních zdrojů a chráněných prostor pro ukrytí zaměstnanců,
- zajistit kvalitní provozní předpisy pro normální, abnormální a kritické podmínky,

- zajistit kvalitní monitoring a včasnou reakci na odchylky provozu, poruchy, skoro nehody a nehody (zajistit, aby se včas přijímala potřebná opatření, a to zvláště tam, kde dochází k hromadění velkého množství poruch a skoro nehod),
- zajistit sestavení základních plánů: plán řízení bezpečnosti, který bude zajišťovat bezpečnost v čase po dobu životnosti; plán řízení rizik, ve kterém budou jasné odpovědnosti za jednotlivá opatření a jednotlivé činnosti; vnitřní havarijný plán (ve kterém budou jasné odpovědnosti za jednotlivá opatření a jednotlivé činnosti); plán kontinuity (na překonání vysoce kritických až extrémních podmínek, ve kterém budou jasné odpovědnosti za jednotlivá opatření a jednotlivé činnosti pro zachování a přežití složitého technického díla), vnější havarijný plán a krizový plán (ve kterém budou jasně vymezeny spolupráce a odpovědnosti složitých technologických zařízení a jeho bezpečnostních složek, veřejných bezpečnostních složek a veřejné správy),
- zajistit permanentní zvažování nových poznatků a poučení ze skoro nehod a havárií a jejich zavádění do praxe ve formě vhodné pro složitá technologická zařízení.

6.2. Vlastní řízení bezpečnosti technického díla

Jde o věcnou oblast, která se zabývá daty, metodami, materiálovými a technickými záležitostmi, organizačními, právními, finančními a personálními záležitostmi přímo v technickém díle. Řízení rizik musí respektovat, že zásadní roli hrají: znalosti; respektování fyzikálních a dalších zákonitostí (tj. vlastnosti materiálu, konstrukcí, staveb a prostředí a jejich proměny v čase), tj. existence limitů a podmínek; lidský faktor a s ním spojené provádění kvalitní práce a řádné plnění odpovědností ve všech fázích životního cyklu; dostupnost a způsoby aplikace postupů a technologií apod. Obecné principy pro práci s riziky jsou: být proaktivní; domýšlet možné důsledky; správně určovat priority veřejného zájmu; myslet na zvládnutí problémů; zvažovat synergie; a být ostražitý.

Ve všech fázích životního cyklu technických děl je třeba, aby řízení rizik respektovalo hlavní zásady:

- bylo zacíleno na integrální bezpečnost, používalo přístup All-Hazard-Approach [17], Defence-In-Depth rozpracovaný v [4], a opíralo se o program na zvyšování bezpečnosti zacílený na integritu bezpečnosti (tj. mít systém řízení bezpečnosti, proces pro řízení bezpečnosti a kulturu bezpečnosti),
- bylo obsaženo v každém procesu rozhodování sledované entity – TQM [16] a jeho ISO normy (Mezinárodní organizace pro standardizaci),
- respektovalo klíčové koncepty inženýrství pracujícího s riziky zacíleného na bezpečnost, tj. zvažovalo kritické atributy kvality a kritické parametry procesu (kvalitní provádění opatření a činnosti prevence, připravenosti, odezvy, obnovy i poučení ze zkušeností),
- používalo: kvalitní data, metody a inženýrské přístupy, progresivní typy bezpečnostních přístupů - inherentní, pasivní a aktivní bezpečnost,
- optimálně řídilo faktory o různé podstatě: znalosti; zkušenosti; rozpočet; kompetence, způsob řízení a rozhodování; týmová práce; atd.
- optimálně řešilo konflikty.

Zásady pro řízení rizik technických děl ve věcné oblasti v celkovém počtu 66 je třeba sledovat na úsecích:

B1. Koncepce a způsob řízení technických děl – 21 požadavků.

B2. Požadavky na data, metody a techniky, které zajišťují kvalitní rozhodování a řízení o technických dílech – 9 požadavků.

B3. Postupy pro správné umístění, kvalitní projekt, výstavbu a provoz technických děl – 13 požadavků.

B4. Zajištění kontinuity provozu technických děl a podpory základních funkcí státu, tj. veřejného zájmu – 23 požadavků.

B1. Zásady pro řízení rizik složitých technických děl z pohledu koncepce a způsobu řízení - pro vlastníka, investora, provozovatele, odborný management, zaměstnance a kontraktory jsou:

- vycházet z nejlepších dostupných informací o chování složitých systémů,
- používat pouze otestované a v praxi ověřené koncepty složitých technických děl,
- ve snaze ovládnout rizika složitých technických děl se pohybovat po ose „anticipace budoucího“ a „zhodnocení minulého“, tj. opírat se o porovnání užitků a nákladů u různých variant rozhodnutí o riziku, a na jeho základě vybrat projekty řízení rizika nebo činnosti, které jsou schopné nejlépe přispět k růstu bezpečí a rozvoje složitých technických děl,
- respektovat logický postup o vypořádání rizik v území o 4 krocích: poznání a sledování území a pohrom, které v něm mají závažné dopady; určení rizik a interakcí složitých technických děl a území; opatření a činnosti pro zajištění bezpečných složitých technických děl za všech podmínek (bezpečný projekt a jeho správná realizace, program řízení bezpečnosti v čase + plán řízení rizik pro prioritní rizika); způsob řešení vysoce nepřijatelných situací (odezva na extrémní pohromy včetně postupů, personálního, materiálního, technického a finančního zajištění),
- zajistit aplikaci zásad řízení a inženýrství orientovaných na bezpečnost složitých technických děl (zdroje rizik jsou jevy všeho druhu uvnitř i vně, vnitřní závislosti všeho druhu a lidský faktor; uplatňuje se princip předběžné opatrnosti a požadavek na koexistenci životního prostředí, lidstva a techniky),
- používat All-Hazard-Approach, tj. zvažovat i plíživé pohromy, spojené např. s: nedostatečnou údržbou složitých technických děl; nedostatečnou modernizací složitých technických děl, která je nutná kvůli stárnutí materiálu i zastarávání přístupů pro zvládnutí problémů; nedostatečnou reakcí na nové zdroje rizik, nedostatečnou výchovou a vzděláváním personálu, korupci, insiders, terorismus atd.,
- zajistit, aby v projektu, výstavbě a provozu složitých technických děl byl správně založen a během času zdokonalován koncept Defence-In-Depth, (Ochrana do hloubky je klíčovým principem využívaným při zajištění bezpečného a spolehlivého provozu složitých technologických zařízení. Aplikuje prevenci založenou na fyzických bariérách a řídí se obecně následujícími principy: konzervativnost při návrhu, konstrukci, výrobě a montáži, dosahovaná používáním ověřených a spolehlivých metod (podporuje kvalitní odezvu na projevy externích jevů, včetně zapojení systémů kontroly a řízení do odezvy); program zajištění jakosti užívaný při všech provozních činnostech (s výrazným pozitivním preventivním dopadem na kvalitu odezvy na projev externí události vysoké intenzity); uvážení selhání lidského činitele, kdy při všech provozních i speciálních činnostech je počítáno s lidským faktorem a tomu jsou podřízena opatření k zajištění spolehlivosti a bezpečnosti provozu (v oblasti externích událostí často nebyla tato oblast historicky budována ve stejné míře jako pro interní události a je zde velký prostor pro metodický vývoj); spolehlivostní a bezpečnostní rozhodování (s rostoucím uplatněním spolehlivostně a rizikově orientovaného rozhodování u externích událostí); radiační ochrana; zpětná vazba,

včetně využití zkušeností z provozu výměnou informací mezi různými zástupci provozované technologie a platformem IAEA či WANO, což je u vzácných externích událostí vysoké intenzity velmi důležitý princip),

- zajistit, aby v projektu, výstavbě a provozu složitých technických děl byly využity progresivní typy bezpečnostních přístupů (aplikovatelné i v rámci odezvy na externí události a mající pro zvládnutí závažných externích událostí vysoké intenzity ještě větší význam než pro "standardní" události interní), a to: inherentní bezpečnost, jež předpokládá využití základních fyzikálních principů fungování dané technologie, které samy a priori vyloučí možnost havárie; pasivní bezpečnost, jež předpokládá využití fyzických zábran, které zmírní následky případných havárií a spolu s bariérami zabrání úniku nebezpečných látek i v případě, že by selhala veškerá aktivní bezpečnostní havarijní technika; a zálohování technických systémů představuje velmi rozmanitou množinu řešení. Již samotný pojem zálohování v sobě obsahuje očekávání, že máme k dispozici něco navíc, co nám umožní překonat kritickou situaci. Při zálohování se setkáváme s pojmem redundance (nadbytečnost) a diverzita (rozmanitost). Každé zálohování vždy představuje redundantnost, ale ne vždy diverzitu, pokud se jedná o použité prostředky zálohování. Při návrhu redundantních systémů je třeba mít na zřeteli celou řadu aspektů, a to např. skutečnost, že zvyšují složitost systému, čímž vznikají možnosti neočekávaných propojení, které jsou příčinou nežádoucích jevů nebo celých kaskád takových jevů),
- cílit na integrální bezpečnost a respektovat vznik atypických i normálních havárií (kritické prvky vybírat s ohledem na bezpečnost, hodnotit a vypořádávat průřezová rizika, která jsou příčinou kaskádovitých selhání či změny podmínek pro procesy, které mohou reagovat na změny podmínek nežádoucím způsobem a být příčinou velkých ztrát a škod; zvažovat všechny existující zranitelnosti: technické, organizační, kybernetické a místní; zavést kvalifikované postupy pro zvládnutí všech dílčích rizik, která přispívají do integrálního rizika a všech průřezových rizik. Uvědomovat si, že je lépe vědět o riziku, které z různých důvodů (jakými jsou nedostatek znalostí, financí, techniky, času, personálu aj. faktorů) není zvládnuté a připravit si plán odezvy na řešení možných kritických situací než si hrát na mrtvého brouka. Z reálného pohledu je zřejmé, že všechna rizika nikdy nezvládneme úplně – viz normální havárie [18], a proto je třeba respektovat zásady TQM [16], na kterém jsou založeny normy a standardy, dle kterých je třeba prioritní rizika monitorovat a mít pro ně připraven plán odezvy ve variantách, protože jak charakter dopadů, tak dostupnost zdrojů, sil a prostředků se v čase mění. Velkou pozornost je třeba věnovat automatizovaným systémům řízení a dohledu (jako je třeba SCADA). Nerozlučitelnost chování systému spočívá v tom, že systémy: jsou vystaveny skrytým propojením, která mohou neutralizovat zálohování, spojky, firewalls, a tím vytvořit situace, pro které inženýři nepřipravili rozumný postup. Kaskádová selhání mohou akcelarovat ztrátu kontroly, zmást obsluhu a odepřít možnost obnovy normálního režimu,
- postupovat proaktivně, přitom domýšlet možné důsledky a správně určovat priority veřejného zájmu, a respektovat proměnnost procesů v čase,
- cílit na zvládnutí problémů, přitom zvažovat různé synergie a zachovávat ostražitost z důvodu neurčitostí, které vyplývají ze složitosti technických děl a z proměnnosti okolního světa,
- při stanovení opatření a činnosti na vypořádání rizika (část rizika se sníží, tj. preventivními opatřeními se odvrátí realizace rizika; část rizika se zmírní, tj. zmírňujícími opatřeními a připraveností (zpracování scénářů odezvy, zajištění zásob pro odezvu, instalace a provoz varovných systémů a jiná opatření nouzového a krizového řízení) se sníží nebo odvrátí nepřijatelné dopady; část rizika se pojistí; část rizika, pro kterou se připraví rezervy na

odezvu a obnovu; část rizika, která je neřiditelná nebo příliš nákladná nebo málo častá, pro kterou se připraví plán pro nepředvídané situace (contingency plan) postupovat odpovědně a respektovat veřejný zájem,

- v případě, že riziko není přijatelné, provést vhodná opatření či činnosti (vyhnutí se riziku (tj. nezahájit nebo nepokračovat v činnostech, které jsou zdrojem rizika), když to jde – u přírodních pohrom to nejde; odstranění zdrojů rizik, tj. zabránění vzniku pohrom, když to jde – u přírodních pohrom to nejde; snížení pravděpodobnosti výskytu rizika, tj. výskytu větších pohrom (např. snížením množství nebezpečných chemických látek v podnicích), když to jde – u přírodních pohrom to nejde; snížení závažnosti dopadů rizika, tj. příprava zmírňujících opatření jako jsou varovací systémy, systémy odezvy a obnovy; sdílení rizika, tj. rozdělení rizika mezi zúčastněné a pojišťovny; retence rizika),
- zahrnovat poznatky o rizicích jako nedílnou součást do podkladů pro rozhodování o chování složitých technických dílech v čase - propojení technické, operativní, taktické a strategické úrovně v čase musí být průhledné a jasně zacílené (brát v potaz, že existují rizika dvou druhů, a to: rizika spojená s dynamickým vývojem systému, tj. s procesy, které produkují jevy, které mají nepřijatelné dopady na systém, který řídíme; a pak i rizika spojená s aplikací vybraného způsobu hodnocení variant řešení, které v procesu řízení provádíme. Druhý typ rizika vzniká obvykle z dále uvedených důvodů: nepochopení problému a špatná formulace problému; neúplnost dat a nekvalifikované či neúplné vyjádření podstatných vlastností objektu či předmětu hodnocení; způsob tvorby variant řešení; způsob provedení multikriteriálního hodnocení variant; a náhodné okolnosti. Chyby tohoto druhu nelze obvykle vyloučit při konkrétním hodnocení. Lze je snížit pomocí týmu expertů, kteří splňují kritéria kladená na experty. Chyby z této fáze se bohužel přenáší do nouzových a krizových plánů a snižují jejich efektivitu),
- v každém procesu rozhodování o složitých technických dílech zvažovat znalosti o rizicích (musí sledovat priority složitých technických děl i veřejný zájem), tj. při každém rozhodování o rizicích explicitně zvažovat nejistoty a neurčitosti v procesech a podmínkách složitých technických děl a jejich okolí,
- činnosti a opatření identifikované ke snížení či zmírnění rizika provádět systematicky a strukturovaně (a to na všech úrovních – zajistit specifickým procesem pro řízení bezpečnosti (PSM), který má dohled nad všemi procesy v složitých technických dílech),
- zajistit, aby činnosti a opatření identifikované ke snížení či zmírnění rizika byly včasné a vhodně reagovaly na různé změny (stárnutí materiálu, zastarávání zařízení, komponent a postupů, poruchy, skoro nehody, nehody a havárie),
- zajistit, aby při každém návrhu a realizaci opatření a činností ke snížení rizik se přihlíželo k místním podmínkám a úpravám provedeným v minulosti,
- zajistit, aby při vypořádání rizik byl brán zřetel na vliv člověka, tj. lidský faktor (a to jak u provozních operací, tak při rozhodování o provozních procesech na všech úrovních řízení, tj. respektuje tzv. „Zlatá pravidla řízení rizik“),
- zajistit schopnost neustálého zlepšování kvality opatření a činností na snížení rizik (tj. vyžadovat od zúčastněných aktivní přístup k řešení problémů a odpovědnost; zpracovat program na zvyšování bezpečnosti složitých technických děl v čase a postupovat dle něho),
- zajistit odborné rozhodování a odbornou realizaci opatření na vypořádání rizik (musí je provádět systémoví inženýři, kteří nemusí být experty na všechny aspekty systému, ale musí rozumět podsystémům a různým jevům v nich natolik, aby byli schopni popsat a modelovat

jejich charakteristiky, pochopit důsledky a dle toho navrhnout opatření a postup jejich realizace).

B2. Zásady pro řízení rizik složitých technických děl z pohledu nároků na data, metody a techniky, které zajišťují kvalitní rozhodování a řízení - pro vlastníka, investora, provozovatele, odborný management, zaměstnance a kontraktory jsou:

- zajistit, aby při sestavování zadávacích podmínek, provozních předpisů a dalších řídicích dokumentů se vycházelo z relevantních souborů dat a z aplikace ověřených metod, které zaručují výsledky se stanovenou vypovídací schopností. Jsou nástroje a techniky pro: lineární procesy; stromové procesy; procesy odehrávající se v síti; a procesy nestrukturované (DSS). (Např. pro řízení složitých technologických zařízení používat model PSA pro řízení rizik zacílené na bezpečnost (tj. nestačí model používaný pro řízení spolehlivosti, který kopíruje architekturu výrobního zařízení, a tím se nevidí interdependences, ani v objektu, ani mezi objektem a okolím; PSA zacílená na bezpečnost ukazuje úroveň kritičnosti provozu, slabá místa v systému, ve kterých je třeba navrhnout opatření a prokázat zvýšení bezpečnosti, a navrhuje způsob více bezpečného provozu pomocí kvalifikovaného programu údržby; stanovení veličin, ze kterých se určuje riziko – např. určení ohrožení, tj. o velikosti pohrom, která představují nepřijatelné dopady na složitá technologická zařízení - musí být použity dostatečně dlouhé časové řady, vysoce konzervativní expertní odhady; při stanovení rizika se musí počítat se selháním bezpečnostních opatření a ochranných systémů). Tj. zajistit, aby při sestavování zadávacích podmínek, provozních předpisů a dalších řídicích dokumentů byly používány odpovídající míry rizika, tj. nelze používat indikátory,
- zajistit, aby u každého procesu, který má potenciál způsobit jevy, jejichž důsledkem jsou ztráty, škody a újmy na chráněných aktivech složitěho technického díla nebo okolí, bylo zvažováno, zda jsou či nejsou proměnné v čase,
- zajistit, aby při výběru metod a při interpretaci výsledků zpracování dat byla respektována skutečnost, že řada matematických metod má jisté předpoklady, které musí být splněny, aby výsledky byly správné; když nejsou splněny, tak dochází k chybnému stanovení hodnot rizika, a také k chybám v odezvě (požadavky na homogenitu, správnost a validitu datového souboru; rozmanitost procesů, které vedou k realizaci rizika - v čase to často neplatí. Něco lze opravit aplikací – deterministický přístup – nejméně příznivá hodnota; pravděpodobnostní přístup - medián, medián $\pm \sigma$, medián $\pm 2\sigma$, medián $\pm 3\sigma$; heuristický přístup – několik variant procesu s nestejným rozdělením pravděpodobnosti); praktické uplatnění pravděpodobnostních metod se střetává s mnohými nedostatky, které se postupně odstraňují. Nejdůležitější nedostatky jsou: neurčitosti v charakteristice kritického stavu; nejistoty teoretických modelů základních veličin; a nedostatečný zřetel k následkům poruch),
- zajistit, aby při rozhodování o přijetí, či nepřijetí opatření na zvýšení bezpečnosti složitých technických děl byly zvažovány neurčitosti v periodách opakování závažných pohrom, tj. aby byly používány metody pro posouzení interdependences, tj. multikriteriální přístupy a řešit otázky spojené s konfliktními kritérii,
- zajistit respektování výsledků vývoje poznání o způsobu práce s rizikem,
- zavést do praxe techniky reakce na možné lidské chyby při stavbě, konstrukci, montáži, provozu a řízení; mechanická selhání komponent nebo celého systému; stárnutí prvků, komponent, zařízení, systémů; zastarávání postupů ve světle nových poznatků a poučení z havárií; chyby obsluhy i úmyslné útoky,

- orientovat pozornost na správná kritická aktiva složitých technických děl a na prioritní pohromy, které jsou příčinou realizace závažných rizik, tj. aplikovat kvalifikované metody pro určení: kritických položek složitých technických děl; kritických pohrom; kritického personálu; kritických činností, a to při provozu, opravách i obnově (Rozlišovat dva typy kritických položek, a to: položky, které pouze způsobují eskalaci dopadů pohrom, buď všech, nebo jen některých, které jsou možné v daném místě; a položky, které zaručují funkčnost systému, tj. bezpečnost a rozvoj chráněných aktiv. Jejich selhání způsobená nějakou pohromou nebo provozními aspekty vedou k závažným dopadům na chráněná aktiva. U prvního typu se při obnově provádí zodolnění položky vůči pohromám, které v daném případě vyvolaly nebo mohou vyvolat nepříjemné dopady. Provádění jejich obnovy nemá žádnou prioritu z pohledu funkčnosti území / objektu / státu apod. U druhého typu se již v územním plánování, projektování, výstavbě i provozování provádí opatření, která vedou ke zvýšení jejich technické spolehlivosti. Používají se různá opatření i zálohování činností jinými položkami, která vedou k vyšší odolnosti vůči možným pohromám. Proto při obnově je třeba provést opatření jak v oblasti zálohování, tak v oblasti zodolnění. Protože předmětné položky jsou životadárné pro složité technické dílo, existují priority v obnově, přičemž je třeba, aby veřejný zájem byl upřednostněn před soukromými zájmy),
- zajistit, aby při hodnocení kritičnosti složitých technických děl byly používány otázky: Jak složité technické dílo reaguje na určité typy pohrom?; Jak je složité technické dílo masivní, odolné a pružné?; Jak se chování složitého technického díla zařízení může zlepšit?; Jaké jsou vhodné mechanismy řízení bezpečnosti složitého technického díla?; Jaká pravidla se mohou využít pro samoregulaci nebo pro přípustné odchylky?; Které části složitého technického díla jsou kritické?;
- zajistit zpracování plánu řízení rizik, aby byla zajištěna rychlá reakce a při odezvě na závažnou havárii bylo připraveno řešení možných konfliktů mezi provozními inženýry a bezpečnostními složkami zacílenými na ochranu lidí.

B3. Zásady pro řízení rizik složitých technických děl z pohledu postupů pro správné umístění, kvalitní projekt, výstavbu a provoz - pro vlastníka, investora, provozovatele, odborný management, zaměstnance a kontraktory jsou:

- zajistit, aby rizika byla sledována a správně vypořádávána během celého životního cyklu složitých technických děl,
- zajistit, aby v každé fázi životnosti složitých technických děl se používala adekvátní opatření pro ovládnutí rizik (Rizika se ovládají na základě: *technických opatření* pomocí - výběru materiálu pro stavbu a zařízení, způsobů konstrukce, vložení pasivních bariér, které zabrání jevům jako rozlet úlomků nebo rozptylu nebezpečné látky při ztrátě soudržnosti zařízení nebo stavby (např. obálky různých typů), vložení záložních zařízení a systémů, tj. několika zařízení majících stejnou roli a popř. používajících různé fyzikální principy k dosažení plnění úkolu, vložení ochran důležitých prvků; *různých typů řídicích systémů*, které podle výsledků kontinuálního monitoringu upravují provoz; *organizačních opatření*, která mají jak ochránit zaměstnance, pracovní a popř. i okolní prostředí od škodlivých dopadů, tak stavby a zařízení od velké destrukce, protože technologické celky nejsou levné a pro zachování schopnosti rozvoje jsou jejich výrobky žádoucí) s tím, že se bere v úvahu skutečnost, že technická opatření mají nejvyšší účinnost,
- prosadit orientaci na kritické položky, tj. sledovat a ovládat kritické aspekty technických systémů zajišťujících konzistenci operací systémů složitých technických děl,
- vycházet z prověřených parametrů kvality, které se objevují již v návrhu projektu,

- respektovat kvalitní inženýrské postupy (tj.: aplikace znalosti matematiky, vědy a inženýrství; návrhy a realizace experimentů; sběr, analýza, hodnocení, zpracování a interpretace dat; návrh komponent a celého systému; podle požadavků a v rámci omezení plynoucích z disponibilních zdrojů, sil a prostředků formulovat a řešit inženýrské problémy; efektivní komunikace mezi experty z různých oborů, aby se zaručila optimální bezpečnost a optimální náklady; pochopení dopadů inženýrských řešení v širším kontextu; aplikace nejmodernějších nástrojů a metod z inženýrské praxe – inženýrská dobrá praxe; profesionální a profesní odpovědnost; vedení interdisciplinárních týmů) a o průkazy správnosti zvolených postupů v daných podmínkách.
- využívat analýzy kořenových příčin poruch a selhání ke zlepšování opatření na zvládnání rizik,
- respektovat priority, které se stanovují podle kritičnosti dopadů realizovaných rizik na procesy, poskytované služby a na veřejná aktiva, tj. priority stanovené podle úrovně rizika určují intenzitu prací s rizikem a velikost příslušné dokumentace,
- zajistit kvalitní monitoring chování složitých technických děl, ve kterém jsou uvedena opatření a činnosti technické a organizační, standardizace operačních postupů nebo automatizované kontroly pro korekci nepřijatelných rizik,
- vyžadovat, aby u všech převzatých technologií byly splněny požadavky transferu pro posuzování odolnosti, zranitelnosti, provozuschopnosti, spolehlivosti a dalších vlastností složitých technických děl, když se použijí techniky odvozené jinde, protože i zde může být zdroj neočekávaných škodlivých jevů, které způsobí ztráty složitým technologickým zařízením,
- opatření na snižování rizik a postupy jejich realizace zakomponovat jako nedílnou část SMS, ve kterém se kloubí optimálním způsobem důležité aspekty technické, organizační, právní, bezpečnostní, finanční, manažerské, znalostní, vzdělávací, mezinárodní apod. (SMS představuje všeobecný systém řízení složitých technických děl, který zahrnuje organizační strukturu, odpovědnosti, praktiky, předpisy, postupy a zdroje pro určování a uplatňování prevence pohrom či alespoň zmírnění jejich nepřijatelných dopadů ve složitých technologických zařízeních a jejich okolí. Opírá se o koncepci prevence pohrom či alespoň o zmírnění jejich závažných dopadů, která zahrnuje povinnost zavést a udržovat systém řízení, ve kterém jsou zohledněny dále uvedené problémy: role a odpovědnosti osob složitých technologických zařízení podílejících se na řízení závažných ohrožení od pohrom na všech organizačních úrovních složitých technických děl a opatření na zajištění výcviku, která jsou sladěna s identifikovanými potřebami výcviku; plány pro systematické identifikování závažných ohrožení od pohrom a z nich plynoucích rizik pro složitá technická díla, která jsou spojena s normálními a abnormálními podmínkami, a pro hodnocení jejich pravděpodobnosti a krutosti (velikosti); plány a postupy pro zajištění bezpečnosti všech komponent a funkcí v složitých technických dílech, a to včetně údržby objektů, zařízení; plány na implementaci změn v složitých technických dílech, objektech i zařízeních zaměřených na prevenci; plány na identifikaci předvídatelných nouzových situací systematickou analýzou, včetně přípravy, testů a posuzování nouzových plánů pro odezvu na takové nouzové situace; plány pro probíhající hodnocení souladu s cíli vyjasněnými v koncepci bezpečnosti složitých technických děl a SMS a mechanismy pro vyšetřování a provádění korekčních činností v případě selhání zařízení nebo komponent s cílem dosáhnout stanovené cíle; a plány na periodické systematické hodnocení koncepce bezpečnosti, účinnosti a vhodnosti SMS a kritéria pro posuzování úrovně bezpečnosti vrcholovým týmem pracovníků),

- zajistit, aby opatření na vypořádání rizik byla prováděna všemi zúčastněnými dle koordinace procesem PSM: řídicí tým složitých technických děl, pracovníci složitých technologických zařízení, veřejná správa, a veřejnost,
- zajistit, aby při návrhu a realizaci opatření a činností na odvrácení a zmírnění rizik se používal odborný přístup, tj. musí zvažovat kritické atributy kvality a kritické parametry procesů v složitých technických dílech, tj. respektovat, že zajištění bezpečnosti složitých technických děl vyžaduje systematický přístup, jehož model je: stanovit co a proč je nutné chránit; stanovit minimální úroveň ochrany; posoudit současnou úroveň ochrany; v případě zjištění, že ochrana je nedostatečná navrhnout opatření, zajistit prostředky, aplikovat opatření pro ochranu; periodicky kontrolovat stav; udržovat ochranu na odpovídající úrovni; a revidovat opatření v závislosti na vývoji,
- zaměřovat se i na požadavky uživatelů a na úroveň poskytovaných služeb.

B4. Zásady pro řízení rizik složitých technických děl z pohledu zajištění kontinuity provozu a podpory základních funkcí státu, tj. veřejného zájmu – pro vlastníka, provozovatele, odborný management, zaměstnance a kontraktory jsou:

- zásady uvedené v A5,
- zajistit existenci složitých technických děl po celou dobu životnosti a návrat zabraného území do dalšího užívání, tj. zachovat integritu složitých technických děl i koexistenci s okolím, tj. mít schopnost měnit své chování podle podmínek (tj. zajistit schopnost složitých technických děl měnit své chování tak, aby chování reagovalo na chování a orientaci dalších systémů v okolí a aby je neohrožovalo a ony neohrožovaly jeho. To znamená, že musí upřednostnit řízení bezpečnosti (ve smyslu integrální) před řízením spolehlivosti, tj. uvědomit si konflikt mezi výkonností složitých technických děl a vyšší rizika, a dle něho řídit životnost složitých technických děl při provozu),
- brát v úvahu, že podstata složitých technických děl je SoS, tj. jejich chování má specifické vlastnosti jako nelinearitu, různé ustálené stavy (atraktory), katastrofické chování, chaotické chování atd., které jsou příčinou průřezových rizik, které narušují bezpečí sledovaného SoS i bezpečí okolí SoS,
- sledovat u složitých technických děl komponenty a funkce; bezpečnost, spolehlivost, funkčnost a interoperabilita; interakce systém-člověk, splnění či nesplnění požadavků norem a standardů,
- při posuzování závažnosti každého jevu spojeného se složitými technickými díly zajistit kvalifikované odpovědi na otázky: jaké ztráty, škody a újmy budou na chráněných aktivech?; jak často se to stane?; jak zareagují bezpečnostní systémy v území?; jaké ztráty, škody a újmy budou na chráněných veřejných aktivech, když selžou bezpečnostní systémy? Poslední otázka je zásadní, protože často je bezmezná víra v bezpečnostní systémy,
- respektovat závěry inspekcí státu, IAEA a doporučení OECD / NEA, WANO aj.
- vyžadovat rozvoj kultury bezpečnosti, ve které je kladen dostatečný důraz na prevenci chyb při provádění technických úkonů i organizačních havárií (zajistit kontinuální vzdělávání personálu, a to především kritického),
- při stanovení opatření a činností na ošetření rizika respektovat adekvátně úroveň poznání (pro práci s riziky je nutné: rozumět procesu vzniku pohrom a podmínkám, ve kterých proces probíhá; znát, kde pohroma může vzniknout a jaké má fyzikální a jiné charakteristiky; identifikovat ohrožení od pohromy dle stanovených standardů; stanovit dopady pohrom o velikosti ohrožení na chráněná aktiva; eliminovat nepřijatelné dopady

pohrom tam, kde to jde za přijatelných nákladů; u zbylých dopadů vypočítat pomocí prognostických modelů pravděpodobnost jejich realizace s tím, že se vezmou v úvahu i možná selhání preventivních opatření; vypočítat možné škody na chráněná aktiva v konkrétním území podle chráněných aktiv, které jsou skutečně v území a na základě pravděpodobností určit výši rizika; identifikovat a realizovat zmírňující opatření s ohledem na lidi, majetek a životní prostředí byla ALARP (tak malá, jak je rozumně možné dosáhnout); a prokázat, že byla provedena všechna opatření k zabránění a zmírnění dopadů pohrom),

- při návrhu redundantních systémů mít na zřeteli celou řadu aspektů, a to např. skutečnost, že zvyšují složitost systému, čímž vznikají možnosti neočekávaných propojení, které jsou příčinou nežádoucích jevů nebo celých kaskád takových jevů, neznámých, neplánovaných nebo neočekávaných sekvencí jevů, které nejsou viditelné nebo okamžitě srozumitelné, nebo i selhání v okolí složitých technologických zařízení, tj. představují zdroj nového rizika, které se realizuje neočekávaně za jistých podmínek,
- pro bezpečný provoz složitých technických děl zajistit permanentní speciální péči o opatření na vypořádání rizik v kritických zařízeních a kritických komponentách, v implementaci preventivní údržby, v řešení konfliktů mezi rizikem a výkonností, implementaci korektivních opatření z důvodu bezpečnosti; zde se občas nutno řešit konflikt mezi spolehlivostí a bezpečností v integrálním pojetí,
- zajistit správnou reakci na nečekané, tj. neplánované, neznámé, neočekávané a náhlé situace, které mohou vzniknout kvůli složitým propojením i přeskokem přes rozhraní systému nebo příliš těsným propojením prvků, komponent a systémů, tj. připravit postupy na zabránění vzniku kaskádovitých selhání a akcelerace fyzikálních procesů a při jejich vzniku na jejich rychlé zastavení,
- používat indikátory, které jasně ukazují, zda dochází ke zvyšování bezpečnosti a zda trend zvyšování bezpečnosti je dostatečný. Přitom musí vycházet z dat o: souboru relevantních pohrom pro složitá technická díla, provozuschopnosti složitých technických děl; integritě fyzických a kybernetických bariér složitých technických děl; kvalitě a dostatečnosti havarijní připravenosti,
- respektovat průběžná data o stavu okolí složitých technických děl o aktuální velikosti rizik složitých technických děl a podle nich upravovat proces řízení a vypořádání rizik v čase, tj. nastavení vhodných zpětných vazeb v procesním modelu pro nakládání s riziky,
- při provozu stále vycházet z nových poznatků o pohromách a o způsobu ochrany složitých technických děl před jejich dopady, a vyžadovat realizaci relevantních opatření,
- jelikož snižování jakéhokoliv rizika je spojeno se zvyšováním nákladů, s nedostatkem znalostí, technických prostředků, kvalifikovaných lidí apod. (proto se v praxi hledá hranice, na kterou je únosné snížit riziko tak, aby vynaložené náklady byly ještě rozumné), tak lze použít ALARP či ALARA s tím, že při aplikaci bude vyžadován průkaz, že byla provedena všechna opatření k zabránění a zmírnění dopadů pohrom,
- vycházet ze scénářů průřezových rizik a mít připraveny postupy na zabránění vzniku kaskádovitých selhání a akcelerace fyzikálních procesů, a při jejich vzniku mít opatření na jejich rychlé zastavení,
- být po celou dobu životnosti efektivní, tj. mít schopnost vyrovnat se s nedostatkem zdrojů (jde o vypořádání nejen technických a bezpečnostních rizik, ale i rizik kreditních, tržních a provozních spojených se změnou legislativy či změnou daní),

- mít po celou dobu životnosti dostatečnou volnost, tj. mít schopnost dobře zvládat výzvy z okolí (vnější pohromy), tj. mít připraveny plány pro řízení rizik, ve kterých budou specifikovány opatření odezvy a odpovědnosti za provedení opatření,
- po celou dobu životnosti zajišťovat bezpečí složitých technických děl, tj. vytvářet schopnost ochránit se před jevy, které jsou uvnitř i vně,
- po celou dobu životnosti zajišťovat integritu složitých technických děl, tj. technickou provozuschopnost složitých technologických zařízení (Integrita bezpečnosti se vztahuje ke schopnosti systému dosáhnout požadovaných bezpečnostních funkcí. V zásadě lze odlišit dva režimy činnosti systémů souvisejících s bezpečností. Prvním je režim, kdy systém vyčkává a teprve v případě, že vznikne potřeba zásahu, realizuje bezpečnostní funkci. Druhým je režim, kdy systém trvale nebo často realizuje bezpečnostní funkci. Typickým reprezentantem systémů pracujících na vyžádání jsou ochranné a zabezpečovací systémy. Reprezentantem systémů pracujících v režimu s vysokým nebo nepřetržitým vyžádáním jsou například systémy regulace fyzikálního parametru technologického procesu nebo obyčejné železniční závory. Integrita bezpečnosti je definována jako „pravděpodobnost systému souvisejícího s bezpečností uspokojivě plnit požadované bezpečnostní funkce za všech stanovených podmínek a po stanovenou dobu“. Většinou se sleduje ve spojení s lidskými chybami v různých etapách životního cyklu systému. Patří sem např. chyby specifikace, chyby návrhu, chyby instalace, chyby údržby, chyby modifikace. Posouzení integrity bezpečnosti souvisí s posouzením, jak systém bezpečně selže. Tj. posuzuje pravděpodobnost výskytu bezpečného selhání a nebezpečného selhání. Spolehlivost ve smyslu reliability není samotná schopná zajistit SIL. Specifické techniky zajišťují, že systém se vyhne chybám a omylům. Proto se provádí hodnocení rizik),
- po celou dobu životnosti zajišťovat adaptabilitu složitých technických děl na vnější změny bez porušení integrity,
- po celou dobu životnosti zajišťovat schopnost složitých technických děl překonat nejen abnormální a kritické podmínky, ale i málo pravděpodobné kruté nouzové situace, tj. kromě standardních opatření odezvy mít i nadstandardní opatření a rezervy pro minimalizaci lidských ztrát, prevenci ztrát při odezvě a obnově, překonání obtíží a pro obnovu složitých technických děl (tím se zamezí jak ztrátě konkurenceschopnosti vlastníků složitých technických děl, tak ztrátě ekonomického potenciálu území a nadměrným výdajům veřejné správy na podporu nezaměstnaných),
- po celou dobu životnosti zajišťovat neustále zvyšovat kulturu bezpečnosti, tj.: omezovat nebezpečné nebo neproduktivní pracovní praktiky, které se zjistí studiem nehod; využívat pozitivní zpětnou vazbu z auditů řízení, auditů bezpečnosti, auditů nebezpečných dějů, auditů chemických reakcí, zpráv o nehodách a skoro nehodách a monitoringu dodržování všech bezpečnostních opatření pro prevenci a zmírnění nehod; na základě kritické analýzy havárií dělat 3 úrovně doporučení pro zabránění haváriím, a to: bezprostřední technická doporučení, doporučení pro zabránění vzniku bezprostředního nebezpečí, a doporučení pro řízení zaměřená na primární příčiny nehod; zajistit plány odezvy na možné havárie a zajistit schopnost provést obnovu technologického celku s tím, že se vezme v úvahu, že při obnově rozhoduje: kvalita znalostí o konkrétních rizicích v daném konkrétním místě, kvalita řízení konkrétních rizik v daném konkrétním místě, a kvalita vypořádání konkrétních rizik v daném konkrétním místě pomocí kvalifikovaných inženýrských disciplín; jelikož vždy existuje několik závažných pohrom, kterým je třeba věnovat pozornost z pohledu rizika (ze zkušenosti obvykle 7 – 8) a opatření vůči některým pohromám jsou konfliktní, je třeba kombinace opatření a činností, které zvyšují četnost výskytu pohromy nebo eskalují dopady

pohromy. Následně je třeba pro potřeby praxe provést optimalizaci založenou na řízení konfliktů,

- po celou dobu životnosti zajišťovat schopnost plnit v dostatečné kvalitě úkoly, i když dojde k omezení zdrojů, sil a prostředků (Prevence ztrát při obnově znamená: vytvořit koncepci prevence ztrát při obnově; identifikovat a vyhodnotit všechny možné pohromy a jejich možné dopady na technologický celek; určit priority obnovy; vytvořit skupiny programů, které minimalizují možné ztráty. Při plánování obnovy složitých technických děl po havárii je nutno zvážit, že: náklady na obnovu závisí i na době trvání obnovy; a při dlouhotrvající obnově jsou velké dopady na společnost. Proto je třeba vybudovat systém, ve kterém obnova navazuje na odezvu. Do identifikace vnitřních zdrojů a schopností složitých technických děl provést kvalifikovanou odezvu a obnovu patří problémy spojené s personálem, zařízením, objekty, organizační schopností (výcvik, evakuační plány apod.), záložními systémy (pro komunikaci, výrobu, nouzové zdroje energii, vodu atd.). Při přípravě kvalifikované odezvy a obnovy složitých technických děl je třeba zvažovat: fyzickou polohu složitých technických děl a místní poměry, tj. rozmístění veřejných aktiv a zdrojů domino efektů; klimatické podmínky místa, kde se technické dílo nachází; a blízkost a dostupnost bezpečných míst a míst, ze kterých se odezva na pohromu a obnova řídí).

7. Závěr

Bezpečnost technických děl závisí na kvalitě vyjednávání s riziky. Integrovaná bezpečnost je spojená s vyjednáváním s integrovaným rizikem, tj. nejenom s dílčími riziky (zaměřenými na jednotlivá chráněná aktiva), ale i s riziky, které souvisí s vazbami a toky mezi chráněnými aktivy. Snižování jakéhokoliv rizika je spojeno se zvyšováním nákladů, s nedostatkem znalostí, technických prostředků, apod. Proto se v praxi hledá hranice, na kterou je únosné riziko snížit tak, aby vynaložené náklady byly ještě rozumné (viz principy ALARP, ALARA aj.).

Nestačí znát zdroje rizik a dopady spojené s realizací rizik, protože pro zvládnutí rizik jsou potřebné disponibilní zdroje, síly a prostředky pro jejich zvládnutí, aby škody, ztráty a újmy na chráněných aktivech byly únosné. Proto míra snížení rizika je také předmětem vrcholového řízení a politického rozhodování, při kterém se využívají současné vědecké a technické poznatky a zohledňují se ekonomické, sociální a další podmínky. Proto je nutné zajistit správnou kulturu bezpečnosti pro všechny úrovně řízení.

Analýza havárií a selhání různých technických děl (elektrárny, průmyslové podniky, letiště, elektrické rozvodny, úpravní vody, čistírny odpadu, životodárné infrastruktury – energetické, vodní, dopravní, logistické řetězce apod.) ukázaly, že je třeba řešit kulturu bezpečnosti ve spojení s technickými díly jak na úrovni managementu, tak v oblasti věcné. Konkrétní zásady odvozené z analýzy příčin havárií a selhání technických děl jsou pro obě oblasti popsány v předchozí kapitole.

V obou oblastech je nutná spolupráce zúčastněných, především rozhodujících orgánů a osob i odborníků. Praxe ukazuje, že dosud je skutečností, že při navrhování a provozování technologických systémů a při vytváření jejich bezpečnosti experti z různých oborů pracují odděleně, což nezaručuje ani optimální bezpečnost, ani optimální náklady. Proto se často stává, že jednotlivé podsystémy jsou bezpečné, protože pro ně existují standardy a normy (např. jednotlivé technické části určitého provozu), ale bezpečnost celku, který vznikl jejich propojením s kybernetickými a jinými infrastrukturami již sledovaná není, protože se

hodnocení a prokázání bezpečnosti nepožaduje relevantní legislativou a navíc k danému účelu není dosud k dispozici relevantní odborný postup.

Zásady pro řízení rizik složitých technických děl na úseku propojení veřejné správy a managementu technických děl jsou stanoveny pro úrovně řízení státu: politickou (parlament, vláda, veřejná správa) - 4; strategickou (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel) - 8; taktickou (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel) - 4; operativní / funkční (provozovatel) - 5; a technickou (provozovatel) - 19.

Zásady pro řízení rizik složitých technických děl ve věcné oblasti na úsecích jsou pro úseky: koncepce technického díla a způsob řízení technického díla - 21; požadavky na data, metody a techniky, které zajišťují kvalitní rozhodování a řízení technického díla - 9; postupy pro správné umístění, kvalitní projekt, výstavbu a provoz technického díla - 13; a zajištění kontinuity provozu technického díla a podpory základních funkcí státu, tj. veřejného zájmu - 23.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. Praha: ČVUT 2011, 483p.
- [2] TAYLOR, F. *The Principles of Scientific Management*. ISBN 0-415-27983-6. Routledge 1911.
- [3] FAYOL, H. *General and Industrial Management: Henri Fayol's Classic Revised by Irwin Gray*. Belmont: David S. Lake Publishers 1987.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza a řízení rizik*. ISBN: 978-80-01-04841-2. Praha: ČVUT, Praha, 2011, 405p.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 978-80-01-06180-0, e-ISBN:78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p.
<http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [8] PROCHÁZKOVÁ, D. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN: 978-80-01-05245-7. Praha: ČVUT 2013, 223p.
- [9] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. ISBN: 978-80-01-05103-0. Praha: ČVUT 2012, 318p.
- [10] OECD. *Guiding Principles on Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. Paris: OECD 2003, 192p.
- [11] PROCHÁZKOVÁ, D. Nástroj pro sestavení podkladů pro řízení bezpečnosti. In: *Bezpečnost I ochrana zdraví při práci 2011*. ISBN 978-80-248-2424-6. Ostrava: VŠB-TU 2011, pp. 57-169.
- [12] PROCHÁZKOVÁ, D. *Ochrana osob a majetku*. ISBN: 978-80-01-04843-6. Praha: ČVUT 2011, 301p.

- [13] ČESKÁ TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA BEZPEČNOSTI PRŮMYSLU. *Co je to kultura bezpečnost*. <http://www.cztpis.cz/safety-culture-award/kultura-bezpecnosti>
- [14] PROCHÁZKOVÁ, D. *Archiv řešených úloh z oblasti řízení bezpečnosti a krizového řízení*. Praha: ČVUT, fakulta dopravní, ústav bezpečnostních technologií a inženýrství.
- [15] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [16] ZAIRI, M. *Total Quality Management for Engineers*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1991
- [17] EU. *FOCUS Project*. EU, 2012, <http://www.focusproject.eu/documents/14976/-5d763378-1198-4dc9-86ff-c46959712f8a>
- [18] PERROW, CH. *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Princeton: Princeton University Press 1999.

Poděkování: Autoři děkují za podporu EU a MŠMT, grant na projekt RIRIZIBE, CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002649.

DSS PRO ZAJIŠTĚNÍ KOEXISTENCE TECHNICKÉHO DÍLA S OKOLÍM

DSS FOR ENSURING THE COEXISTENCE OF TECHNICAL FACILITY WITH ITS VICINITY

Dana Procházková¹⁾, Jan Procházka²⁾, Josef Říha³⁾, Václav Beran⁴⁾, Zdenko Procházka⁵⁾

ČVUT v Praze

Abstrakt: Předložená práce shrnuje hlavní výsledky výzkumu zaměřeného na zajištění koexistence technického díla s okolím ve fázi výběru jeho typu a jeho umístění do území. Případy selhání předmětného procesu jsou uspořádány do databáze. Na základě jejich analýzy jsou určeny zdroje rizik daného procesu. Pro řízení rizik procesu, jehož výsledkem je, že technické dílo získá schopnost být bezpečné po dobu plánované životnosti, je zpracován systém pro podporu rozhodování (DSS). Předmětný nástroj je určen pro veřejnou správu, která je odpovědná za bezpečné území, a to včetně lidské společnosti, která ho obývá.

Klíčová slova: bezpečí; bezpečnost; riziko; koexistence; řízení rizik; systém pro podporu rozhodování (DSS).

Abstract: Present article summarises the main results of research aimed at ensuring the coexistence of the technical facility with its vicinity at the stage of selection of its type and its location in the territory. The examples of failure of this process are organized into a database. On the basis of their analysis, they are determined the sources of risks in the given process. For the process risk management, the results of which is that the technical facility gains the capability to be safe for the planned service life, a decision support system (DSS) is processed. The tool is intended for public administration, which is responsible for the safe territory, including the human society, which lives in it.

Key words: security; safety; risk; coexistence; risk management; decision support system (DSS).

1. Úvod

Lidský systém, který je modelem světa, ve kterém žijeme, se skládá ze tří základních systémů, do kterých patří: systém životního prostředí, systém sociální, který souvisí s lidskou

¹⁾ Doc., RNDr., DrSc., prochazkova@fd.cvut.cz

²⁾ RNDr., Ph.D., prochj31@fd.cvut.cz

³⁾ Prof., Ing., DrSc., rihajoe@volny.cz

⁴⁾ Doc., Ing., DrSc., beranvac@fd.cvut.cz

⁵⁾ Ing., CSc., prozde@seznam.cz

společností a systému technologického, který představují technická díla, jež lidé soustavně vytváří pro zvýšení kvality života. Systémy jsou otevřené a vzájemně propojené, a proto interagují jak vzájemně, tak se svým okolím. Některé interakce jsou pro lidstvo příznivé a jiné nepříznivé a vysoce nepřijatelné. Výzkum systémů shrnutý např. v práci [1] ukázal základní vlastnosti systému, které souvisí s chováním okolí systému. Tabulka 1 shrnuje současné poznání v předmětné oblasti.

Tabulka 1. Souvislosti mezi chováním systému a stavem okolí; zpracováno dle [1].

Stav okolí	Vlastnosti systému reagující na stav okolí
Normální stav (rovnováha)	Existence
Nedostatek zdrojů	Efektivnost – systém musí být dlouhodobě efektivní, ne nutně účinný, v zajišťování nedostatkových zdrojů z prostředí, na něž působí
Rozmanitost procesů	Volnost akcí – systém musí být schopen různými způsoby zvládat veškeré výzvy a podněty z okolí
Proměnlivost	Bezpečí – systém musí být schopen se ochránit před škodlivými vlivy z okolí
Změny	Přizpůsobivost – systém musí být schopen adaptace na změny
Jiné systémy v okolí	Koexistence – systém musí být schopen změnit své chování tak, aby reagoval na chování ostatních systémů v okolí; tj. nesmí je ohrožovat a ony nesmí ohrožovat jeho.

Bezpečnost lidského systému v současném pojetí založeném na dokumentu OSN z r. 1994 [2] je soubor opatření a činností, které provádí člověk, aby zajistil své bezpečí a udržitelný rozvoj. V uvedeném pojetí bezpečnost systému zahrnuje jak funkčnost, tak spolehlivost systému.

Analýza a syntéza poznatků a zkušeností uvedených v odborných publikacích, shrnutá v knize [3] ukazuje, že bezpečnost systému (v integrálním smyslu) lze naplnit jen tehdy, když se při jejím řízení: zvažují všechna výše uvedená aktiva; používá současné poznání v kontextu teorie systému; a systém provádí své činnosti tak, aby nezpůsobovaly jevy, které by vedly k desintegraci až rozpadu celého lidského systému, tj. i jejího okolí. Jinými slovy cíl je možné dosáhnout jen tehdy, když systém:

- zná a zvažuje všechna možná rizika v detailech i souvislostech [4] (tzv. All Hazard Approach v představě zpracované pro Evropu v rámci projektu FOCUS, charakterizovaný v [5]),
- správně s riziky vyjednává,
- má správně nastavené řízení rizik.

Řízení rizik složitých systémů není jednoduché, protože jejich chování a stav jsou ovlivněny procesy a jevy, které probíhají uvnitř i vně systému a navíc jejich dopady se modifikují spleťtí sítí vazeb a toků, které jsou uvnitř podsystémů, napříč podsystémů, napříč celého systému i

v okolí. Řízení rizik proto musí být komplexní a jeho priority musí být zaměřeny na bezpečí a udržitelný rozvoj entit [3,4].

2. Základní charakter technických děl

Technické dílo je dílo vytvořené lidskou činností, které zajišťuje výroby nebo služby důležité pro život lidí. Architektura technických děl je objektová nebo síťová. Každý typ technického díla má svá specifika; např. významný rozdíl existuje mezi ovládním stabilních a pohybujících se technických děl. Mezi velká technická díla patří: elektrárny, průmyslové objekty, přehrady, letiště, nádraží, sklady, nemocnice, velká obchodní centra, velká kulturní či sportovní centra atd. Náleží do správy různých sektorů a jejich cílem je zajistit kvalitní život lidí. Zahrnují fyzické, kybernetické, organizační a sociální systémy, tj. jednotlivá zařízení, stroje, komponenty, systémy či celé výrobní či obslužné celky.

Lidé potřebují technická díla, protože jim zajišťují výroby a služby, tj. zlepšují kvalitu jejich života, a proto patří do veřejných aktiv [5]. Znalosti i zkušenosti ukazují, že technická díla jsou vkládána do jistého prostředí, které v každém případě reaguje na umístěné technické dílo. Rovněž je skutečností, že kvalita služeb poskytovaných daným technickým dílem během jeho životnosti a charakter reakcí prostředí na technické dílo závisí významně na vybrané specifikaci technického díla; např. výrobu elektřiny lze zajistit pomocí několika typů zdrojů, dodávky pitné vody lze zajistit několika typy sítí atd.

Velká technická díla představují systém systémů (SoS), tj. řadu otevřených a vzájemně propojených systémů [3], a proto jejich chování je dynamické a závisí na celé řadě faktorů. Řízení jejich bezpečnosti tudíž není jednoduché a vyžaduje aplikaci specifických inženýrských nástrojů pro zvládnutí očekávaných rizik. Vyžaduje používat multikriteriální přístup při hledání příznivého řešení, které se v daných podmínkách jeví jako jedno z optimálních řešení.

Znalosti i zkušenosti ukazují, že u každého technického díla lze najít přínosy i dopady na veřejná aktiva, jejichž vzájemný poměr se během životnosti technického díla mění, a proto je nutné sledovat koexistenci technického díla a předmětného území, a to včetně lidské společnosti, která ho obývá. Reakce území na technické dílo nemusí být pochopitelně pro lidi příznivé; některé reakce jsou dočasné, jiné přetrvávají po celou dobu existence a některé z nich si dokonce vyžádají obnovu území po ukončení provozu technického díla. Proto lidstvo musí řídit procesy:

1. Proces specifikace typu technického díla a výběru jeho umístění do území.
2. Proces zhotovení technického díla a uvedení do provozu.
3. Proces provozu technického díla.
4. Proces odstavení technického díla z provozu, vyčištění území a předání území do dalšího využívání.

Z pohledu rozvoje lidí je třeba, aby reakce prostředí na technické dílo po celou dobu životnosti technického díla byly přiměřené, tj. aby při předmětných reakcích nevznikly zdroje rizik, které by významně narušily podmínky nutné pro život lidí, a lidská společnost by neměla schopnost vzniklá rizika vypořádat. Projekt RIRIZIBE [6] se zabývá řešením problémů koexistence během všech čtyř výše zmíněných procesů. Předložená práce se soustřeďuje na technická díla a řeší problémy koexistence technických děl a jejich okolí, které jsou s nimi spojené při výběru typu a umístění technického díla; shrnuje základní výsledky monografie [7].

3. Riziko a bezpečnost

Výzkum, jehož výsledky budou dále uvedeny, je založen na pojetí problému, pojmech a datech z publikací spojených s celosvětovými konferencemi ESREL, které pořádá ESRA (European Safety and Reliability Agency) [8-17]; seznam pojmů, který se odborně shoduje s pojetím OSN, OECD, IAEA, WB a dalších]; je shrnut v práci [4].

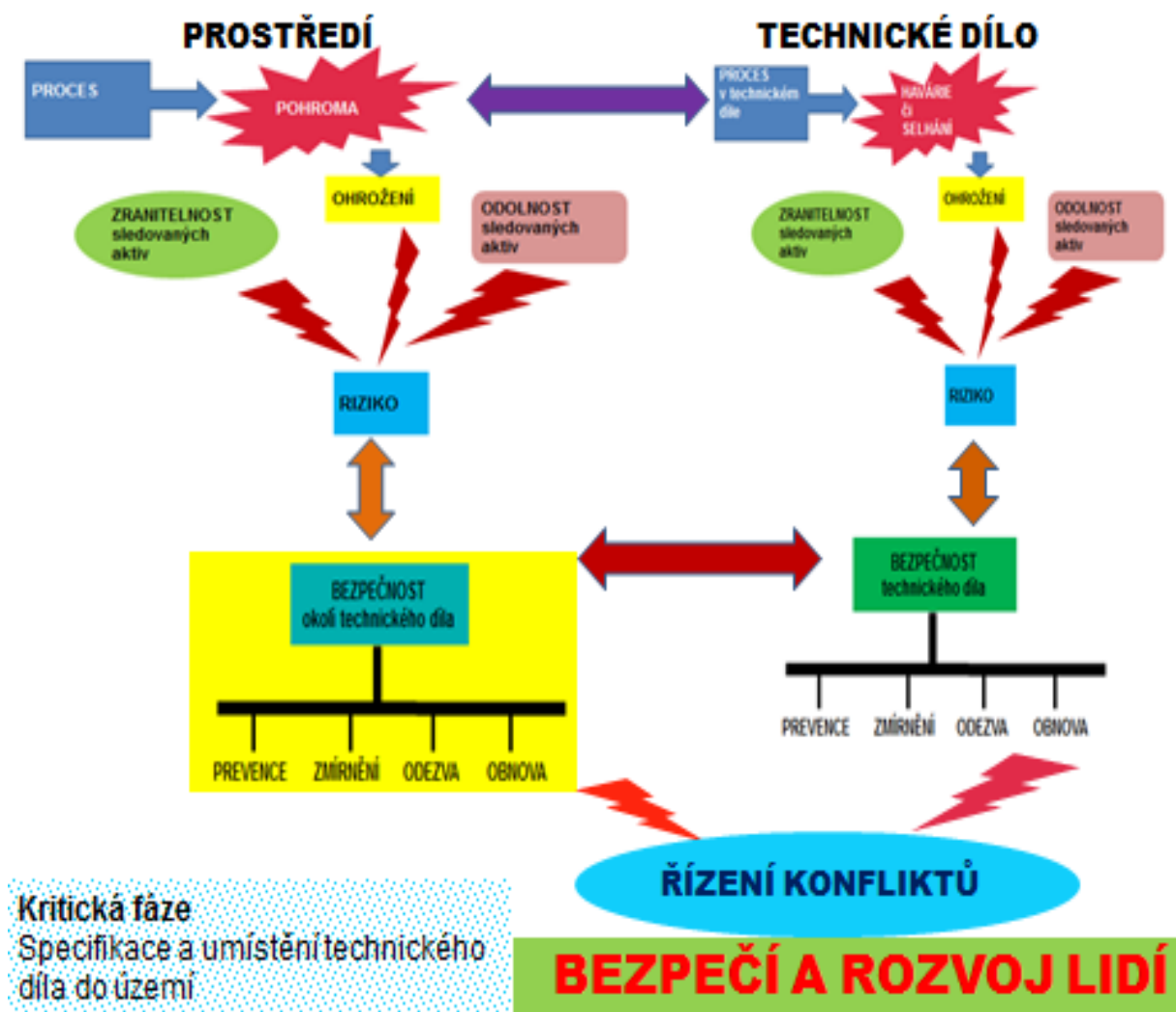
Současné poznání ukazuje, že každé technické dílo je umístěno v území, ve kterém je řada zdrojů rizik, jejichž realizace může poškodit jak technické dílo, tak jeho okolí. Riziko je veličina, která je mírou ztrát, škod a újmy [3,4]. Jeho velikost závisí na konkrétní pohromě, která je zdrojem rizika a na zranitelnosti místních sledovaných aktiv. Ve strategickém řízení jsou definovány veličiny: ohrožení (anglicky hazard) jako pravděpodobná velikost pohromy, která se v daném místě vyskytne jedenkrát za definovaný časový interval (tzv. projektová nebo návrhová pohroma) [3,4,18]; a riziko jako pravděpodobná velikost ztrát, škod a újmy na sledovaných aktivech při projektové pohromě rozpočtená na jednotku času (nejčastěji 1 rok) a jednotku území [3,4,18].

Cílem lidských komunit je hospodářský rozvoj a bezpečí společenství, a pro předmětný cíl jsou důležité jak bezpečné prostředí, tak bezpečná technická díla. Bezpečnost je chápána jako vlastnost na úrovni systému, kterou formuje člověk svými opatřeními a činnostmi [3,4,18]; bezpečný je takový systém, který ani při svých kritických podmínkách neohrožuje ani sebe, ani své okolí. Bezpečnost technického díla je sledována v pracích [3,4,18]. Platí, že veličiny riziko a bezpečnost nejsou doplňkové veličiny, protože bezpečnost prostředí i každého technického díla lze zvýšit pomocí organizačních opatření, zavedení varovacích systémů a záložních řešení, aniž bychom snížili velikost rizika; doplňkovým pojmem k bezpečnosti je kritičnost jako mezní stav akceptovatelného řešení [3,4,18].

4. Koexistence

Koexistence obecně znamená společná existence. Ve sledovaném případě jde o zajištění takových podmínek v lidském systému při umístění technického díla do prostředí, které zajistí společnou existenci propojených systémů, tj. sociálního, environmentálního a technologického. O potřebě a důležitosti koexistence se dnes uvažuje v mnoha technických oborech; např. práce z oblasti telekomunikací [19-25]. Předmětné práce ukazují, že technická díla nemohou být navrhována jako uzavřené systémy, ale vždy musí být zvažováno jejich okolí, což potvrzuje požadavky shromážděné v pracích [3-18].

Obrázek 1 ukazuje základní představu o chápání problému, které směřuje k cíli lidí, kterým je jejich bezpečí a rozvoj. Na obrázku 1 jsou uvedeny základní faktory spojené s bezpečím a rozvojem lidí v systému, do kterého patří technická díla, která zajišťují kvalitu života a bezpečí lidí. Předmětná publikace se zabývá kritickou fází „výběr typu díla a umístění technického díla do území“. Odhaluje předmětná rizika a na základě shromážděných dat a metod používaných v inženýrských disciplínách zabývajících se riziky, navrhuje nástroje pro efektivní zvládnutí rizik, což vede k zajištění koexistence základních systémů a hlavně k zajištění bezpečí a rozvoje lidí. Další podobnosti jsou v práci [7].



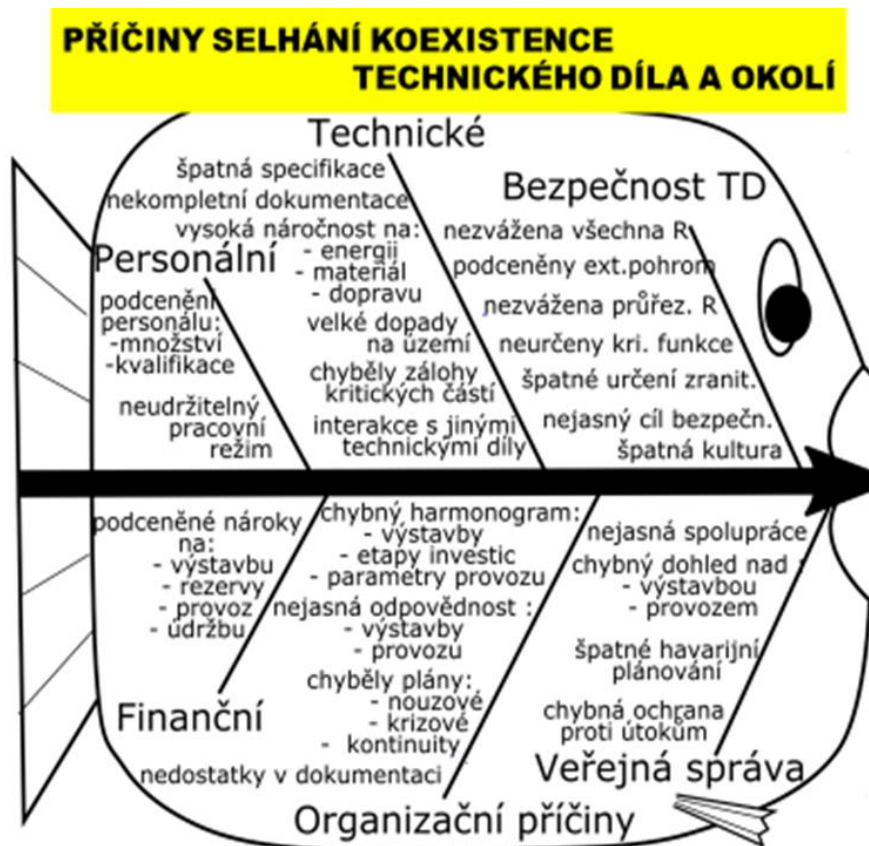
Obr. 1. Procesy a faktory a jejich souvislosti.

5. Data a metody

Ze současného poznání a zkušeností vyplývá, že rozpoznání potenciálních příčin budoucích nehod, havárií či selhání technických děl je správný nicméně náročný záměr. Předpokladem je vesměs znalost vzniku a možného průběhu návazných procesů, které k událostem vedou; dobře poslouží historické údaje, statistická data, studium problémů analogických zařízení i simulované scénáře. Znalost historických dat a jejich vyhodnocení je užitečným, nicméně nedostačujícím podkladem, protože se mění hodnota aktiv i podmínky, ve kterých se aktiva nachází. Proto je třeba použít teorii procesů a s ohledem na bezpečnost technických děl sledovat jejich proměnu v důsledku změn podmínek, tj. zvažovat dynamický vývoj technického díla i jeho okolí. Jestliže se nedodrží logické principy a postupy při výběru typu a umístění technického díla, často dojde k velkým zpožděním a k velkým finančním ztrátám spojeným s technickým dílem.

Práce [7] obsahuje seznam zdrojů, ze kterých byly získány konkrétní data o selhání koexistence technického díla a jeho okolí v důsledku chyb během procesu výběru typu a umístění

technického díla. Na základě těchto údajů byly zjištěny příčiny selhání a jejich charakteristické rysy pomocí metod, které používají pokrokové disciplíny pracující s riziky [26]. Příčiny narušení koexistence jsou znázorněny na obrázku 2 pomocí Ishikawova diagramu [26].



Obr. 2. Příčiny selhání koexistence technického díla a jeho okolí z důvodu chybného výběru typu technického díla nebo chybného umístění technického díla do území.

Jelikož jde o proces spojený s chováním složitého systému, typu SoS, tak se pro řízení jeho bezpečnosti musí používat multikriteriální přístup. Vhodným nástrojem je proto Systém pro podporu rozhodování (*Decision Support System* – dále jen *DSS*) [26].

6. DSS pro zajištění koexistence při výběru typu a umístění technického díla

Na základě shromážděných znalostí autoři sestavili kontrolní seznam pro hodnocení rizik spojených s navrhovaným technickým dílem, tabulka 2 s filozofií, čím vyšší riziko, tím nižší je bezpečnost technického díla, což znamená i nízkou míru koexistence technického díla s okolím.

Pro aplikaci v praxi jsou ke kontrolnímu seznamu přiřazeny dvě stupnice: jedna v tabulce 3 pro posuzování vybraných kritérií při použití klasifikační stupnice (0-5) a konceptu „čím vyšší hodnota, tím je vyšší riziko [27], tj. je nižší koexistence technického díla s okolím“; a druhá stupnice pro vyhodnocení celého kontrolního seznamu založeného na principu, který byl zaveden do norem ČSN v 80. letech minulého století, tabulka 4.

Tabulka 2. Kontrolní seznam pro posuzování rizika spojeného s koexistencí navrhovaného technického díla a jeho okolí. Počet kritérií n = 54.

Kritérium	Hodnocení	Pozn.
Návrh technického díla zvažuje dopady pohrom dle přístupu All-Hazard-Approach, které jsou možné v území.		
Návrh technického díla zvažuje dopady na obyvatelstvo v okolí.		
Návrh technického díla zvažuje dopady technického díla na životní prostředí.		
Návrh technického díla obsahuje bezpečnostní analýzy, ve kterých jsou zvážena průřezová rizika, která se realizují pomocí propojení komponent a systémů technického díla jen za určitých podmínek (tj. např. při výskytu pohrom) a mohou způsobit kaskádovitá selhání technického díla.		
Návrh technického díla obsahuje protiopatření (preventivní, zmírňující, reaktivní a obnovovací) na zvládnutí očekávaných nouzových situací a možných kritických situací; má provozní předpisy pro normální, abnormální a kritické podmínky, nouzové plány i zakotvenou povinnost předávání informací veřejné správě při haváriích, jejichž dopady přesáhnou do okolí technického díla; tj. zvažuje všechna základní veřejná aktiva.		
Návrh technického díla má dokumentaci, která je logicky provázaná za všech podmínek, a jsou v ní jasně vymezené funkce důležité pro řízení bezpečnosti technického díla.		
Návrh technického díla má dokumentaci, ve které je jasně posouzena zranitelnost kritických aktiv technického díla, průkaz zvládnutí možných havárií v technickém díle.		
Návrh technického díla má dokumentaci, ve které jsou jasně stanoveny: cíl bezpečnosti technického díla a nástroje pro její zajištění; postup pro budování kultury bezpečnosti; program na udržování požadované bezpečnosti a na její zvyšování.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci posouzení, zda celé technické dílo či některá jeho část může patřit do zájmu insiderů či teroristů. Jestliže ano, tak má uvedeny odpovídající technické a kybernetické prostředky, lidské zdroje a finanční náklady na ochranu.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci postupy pro spolupráci s veřejnou správou při výstavbě i provozu technického díla.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci postupy pro spolupráci s veřejností a získání její podpory.		

Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci všechny náležitosti vyžadované legislativou.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci ověřený harmonogram realizace výstavby.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci realistické rozdělení investičního celku do etap.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci realisticky nastavené parametry provozu a provozní režim.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci jasně stanoveny odpovědnosti za procesy spojené s výstavbou technického díla.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci jasně stanoveny odpovědnosti za procesy spojené s provozem technického díla.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci realistické provozní předpisy pro normální, abnormální a možné kritické situace, nouzové plány, i plány kontinuity pro kritické komponenty technického díla, které by zajistily obnovu technického díla v případě nadprojektových pohrom.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci jasně vymezené požadavky na potřebný personál a jeho kvalifikaci.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci posouzení naplnění požadavků na kvalifikovaný personál s ohledem na možnosti, které jsou v blízkém okolí.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci pracovní režimy, které respektují sociální potřeby pracovníků a zajišťují jejich bezpečí.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci ověřené finanční nároky na výstavbu technického díla.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci ověřené finanční nároky na provoz technického díla, a to včetně nákladů na údržbu a včasné opravy.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci rozpočty na výstavbu i provoz, ve kterých jsou rezervy na pokrytí vícenákladů vyvolaných např. zvýšením daňového zatížení, změnou podpory ze strany veřejné správy, výskytem živelní či jiné pohromy apod.).		
Návrh technického díla používá technologii, která nemá zřejmé nedostatky.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci průkaz, že technické dílo je proveditelné za disponibilních zdrojů (znalosti; materiál na zhotovení; suroviny pro provoz; technické prvky, zařízení a komponenty; finance; způsob řízení; či dovednost obsluhy při konstrukci či provozu).		

Návrh technického díla obsahuje kompletní technickou dokumentaci, tj. přesný popis všech důležitých zařízení a způsobu jejich provozu.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci seznam záloh a rezerv pro kritická zařízení a kritické komponenty.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci údaje o energetické náročnosti a posouzení, zda okolní území má volnou příslušnou kapacitu.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci údaje o vybudování dalších zdrojů energií v případě, že kapacita území je nedostatečná.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci údaje o nárocích na dopravu a posouzení, zda okolní území má volnou příslušnou kapacitu.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci údaje o vybudování dalších dopravních infrastruktur v případě, že kapacita území je nedostatečná.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci údaje o nárocích na materiál a posouzení dostupných možných dodavatelů.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci údaje o způsobu hledání dalších dodavatelů materiálu.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci údaje o spotřebitelích a posouzení dostupných možných spotřebitelů.		
Návrh technického díla obsahuje v dokumentaci údaje o způsobu hledání dalších spotřebitelů.		
Návrh technického díla obsahuje opatření, jak se technické dílo vypořádá s poruchami kritických komponent či kritických zařízení, selhání dodávek energií, selhání dodávek chladiva, a v projektu jsou protiopatření na zvládnutí očekávaných nouzových situací.		
Návrh technického díla obsahuje opatření na zvládnutí organizačních havárií,		
Návrh technického díla obsahuje zavedení spolehlivého monitoringu všech kritických procesů v technickém díle.		
Návrh technického díla obsahuje jasný koncept provozu a jasné jednotlivé režimy provozu zacílené na bezpečnost.		
Návrh technického díla obsahuje jasné limity a podmínky provozu technického díla a jejich ověření.		
Návrh technického díla obsahuje průkaz spolehlivosti technického díla po dobu životnosti a jeho ověření.		
Návrh technického díla obsahuje ocenění dopadů havárie technického díla na sociální oblast (dle pomocné tabulky 3)		

Návrh technického díla obsahuje ocenění dopadů havárie technického díla na technickou a ekonomickou oblast (dle pomocné tabulky 3)		
Návrh technického díla obsahuje ocenění dopadů havárie technického díla na oblast životního prostředí (dle pomocné tabulky 3)		
Návrh technického díla obsahuje ocenění dopadů havárie technického díla na reputaci technického díla a příslušného území.		
Návrh technického díla obsahuje ocenění nákladů na obnovu technického díla a jeho okolí po velké havárii a posouzení schopnosti obnovy.		

Hodnocení konkrétního případu dle tabulky 2 musí dělat tým specialistů z různých odborů nezávisle; v praxi se osvědčil tým složený z: pracovníka veřejné správy odpovědného za územní plánování; pracovníka veřejné správy odpovědného za rozvoj území; zástupce technického díla; zástupce odborné instituce pro posuzování bezpečnosti technických děl – např. z technické inspekce; a zástupce Integrovaného záchranného systému [29]. Výsledná hodnota u každého kritéria je medián, přičemž v případě velkého rozptylu hodnot u některého kritéria je třeba, aby pracovník veřejné správy odpovědný za územní plánování zajistil další šetření, na kterém každý hodnotitel sdělí zdůvodnění svého hodnocení v předemném případě a na základě panelové diskuse nebo brainstormingu se určí výsledné hodnocení.

Tabulka 3. Hodnotová stupnice pro určení míry rizika, které navrhované technické dílo znamená pro své okolí; navržena analogicky ke stupnicím uvedeným v práci [28]; p – roční pojištění, ABT – roční rozpočet území.

Oblast	Míra rizika	
	Klasifikace	Komentář
Sociální	0	Havárií či selháním technického díla je postiženo do 50 lidí
	1	Havárií či selháním technického díla je postiženo 50-500 lidí
	2	Havárií či selháním technického díla je postiženo 500-5000 lidí
	3	Havárií či selháním technického díla je postiženo 5000–50 000 lidí
	4	Havárií či selháním technického díla je postiženo 50 000– 500 000 lidí
	5	Havárií či selháním technického díla je postiženo nad 500 000 lidí
Technická a ekonomická	0	Havárie či selhání technického díla způsobí škody do 0.5 p
	1	Havárie či selhání technického díla způsobí škody rovné p

	2	Havárie či selhání technického díla způsobí škody větší než p a menší než 0.05 ABT
	3	Havárie či selhání technického díla způsobí škody mezi 0.05 ABT a 0.075 ABT
	4	Havárie či selhání technického díla způsobí škody mezi 0.05 ABT – 0.075 ABT
	5	Havárie technického díla způsobí škody větší než 0.1 ABT
Životní prostředí	0	Havárie či selhání technického díla způsobí malé poškození životního prostředí
	1	Havárie technického díla způsobí poškození životního prostředí, které vyrovná příroda během času
	2	Havárie či selhání technického díla způsobí mírné poškození neobnovitelných zdrojů přírody a přírodních rezervací
	3	Havárie či selhání technického díla způsobí střední poškození neobnovitelných zdrojů přírody a přírodních rezervací
	4	Havárie či selhání technického díla způsobí nevratné poškození neobnovitelných zdrojů přírody a přírodních rezervací
	5	Havárie či selhání technického díla způsobí devastace krajiny neobnovitelných zdrojů přírody a přírodních rezervací

Tabulka 4. Hodnotová stupnice pro určení míry koexistence navrhovaného technického díla a jeho okolí; N = pětinašobku počtu kritérií v tabulce 2, tj. N = 270.

Míra rizika koexistence technického díla a okolí	Hodnoty v % N
Extrémně vysoká – 5	Více než 95 %
Velmi vysoká – 4	70 - 95 %
Vysoká – 3	45 - 70 %
Střední - 2	25 – 45 %
Nízká – 1	5 – 25 %
Zanedbatelná – 0	Méně než 5 %

Ocenění přínosů technického díla pro území se dělá opět pomocí kontrolního seznamu, tabulka 5 [7]. Pro aplikaci v praxi jsou ke kontrolnímu seznamu přiřazeny dvě stupnice: jedna v tabulce 6 pro posuzování vybraných kritérií při použití klasifikační stupnice (0-5) a konceptu „čím vyšší hodnota, tím je vyšší přínos technického díla pro území; a stupnice pro vyhodnocení celého

kontrolního seznamu založeného na principu, který byl zaveden do norem ČSN v 80. letech minulého století, tabulka 7.

Tabulka 5. Kontrolní seznam pro posuzování přínosu technického díla pro okolí. Počet kritérií n = 10.

Kritérium	Hodnocení	Pozn.
Realizované technické dílo zvýší vzdělanost populace v území.		
Realizované technické dílo zvýší možnost zaměstnání populace v území.		
Realizované technické dílo zvýší úroveň služeb v území.		
Realizované technické dílo zvýší veřejné blaho v území.		
Realizované technické dílo přispěje k rozvoji základních infrastruktur v území.		
Realizované technické dílo zvýší prestiž území.		
Realizované technické dílo přispěje ke kulturnímu rozvoji území.		
Realizované technické dílo zlepší situaci v sociální oblasti v území (dle pomocné tabulky 8).		
Realizované technické dílo zlepší situaci v oblasti technické a ekonomické v území (dle pomocné tabulky 8).		
Realizované technické dílo zlepší situaci v oblasti ochrany životního prostředí a veřejného blaha v území (dle pomocné tabulky 8).		

Tabulka 6. Hodnotová stupnice pro určení míry přínosu, který navrhované technické dílo znamená pro své okolí; navržena analogicky ke stupnicím uvedeným v práci [28]; ABT – roční rozpočet území.

Oblast	Míra rizika	
	Klasifikace	Komentář
Sociální	0	Technické dílo prospěje méně než 50 lidem.
	1	Technické dílo prospěje 50-500 lidem.
	2	Technické dílo prospěje 500-5000 lidem.
	3	Technické dílo prospěje 5000–50 000 lidem.
	4	Technické dílo prospěje 50 000–500 000 lidem.
	5	Technické dílo prospěje více než 500 000 lidem.
Technická a ekonomická	0	Technické dílo přinese do rozpočtu území 0.005 R.
	1	Technické dílo přinese do rozpočtu území 0.005-0.01 ABT.

	2	Technické dílo přinese do rozpočtu území 0.01-0.025 ABT.
	3	Technické dílo přinese do rozpočtu území 0.026-0.05 ABT.
	4	Technické dílo přinese do rozpočtu území až 0.05-0.075 ABT.
	5	Technické dílo přinese do rozpočtu území více než 0.075 ABT.
Životní prostředí a veřejné blaho	0	Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou menší než 500 Kč
	1	Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou 500–5000 Kč
	2	Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou 5000–50 000 Kč
	3	Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou 50 000–500 000 Kč
	4	Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou 500 000–5 000 000 Kč
	5	Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou větší než 5 000 000 Kč

Tabulka 7. Hodnotová stupnice pro určení míry přínosu navrhovaného technického díla pro jeho okolí; N je číslo rovné pětinasobku počtu kritérií v tabulce 6, tj. N = 50.

Míra přínosu technického díla pro okolí	Hodnoty v % N
Extrémně vysoká - 5	Více než 95 %
Velmi vysoká - 4	70 - 95 %
Vysoká – 3	45 - 70 %
Střední - 2	25 – 45 %
Nízká – 1	5 – 25 %
Zanedbatelná - 0	Méně než 5 %

Na základě výsledku v tabulce 2 ohodnoceného podle tabulky 4 a výsledku v tabulce 5 ohodnoceného podle tabulky 7 se provede skórování míry rizika technického díla pro území a míry přínosu technického díla pro území. Při posouzení bude použita kvantitativní vlastnost [26]; zmíněnou vlastností jsou hranice přijatelnosti rizika, které používají např. OSN a Swiss Re [5]. Používané hranice přijatelnosti rizika jsou škody způsobené realizací rizika odpovídající výši ročního pojistného za chráněná aktiva v území, hranice nepřijatelnosti je desetina ročního rozpočtu, který zajišťuje rozvoj v území a mezi těmito limity je oblast podmíněné přijatelnosti, na kterou se dimenzují systémy odezvy budované v území.

Podle tohoto pravidla v praxi porovnáme tři veličiny: roční přínos technického díla (*RPTD*), roční pojistné technického díla (*PRTD*) a roční ztráty technického díla způsobené realizací prioritních rizik (*RZTD*), kde

$$RPTD = PRZTD - A - RPNTD,$$

kde *PRZTD* je průměrný roční zisk technického díla, *A* je anuita a *RPNTD* jsou provozní náklady technického díla

Na základě výsledků skórování se určí kategorie, do které patří v daném případě riziko spojené s technickým dílem takto:

RZTD je menší než *PRTD*, tak riziko je přijatelné,

RZTD je mezi *PRTD* a *0.1 RPTD*, tak riziko je podmíněně přijatelné,

RZTD je větší než *0.1 RPTD*, tak riziko je nepřijatelné,

V prvním případě výhody spojené s technickým dílem převážily nevýhody, tj. očekávané ztráty, a lze technické dílo povolit s ohledem na koexistenci technického díla a jeho okolí. V případě druhém je nutno požadovat další preventivní opatření v návrhu technického díla vedoucí ke snížení rizika na hodnotu ALARP [3,4,18] a zajistit opatření zmírňující, reaktivní a obnovovací [3,4,18]. V posledním případě, tj. u nepřijatelného rizika, je třeba důkladná úvaha o závěru – v úvahu připadá buď vyhnoutí se riziku, tj. odmítnutí technického díla, anebo vyžádat další opatření spojená se zvýšením bezpečnosti technického díla (nutno vyžadovat aplikaci: vyšších znalostí; lepší technické vybavení; vyšší náklady na ochranné systémy; zajištění vyšší připravenosti lidských zdrojů apod.) [3,4,18].

7. Závěr

Lidské přání je řídit rizika tak, aby se nerealizovala. Na základě lidského poznání je to možné jen tehdy, když rizika a jejich příčiny pochopíme. Proto je velmi důležité pochopit velké dopady pohrom, které mají velmi nízkou pravděpodobnost výskytu. Podle autorů práce [30] akademická sféra dává řadu doporučení, která v praxi ztroskotávají na tom, že není jasně určená odpovědnost a nejsou stanovená jasná pravidla, jak s riziky pracovat. Předmětná práce se snaží tento nedostatek odstranit.

Řídit rizika ve prospěch bezpečnosti lze na základě současného poznání jen tehdy, když bude v praxi zavedena dobrá kultura bezpečnosti a odpovědnost na všech úrovních řízení jak ukazují nejen výsledky výše uvedené, ale i práce [25,31]. Pracovat s riziky od návrhu každého technického díla či technologie je třeba provádět proto, aby u všech zúčastněných vzniklo povědomí o rizicích a aby se zavedla příslušná opatření pro řízení závažných rizik. V práci [3] byla ukázána velmi důležitá role situačního povědomí. V souvislosti s každým rizikem si je třeba vždy uvědomit: co se může stát; kde se to může stát; co může spustit velké ztráty a škody; jaká aktiva budou zasažena; a co je třeba si připravit pro ochranu veřejných aktiv a koexistence technického díla s okolím.

V rámci základních funkcí státu je nutné, aby stát dohlížel na koexistenci všech hlavních systémů, které jsou nutné pro život a rozvoj lidstva, tj. životní prostředí, technická díla a technologie a lidská společnost. Předmětná povinnost je založena ve zdůvodnění existence samotného státu a lze ji nalézt v řadě odborných sdělení a v mnoha jazycích [6].

Cílem DSS, který je uveden v kapitole 6 a je určen pro potřeby veřejné správy je odhalit zdroje rizik jednotlivých variant technického díla, jejichž realizace může narušit koexistenci technického díla a jeho okolí, a to dnes i v budoucnu. Tím je usnadněno základní rozhodování v dále uvedených záležitostech:

1. Co je prioritním rizikem, a co není prioritním rizikem.
2. Kdy se prioritní riziko realizuje, a kdy se prioritní riziko nerealizuje.
3. Jak se prioritní riziko realizuje, a jak se prioritní riziko nerealizuje.
4. Proč se prioritní riziko realizuje, a proč se prioritní riziko nerealizuje.
5. Kde se riziko realizuje, a kde se riziko nerealizuje.
6. Kdo nebo co přispívá k realizaci prioritního rizika, a kdo nebo co přispívá k odvrácení realizace prioritního rizika.
7. Jak zjistíme, že se prioritní riziko realizovalo, a jak zjistíme, že se prioritní riziko nerealizovalo.

Na základě posouzení proveditelnosti možných variant typů a umístění technického díla podle odpovědí na uvedených sedm položek lze rozhodnout, zda realizovat či nerealizovat technické dílo, a v případě rozhodnutí ano, tak v jaké variantě. Tím jsou také odhaleny zdroje rizik, která bude nutno vypořádávat v budoucnu.

Na závěr ještě jedno upozornění. Analýza některých konkrétních selhání specifikace a umístění technických děl ukázala, že při rozhodování nebyla zvažena existence podmínek transferu technologií [32]. De facto nebylo vzato v úvahu, že bezpečné (spolehlivé a funkční) technické dílo určují jak parametry technického díla, tak parametry prostředí, do něhož je technické dílo umístěno. Uvedené příklady indukovaných zemětřesení ukazují, že očekávané přínosy technického díla jsou pak během životnosti technického díla sníženy, a někdy i významně tím, že společnost musí vynaložit náklady na odezvu a obnovu těch aktiv, u kterých je to možné; zmařené lidské životy či trvalá poškození zdraví obnovit nelze.

Pragmatický závěr celého výzkumu shrnutého v práci [7] je, že v České republice chybí prostředí pro správné řízení rizik ve prospěch veřejného zájmu. Je třeba nejprve zajistit příslušnou legislativu, která jasně zdůrazní veřejný zájem a odpovědnost osob a subjektů, které rozhodují příslušné záležitosti. Současně s tím je třeba zajistit výchovu a vzdělanost v oblasti řízení a vypořádání rizik a cíleně podporovat budování kultury bezpečnosti v českém prostředí, podporované motivací občanů.

Literatura

- [1] BOSSEL, H. *Systeme, Dynamik, Simulation – Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme. Books on Demand*. Norderstedt/Germany, 2004 (ISBN 3-8334-0984-3) (www.libri.de).
- [2] UN. *Human Development Report*. New York 1994, <http://www.un.org>
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 978

- 80-01-06180-0, e-ISBN:78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p.
<http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. Praha: ČVUT 2011, 483p.
- [6] ČVUT. *Řízení rizik a bezpečnost složitých technologických objektů (RIRIZIBE)*. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/000.
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., ŘÍHA, J., BERAN, V., PROCHÁZKA, Z. *Řízení rizik procesů spojených se specifikací a umístěním technického díla do území*. ISBN: 978-80-01-06467-2. Praha: ČVUT 2018, 134p., <http://hdl.handle.net/10467/78522>
- [8] BRIŠ, R., GUEDES SOARES, C. & MARTORELL, S. (eds). *Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications*. ISBN 978-0-415-55509-8. London: CRC Press 2009, 2362p.
- [9] ALE, B., PAPAZOGLU, I., ZIO, E. (eds). *Reliability, Risk and Safety*. ISBN 978-0-415-60427-7. London: Taylor & Francis Group 2010, 2448p.
- [10] BÉRENGUER, C., GRALL, A., GUEDES SOARES, C. (eds). *Advances in Safety, Reliability and Risk Management*. ISBN 978-0-415-68379-1. London: Taylor & Francis Group 2011, 3035p.
- [11] IAPSAM (eds). *Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. International*. 11th 2012. (and Annual European Safety and Reliability Conference). ISBN: 978-1-62276-436-5. Helsinki: IPSAM & ESRA 2012, 6889p.
- [12] STEENBERGEN, R., VAN GELDER, P., MIRAGLIA, S., TON VROUWENVELDER, A. (eds). *Safety Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon*. ISBN 978-1-138-00123-7. London: Taylor & Francis Group 2013, 3387p.
- [13] NOWAKOWSKI, T., MLYŃCZAK, M., JODEJKO-PIETRUCZUK, A., WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, S. (eds). *Safety and Reliability: Methodology and Application*. ISBN 978-1-138-02681-0. London: Taylor & Francis Group 2014, 2453p.
- [14] PODOFILLINI, L., SUDRET, B., STOJADINOVIC, B., ZIO, E., KRÖGER, W. (eds). *Safety and Reliability of Complex Engineered System*. ISBN 978-1-138-02879-1. London: CRC Press, 4560p.
- [15] WALLS, L., REVIE, M., BEDFORD, T. (eds). *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*. ISBN 978-1-315-37498-7. London: CRC Press, 2942p.
- [16] CEPIN, M., BRIS, R. *Safety and Reliability – Theory and Applications*. ISBN: 978-1-138-62937-0. London: Taylor & Francis Group 2017, 3627p.
- [17] HAUGEN, S., VINNEM, J., E., BARROS, A., KONGSVIK, T., VAN GULIJK, C. (eds). *Safe Societies in a Changing World*. ISBN: 978-0-8153-8682-7). London: Taylor & Francis Group 2018, 3234p.; ISBN: 978-1-351-17466-4 (eBook); <https://www.ntnu.edu/esrel2018>.
- [18] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.

- [19] KOEPKE, G., YOUNG, W., LADBURY, J., CODER, J. *Complexities of Testing Interference and Coexistence of Wireless Systems in Critical Infrastructure*. NIST Technical Note 1885. <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.TN.1885>
- [20] LADBURY, J. M., KOEPKE, G. H., CAMELL, D. G. *Evaluation of the NASA Langley Research Center Mode-Stirred Chamber Facility*. NIST Technical Note 1508. 1999.
- [21] IEC. IEC 61000-4-3 ed3.2, *Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and Measurement Techniques - Radiated, Radio-Frequency, Electromagnetic Field Immunity Test*. http://webstore.iec.ch/Webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/43958
- [22] IYER, A., ROSENBERG, C., KARNIK, A. What is the Right Model for Wireless Channel Interference? *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 8 (2009), 5.
- [23] MA, R., MENG, W., CHEN, H., HUANG, Y. Coexistence of Smart Utility Networks and WLAN/ZigBee in Smart Grid. *IEEE Third International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, 2012, pp. 510-520.
- [24] IEEE. IEEE Std 1900.2TM - 2008, *IEEE Recommended Practice for the Analysis of In-Band and Adjacent Band Interference and Coexistence between Radio Systems*.
- [25] OECD. *Machine-to-Machine Communications: Connecting Billions of Devices*. OECD Digital Economy Papers, No. 192. Paris: OECD 2004. <http://dx.doi.org/10.1787/5k9gsh2gp043-en>
- [26] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN: 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [27] KEENEY, R. L., RAIFFA, H. *Decision with Multiple Objectives*. Cambridge: Cambridge University Press 1976, 1993, 569p.
- [28] PROCHÁZKOVÁ, D. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05245-7. ČVUT, Praha 2013, 223p.
- [29] PROCHÁZKOVÁ, D. Nástroj pro sestavení podkladů pro řízení bezpečnosti. ISBN:978-80-248-2424-6. In: *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2011*. Ostrava: VŠB 2011, pp. 157-169.
- [30] SPERSTAD, I. B., KIEL, E. S. Development of a Qualitative Framework for Analysing High-impact Lowprobability Events in Power Systems. In: *Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World*. ISBN 978-0-8153-8682-7. London: Taylor & Francis Group 2018, pp. 1599-1608.
- [31] HUDSON, P., HUDSON, T. *Possibility Space: Understanding Risk*. <https://www.ntnu.edu/esrel2018>
- [32] PROCHÁZKOVÁ, D. Šetření podstaty stížností a konfliktů týkajících se echnických řešení. *Kontrola MSK ČR 1992*. MSK ČR Praha, 95p.

Poděkování: Autoři děkují za podporu ČVUT a za grant EU a MŠMT ČR; projekt RIRIZIBE - CZ.02.2.69/0.0/0.0/16-018/0002649.

**MEASUREMENT OF COMPRESSED AIR FLOW IN THE PRODUCTION
TECHNOLOGY FOR THE PURPOSE OF DIMENSIONING OF COMPRESSORS
USING ULTRASONIC FLOWMETER**

**MERANIE STLAČENÉHO VZDUCHU VO VÝROBNEJ TECHNOLÓGII ZA
ÚČELOM NADIMENZOVANIA KOMPRESORA POMOCOU
ULTRAZVUKOVÉHO PRIETOKOMERA**

Miroslav Rusko¹⁾, Ján Il'ko²⁾

Slovak University of Technology in Bratislava

Abstract: The following study deals with the practical performance of flow measurement on compressed air distribution in production technology. The measured data will be used for purpose to choose a new compressor, instead of the two old existing ones. Existing compressors are in operation for six years, and the technology operator plans to exchange compressors for one more powerful model.

Key words: *compressed air; flow measurement; compressor station; ultrasound.*

Abstrakt: Štúdia pojednáva o praktickom využití merania prietoku stlačeného vzduchu v rozvodoch výrobnéj technológie. Namerané dáta sú ďalej využité za účelom výberu nového kompresora, ktorý má nahradiť staré kompresory. Tie sú v prevádzke po dobu šesť rokov a prevádzkovateľ ich plánuje nahradiť jedným novým výkonným kompresorom.

Kľúčové slová: *stlačený vzduch; meranie prietoku; kompresorová stanica; ultrazvuk.*

1. Introduction

In production technologies, compressed air is almost always used as an energy medium. Often there are changes in the production process, changing the production process of the product itself or adding new products into the production program. This brings a change in the consumption of compressed air. For this reason, there is a requirement for the measurement of compressed air flows during the switching on and off, of several production sections of the production plant. On the basis of the measured data, the technician will determine the new compressor parameters in the compressor station and will re-evaluate the compressed air treatment and cleaning performance.

¹⁾Doc., RNDr., PhD., mirorusko@centrum.sk

²⁾Ing., jan.ilko@stuba.sk

2. Description of problem

Many tools and machines run on compressed air in factories, repair shops and other businesses. In order to have a supply of compressed air for the various users throughout a building, a series of air compressors feeding a storage tank is frequently used. The volume of compressed air used changes constantly from minute to minute throughout the day such that the number of compressors in use varies with demand. Typically, there is a pressure sensor in a tank, which supplies pressure data used to control the number of compressors in use [1]. Compressed air systems are large consumers of energy consuming around 10 % of all industrial electrical consumption [2]. Inadequate or poorly designed compressed air distribution systems can lead to low productivity, poor air tool performance and perhaps more importantly, high energy bills [3].

Before the redesigning of the compressor station, risk analysis to be performed. The information obtained by the risk identification process provides the foundation for making decisions [4]. All pipes, hoses, and fittings must have a rating of the maximum pressure of the compressor. Compressed air pipelines should be identified as to maximum working pressure [5].

3. Data on compressor station

A compressed air system is much more than just an air compressor. According to scheme in Figure 1 [6] a basic compressed air system is made up of the following components:

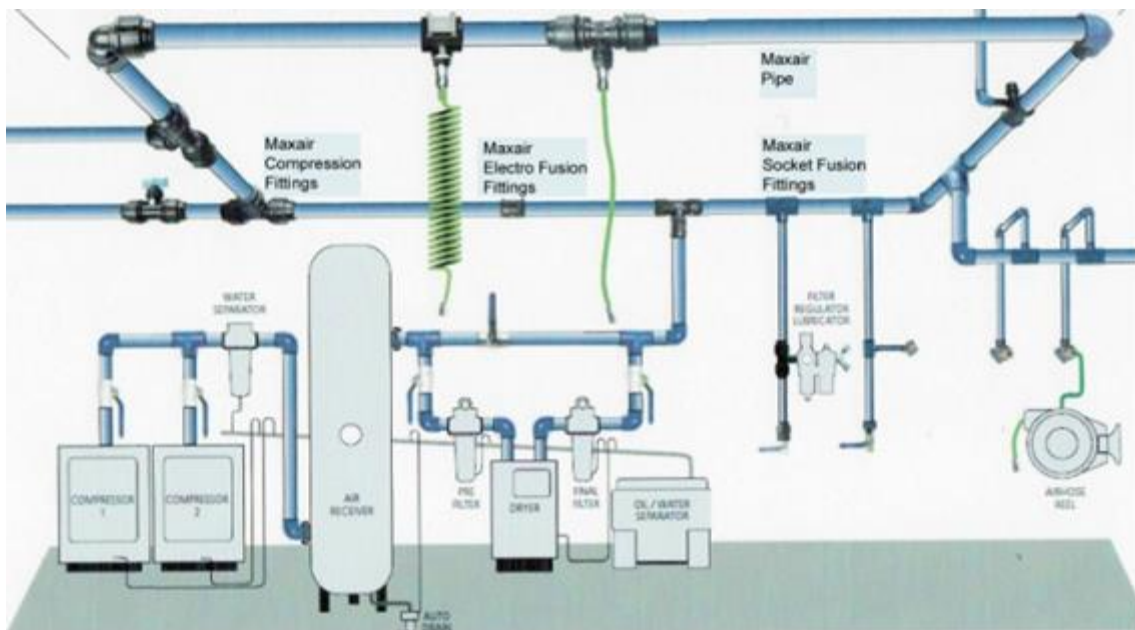


Fig. 1. Compressed Air station model [6].

1. The Air Intake Filter is a device composed of fibrous materials designed to trap atmospheric airborne particles such as dust, pollen, mould, etc. before they can reach the compressor.
2. The Air Compressor is a machine used to convert power (usually from an electric motor, a diesel engine or a gasoline engine) into kinetic energy by compressing and pressurizing air,

which, on command, can be released in quick bursts. There are several different types of air compressors, including reciprocating, rotary screw, and rotary centrifugal.

3. The After cooler cools the system lubricant and discharged air.
4. The Air Tank provides compressed air storage capacity to meet peak demand events and help control system pressure by controlling the rate of pressure change in the system. (Tanks do two important things. 1. They store up air so that the compressor can shut off. This saves energy in all compressors, but is also critical for the long-term health of piston compressors because it allows them to cool down. 2. The tank is used to remove water and other contaminants from the air stream [7].
5. The Air Dryer removes condensation from compressed air in order to prevent damage to the system [8].

According to [9], when a compressed air distribution system is properly designed, installed, operated and maintained, it is a major source of industrial power, possessing many inherent advantages; figure 2. Compressed air is safe, economical, adaptable and easily transmitted and provides labour saving power. The cost of a complete compressed air system and pneumatic tools is relatively small in comparison with the savings affected by their use.

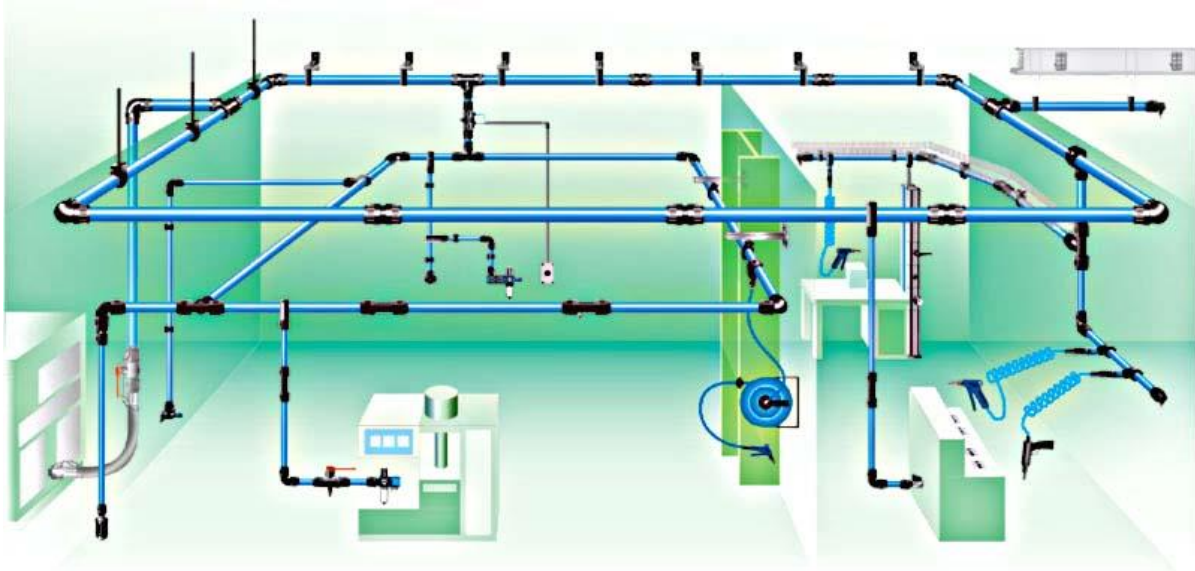


Fig. 2. Example of compressed air distribution system [10].

4. Scheme of measurement of effectivity of compressed air flow

There have been performed two continuous compressed air flow measurements, figure 3. First one has been done on the line for production hall 1 and the second one for production hall 2. Three pieces of gas flow ultrasonic flow meters FLEXIM G601 FLUXUS have been used in parallel measurement on each measuring point, simultaneously. The results have been saved to data logger, downloaded from the flow meters to the PC, exported to xls file and the averages of the results taken for the next use. Clamp-on ultrasonic measurement is unaffected by gas density, viscosity and composition, dust, humidity, temperature or pressure [11].

In the first measurement 1 - Line 1 „East hall“, figure 4, there have been taken 10 measuring points for measuring in three steps. In the first one, the flow measuring of section EH1, then flow measuring of section EH2 and as last both sections, simultaneously.

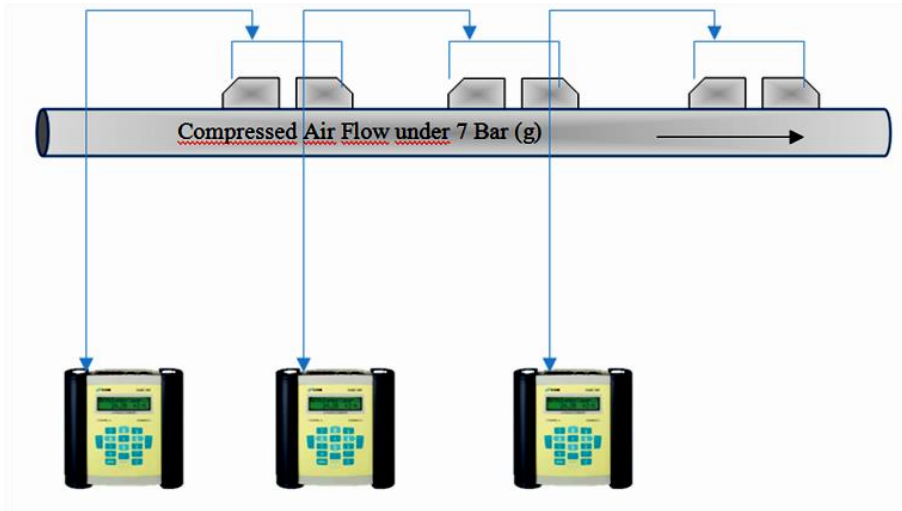


Fig. 3. Schematics of the compressed air flow measuring by both Lines.

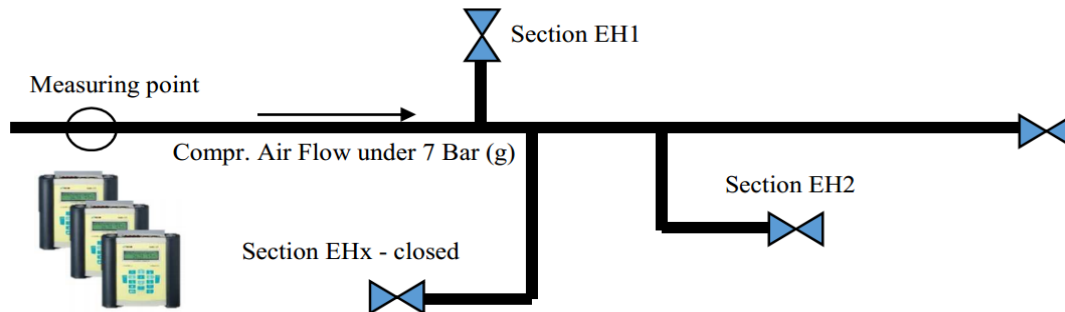


Fig. 4. Schematics of the piping in the East hall.

The pipe properties are as follows: outer diameter: dn80; wall thickness: 3.10 mm, roughness: 0.0 mm; pipe material: carbon steel; c-material: 3230.0 m/s; lining: without lining; medium: air; kinematic viscosity: 1.82 mm²/s; density: 0.01 g/cm³; medium temperature: 20 °C; and fluid pressure: 8.00 bar. Before the measurement, the pipe has been cleaned and on the pipe surface has been glued the damping material; figure 5.

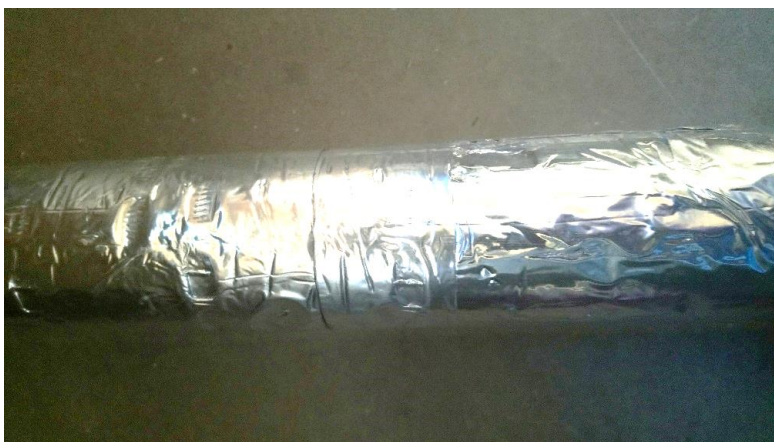


Fig. 5. Damping material on the pipe.

The measured data are shown in the Table 1 and in Figure 6.

Table 1. Measured data of the flow of compressed air for East hall – sections EH1 and EH2.

Measurement number	Production sections	Line 1 "East hall"			Avg [l/min]
		Flowmeter 1 [l/min]	Flowmeter 2 [l/min]	Flowmeter 3 [l/min]	
1	EH1	221.52	221.20	221.02	221.25
2	EH1	228.42	227.90	227.91	228.08
3	EH1	241.02	241.52	241.58	241.37
4	EH1	235.12	235.09	234.89	235.03
5	EH1	233.52	233.75	233.05	233.44
6	EH1	229.53	229.39	229.45	229.46
7	EH1	229.50	229.50	229.74	229.58
8	EH1	231.51	231.53	231.49	231.51
9	EH1	227.86	227.86	228.01	227.91
10	EH1	224.52	224.38	224.02	224.31
11	EH2	311.54	311.59	311.57	311.57
12	EH2	311.52	311.53	311.49	311.51
13	EH2	312.90	312.85	312.02	312.59
14	EH2	338.54	338.85	339.11	338.83
15	EH2	339.50	339.02	339.45	339.32
16	EH2	328.21	328.22	328.31	328.25
17	EH2	328.09	327.99	328.06	328.05
18	EH2	318.95	318.89	318.87	318.90
19	EH2	318.52	318.55	318.53	318.53
20	EH2	317.75	317.71	317.74	317.73
21	EH1+2	541.51	541.02	541.01	541.18
22	EH1+2	542.86	542.09	542.51	542.49
23	EH1+2	559.82	560.01	559.96	559.93
24	EH1+2	578.94	578.99	578.79	578.91
25	EH1+2	589.50	589.54	587.99	589.01
26	EH1+2	578.21	577.52	578.11	577.95
27	EH1+2	568.51	569.69	568.98	569.06
28	EH1+2	555.65	553.90	554.59	554.71
29	EH1+2	548.50	548.58	548.56	548.55
30	EH1+2	549.11	549.65	549.33	549.36

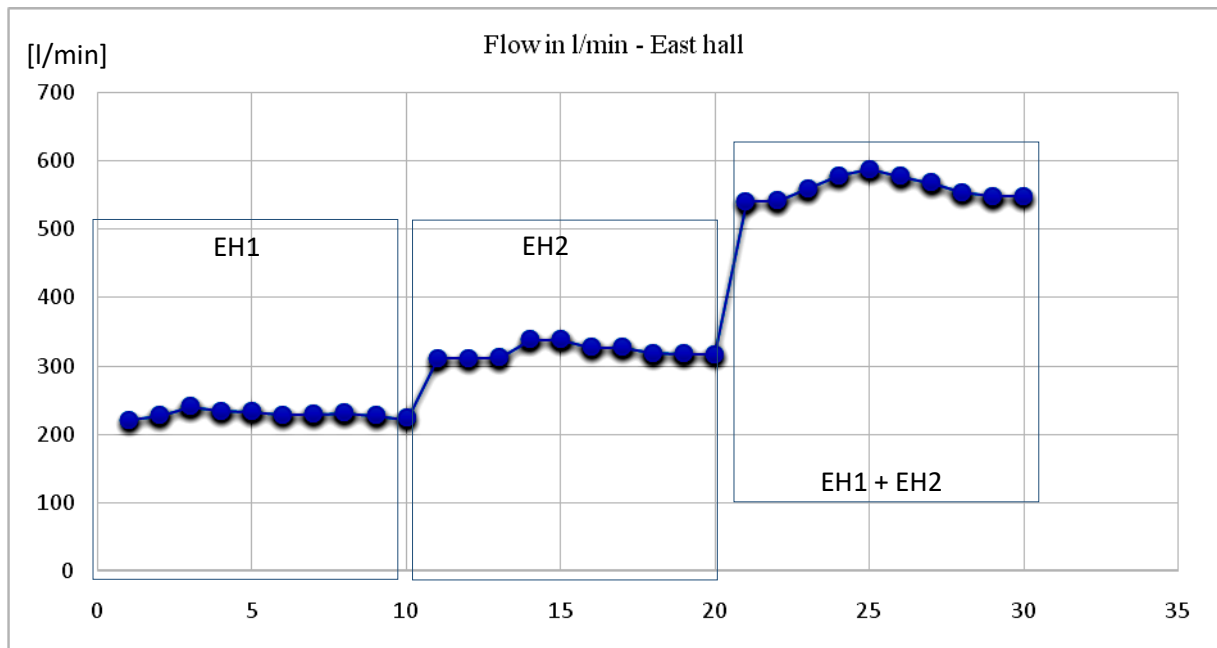


Fig. 6. Results of the flow measurement on the Line 1 – East hall.

Scheme of measurement 2 – Line 2 „Nord hall“ in which 10 measuring points were used is shown in figure 7. In this case the pipe properties are as follows: outer diameter: dn80; wall thickness: 3.12 mm; roughness: 0.0 mm; pipe material: carbon steel; c-material: 3230.0 m/s; lining: without lining; medium: air; kinematic viscosity: 1.82 mm²/s; density: 0.01 g/cm³; medium temperature: 22°C; and fluid pressure: 8.00 bar. The measured data are shown in the Table 2 and in Figure 8.

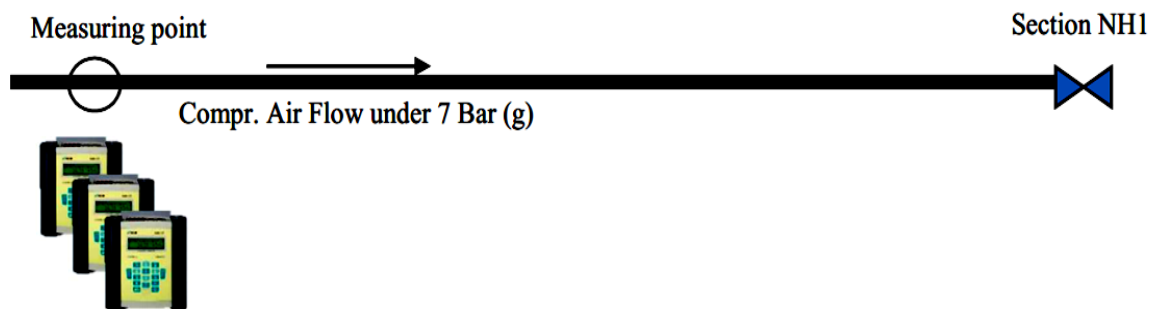


Fig. 7. Schematics of the piping in the East hall.

5. Conclusion

All the collected data has been provided to the technician for the calculation of dimensions of the new compressor of the compressed air station. The measurement was very stable during the measuring periods on both lines.

Using such type of flow monitoring is possible to avoid occasional leakages in the compressed air distribution. This measurement has been performed with portable flow meters but there are stationary ultrasonic flow monitors in the portfolio of several producers. The flow meters can be equipped with the standard communication protocols like Modbus or 4-20mA. There is

possibility to transfer the actual data to control room or control system using these signals, directly. This way can the technicians control the consumption of the compressed air and use the data for analysis, optimizing of the production process or leak detection. This is a way for cost saving for the energy; decrease the impact on the environment and to increase safety of the process.

Table 2. Measured data of the flow of compressed air for Nord hall – sections NH1.

Measurement - number	Production Section	Line 2 "Nord hall"			Avg [l/min]
		Flowmeter 1 [l/min]	Flowmeter 2 [l/min]	Flowmeter 3 [l/min]	
1	NH1	452.56	452.61	452.69	452.62
2	NH1	469.53	469.55	469.14	469.41
3	NH1	466.21	466.22	466.35	466.26
4	NH1	598.56	598.57	598.44	598.52
5	NH1	599.63	599.65	599.98	599.75
6	NH1	578.63	578.63	578.99	578.75
7	NH1	578.95	578.94	579.41	579.10
8	NH1	578.02	578.11	577.99	578.04
9	NH1	589.18	589.51	589.43	589.37
10	NH1	598.19	598.22	598.23	598.21

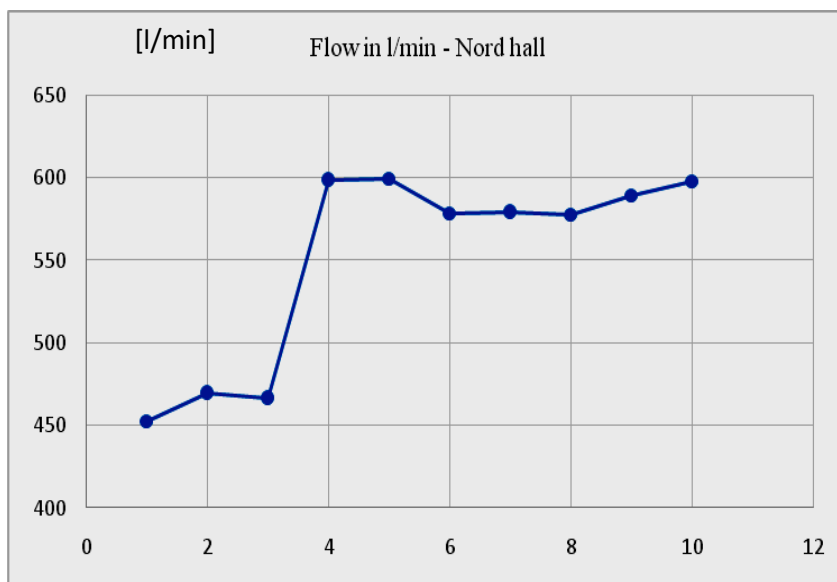


Fig. 8. Results of the flow measurement on the Line 2 – Nord hall.

References

- [1] CHRISTIANSEN, L. P. *Air Compressor Control Sequencer*. U.S. Patent No 6,419,454, 2002.
- [2] UK. *Energy Technology List. Compressed Air Equipment*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/740961/Compressed_Air_Technology_Information_Leaflet__September_2018.pdf
- [3] KELLY, D. *Designing Compressed Air Systems*. FLUIDFLOW 2018. <http://fluidflowinfo.com/designing-compressed-air-systems/>
- [4] REESE, C. D. *Occupational Health and Safety Management: a Practical Approach*. ISBN 9781420051810. London: CRC Press 2008, 520p.
- [5] UF EHS. *Compressed Air Safety*. <http://www.ehs.ufl.edu/programs/os/shop/compair/>
- [6] PETROLEUMSERVICES. *Compressed Air Line Installation*. <http://www.petroileumservices.co.nz/Services/Air-Line-Installation>
- [7] CAMBER, M. *Vehicle Service Pros. Opportunities for enhancing compressed air system performance*. <https://www.vehicleservicepros.com/in-the-bay/tools-equipment/article/10888082/opportunities-for-enhancing-compressed-air-system-performance22013>
- [8] QUINCY COMPRESSOR. *An Introduction to Compressed Air Systems*. <https://www.quincycompressor.com/compressed-air-systems-introduction/>
- [9] CAGI. *Compressed Air Distribution Systems*. http://www.cagi.org/pdfs/cagi_electhb_ch4.pdf
- [10] MAZIAK. *Pipework - System Design and Installation*. <https://www.maziak.co.uk/pipework-installations>.
- [11] FLEXIM GMBH. *Petrochemical Industry. Manufacturing*. FLUXUS® G.

APLIKACE AKUSTICKÉ EMISE PŘI TLAKOVÉ ZKOUŠCE NÁDOBY Z AUSTENITICKÉ OCELI

APPLICATION OF ACOUSTIC EMISSION DURING PRESSURE TEST OF AUSTENITIC STEEL VESSEL

Václav Svoboda¹⁾, František Žemlička²⁾

Preditest Ltd.

Abstrakt: Článek popisuje průběh tlakové zkoušky nádoby vyrobené z austenitické oceli typu AISI 304. Při kontrolní inspekci byla použita nedestructivní metoda akustické emise.

Klíčová slova: tlaková zkouška; akustická emise; identifikace míst začínající plastické deformace.

Abstract: The article describes the life cycle of a pressure test of vessels made from the austenitic steel of the AISI 304 type. At the check inspection, the non-destructive inspection method of acoustic emission was used.

Key words: pressure test; acoustic emission; identification of sites with the plastic deformation beginning.

1. Úvod

Tlakové nádoby patří ke kritickým zařízením v průmyslových a energetických objektech, a proto z důvodu bezpečnosti areálů a jejich okolí jim musí být věnována specifická pozornost [1]. Proto musí být prováděna experimentální měření, která stanoví, zda nebyly překročeny technické limity, což znamená předzvěst havárií, které mívají dopady jak na areály, tak i na okolí; tj. vznikají velké ekonomické škody, poškození životního prostředí i ztráty na lidských životech uvnitř i vně příslušného průmyslového nebo energetického areálu. Článek popisuje průběh tlakové zkoušky nádoby vyrobené z austenitické oceli typu AISI 304, při které byla

¹⁾ Ing., svoboda@preditest.cz

²⁾ Ing., zemlicka@preditest.cz

2. Metoda akustické emise

Jednou z moderních defektoskopických metod, zařazených do skupiny nedestruktivních zkoušek, je technika snímání tzv. akustické emise [2]. Předmětná metoda je založena na snímání elastického vlnění, které vzniká v důsledku dynamických procesů objevujících se v materiálu při jeho zatěžování vnitřními nebo vnějšími silami. Metoda patří mezi nejmodernější metody testování materiálů a konstrukcí. Umožňuje sledovat kumulaci poškození, průběh plastické deformace, iniciaci a šíření trhlin, různé fázové transformace, korozní děje, ale i např. proudění tekutin apod.

Vzniklé mechanické vlnění je snímáno na povrchu sledovaných vzorků a konstrukcí pomocí různých typů snímačů akustické emise, v nichž je transformováno na elektrický signál. Běžná zařízení pro sledování akustické emise využívají piezoelektrické snímače, které pracují v oblasti od 100 kHz až do cca 2 MHz. Tyto měniče snímají povrchové vlny a společně s různými zesilovači a filtry vytvářejí elektrický signál, který je nositelem informací o dějích probíhajících v zatěženém materiálu. Vytvořený signál je zpracován prahovým a amplitudovým analyzátozem, případně pomocí speciálních karet je vyhodnocen přímo v počítači.

Místu výskytu akustické emise odpovídá silně tlumený soubor kmitů sinusového tvaru. Při zpracování signálu se vyhodnocuje buď počet těchto událostí, nebo počet překmitů, jejichž amplituda překročila předem nastavenou prahovou úroveň zařízení. Často používaným kritériem je četnost výskytu akustických emisí. Z tvaru signálu lze též možno usuzovat na strukturu zdroje akustické emise.

Četnost signálů akustické emise dává informaci o rychlosti vzniku porušení. Další charakteristiky je možné získat ze stupně deformace tvaru signálu, amplitudové distribuce signálů, kvadratické úrovně detekovaného signálu, případně trendů signálu atd. Velmi zjednodušeně je možno rozdělit signál akustické emise na dva základní typy: spojitou AE a nespojitou AE. Zdrojem spojitého signálu mohou být např. technologické šumy při provozu zařízení, únik médií ze sledovaného systému, mechanismy při plastické deformaci apod. Nespojitý signál může být např. projevem vzniku trhlin, probíhajících korozních jevů apod.

Metoda akustické emise patří k pasívním inkoherentním metodám, která využívá postupných vlnových pulsů. Signály akustické emise doprovázejí dynamické procesy v materiálu, projevují se jako postupné elastické vlnění. Zdrojem vlnění jsou náhlá uvolnění energie v materiálu, které provází deformační, lomové, resp. fázové přeměny v materiálu.

Akustická emise je nedestruktivní pasívní metodou, to znamená, že neovlivňuje měřený objekt a podává integrální informace o momentálním dynamickém stavu materiálu, což je její nesporná výhoda. Má však také nevýhody, hlavní je neobjasněnost způsobu vzniku náhlých vlnění, tj. nemožnost jednoznačné interpretace měření, další nevýhodou je příliš malá energie mnohých akustických pulsů, čímž tyto pulsy zanikají v šumovém pozadí detektoru.

3. Cíl měření

Cílem měření akustické emise bylo posouzení integrity tělesa tlakové nádoby a identifikace případných zdrojů emisí, které by svoji charakteristikou odpovídaly aktivním defektům a které mohly vzniknout v důsledku působení provozních zatěžovacích parametrů během dlouhodobého provozu. Zvýšená pozornost byla věnována především tlakové nádobě, u které byla opakovaně za provozu detekována netěsnost, a proto vzniklo podezření, zda tato netěsnost

není způsobena průchozím defektem typu trhliny v materiálu tělesa tlakové nádoby, k jejímuž rozevírání dochází v průběhu změny zatěžovacích parametrů při náběhu na provozní parametry – tlak do 3,3 MPa, teplota cca -160°C).

Na vnějším povrchu nádoby byla rozmístěna síť snímačů akustické emise zahrnující celý objem nádoby [3]. V normálním provozu tato tlaková nádoba pracuje v kryogenních podmínkách (-160° C). Při vlastní tlakové zkoušce dusíkem byla registrovaná zvýšená emisní aktivita, zejména ve válcové části nádoby [3]. Jednotlivé emisní události nebyly lokalizovány do dílčích zdrojů (klastřů), ale rozloženy v celém objemu pláště. Toto způsobilo komplikaci při hodnocení stavu tlakové nádoby dle stávajících platných norem pro hodnocení signálů akustické emise.

Další analýzou bylo zjištěno, že se jedná o registrované signály akustické emise vyvolané fázovou transformací austenitu na deformační indukovaný martenzit, včetně reverzního procesu v lokálních místech. Proto bylo provedeno měření akustické emise, které bylo realizováno při náhradní tlakové zkoušce dusíkem.

4. Průběh měření

Na válcovou tlakovou nádobu bylo instalováno celkem 12 sond pro měření akustické emise a jedna sonda byla instalována na přívodní potrubí u dolního půlkulového dna. Sondy byly rozmístěny v trojúhelníkové měřicí síti (4 řady sond po 3 sondách po obvodu) a pokrývaly celou plochu tělesa tlakové nádoby. Předmětné uspořádání umožnilo plošnou lokalizaci zdrojů emisních signálů nejen z válcové části, ale i z obou půlkulových dnů. Vzdálenost jednotlivých řad byla 1 000 mm, vzdálenost sond v řadě po obvodu 1 090 mm. Kalibrační měření potvrdilo vysokou citlivost měření a optimální lokalizaci zdrojů AE v souladu s normou ČSN EN14584 [4].

Použitá měřicí technika obsahovala:

- 2 x 20-ti kanálový měřicí systém AE ACES IDT04 [3],
- piezoelektrické sondy AE typ PET04 s $f = 250$ KHz s integrovaným předzesilovačem [3],
- řídicí počítače s procesorem Pentium 4 s 1,8 GHz [3],
- propojovací signálové PETK kabely [3].

Analogový signál ze sondy akustické emise byl veden propojovacím kabelem do měřicí aparatury AE IDT 04, kde byl dále zesílen, a poté byla provedena analýza obálky signálu.

U měření v režimu plošné nebo lineární lokalizace byla zaznamenána posloupnost příchodu signálu k jednotlivým sondám měřicí sítě, včetně rozdílů v časech příchodu Δt . Na základě znalosti podmínek pro šíření signálu a na základě znalosti geometrie rozmístění sond akustické emise byla provedena v reálném čase lokalizace zdroje signálu.

Pro zajištění správnosti měření byla prováděna kalibrační měření za účelem:

- kalibrace jednotlivých sond – šlo o zjištění citlivosti a nastavení korekce zesílení jednotlivých měřicích kanálů,
- stanovení rychlosti šíření signálů akustické emise,
- ověření přesnosti lokalizace míst vzniku signálů.

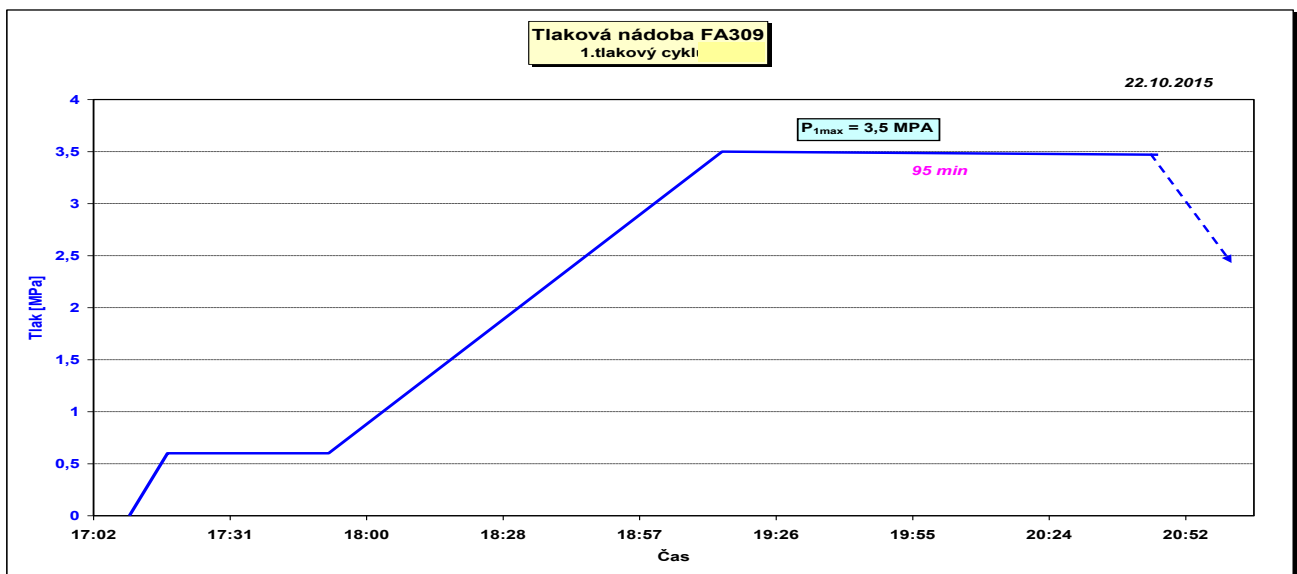
Kalibrace sond akustické emise byla prováděna pomocí zlomení mikrotuhy tvrdosti 2H (pentest) u jednotlivých měřicích míst, kde byly naměřeny hodnoty amplitudy v rozmezí 92 až

95 dB [3]. Korekce zesílení jednotlivých měřicích kanálů byla nastavena na střední hodnotu 93 dB. Práhová hodnota pro detekci diskretních emisních signálů byla nastavena na 30dB. Hodnoty amplitudy na vzdálených sondách v sousední řadě byly u nádoby v rozmezí 71 až 74 dB. Rozmístění sond AE, resp. max. vzdálenost mezi jednotlivými sondami, bylo v souladu s normou ČSN EN14584 .

Pro ověření lokalizace byl proveden pentest v několika bodech měřicí sítě [3]. Podle výsledků lokalizace a výsledků měření rychlosti šíření byly pro vyhodnocení zvoleny následující rychlost šíření: 3 420 m/s

5. Výsledky měření

Měření akustické emise na tlakové nádobě FA309, kdy tlakovým médiem byl dusík, v průběhu dvou tlakových cyklů v čase ukazuje obrázek 1.



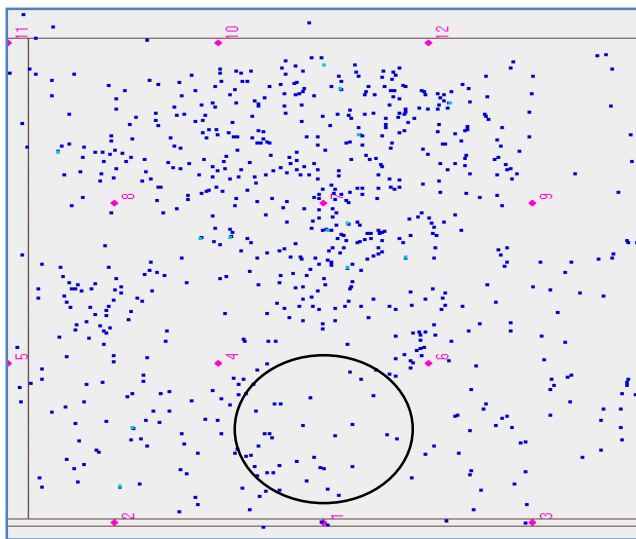
Obr. 1. Časový průběh měření akustické emise na tlakové nádobě.

Při hodnocení naměřených dat byly z celkového počtu naměřených emisních událostí odfiltrovány ty události, jejichž původ lze považovat za rušivý. Jednalo se především o rušivé elektrické signály a dále signály od fluktuujícího pozadí, jehož špičky krátkodobě překročily nastavenou prahovou hodnotu pro detekci diskretních emisních signálů [3].

Z naměřených dat pak byly dále vyloučeny emisní události, kde hodnoty vnitřních parametrů jako počet překmitů – Nc, šířka pulsu – Width, doba náběhu – R.time a amplituda – Ampl, neodpovídaly reálným emisním událostem ve formě ostrých diskretních signálů tvaru tlumených kmitů [3].

Rovněž byly z naměřených dat vyloučeny emisní události, které se nepodařilo na základě změřených časových rozdílů Δt , posloupnosti příchodů k jednotlivým sondám měřicí sítě a její konfiguraci lokalizovat [3].

Výsledky měření byly zpracovány pro tlakovou nádobu ve formě mapy plošné lokalizace emisních událostí na rozvinutém plášti a časových průběhů emisní aktivity, amplitudy EU a tlaku, obrázek 2.



Obr. 2. Mapa lokalizovaných emisních událostí ve válcové části nádoby při tlakování s prodlevou na maximálním tlaku.

Na obrázku 2 jsou zobrazeny lokalizované události akustické emise; jsou odlišeny barevně, od barvy *modré* > *světle modré* > *zelené* > *oranžové* > *po červenou*, kde nejzávažnější jsou body barvy červené. Na obrázku vidíme místa:

- s vysokými lokálními koncentracemi aktivity (hustoty bodů),
- s vysokou intenzitou událostí

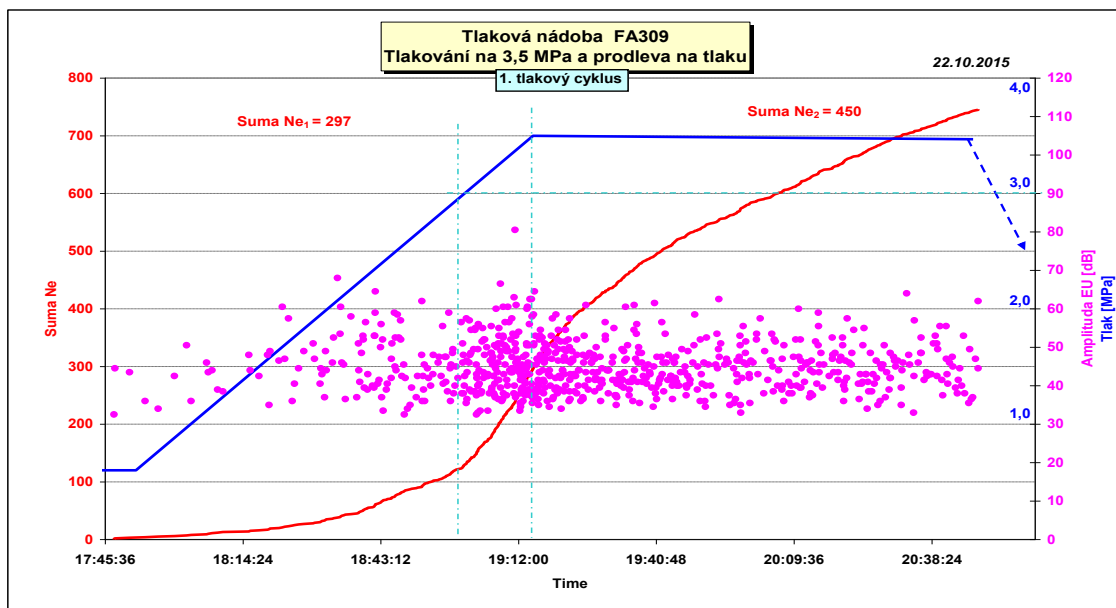
Shluky událostí akustické emise (především pak ty s červeným či oranžovým jádrem) jsou vybrány a označeny jako lokálně koncentrované zdroje událostí akustické emise a jsou v mapách lokalizace označeny jako emisní zdroje Z1 až Zn; fialově jsou označena místa s instalovanými snímači akustické emise [3].

Pro v/v potrubí byly výsledky zpracovány ve formě grafů lineární lokalizace emisních událostí, resp. rozložení četnosti emisních událostí po délce měřeného úseku potrubí a časových průběhů emisní aktivity, amplitudy emisních událostí a tlaku, obr. 3 a obr. 4.

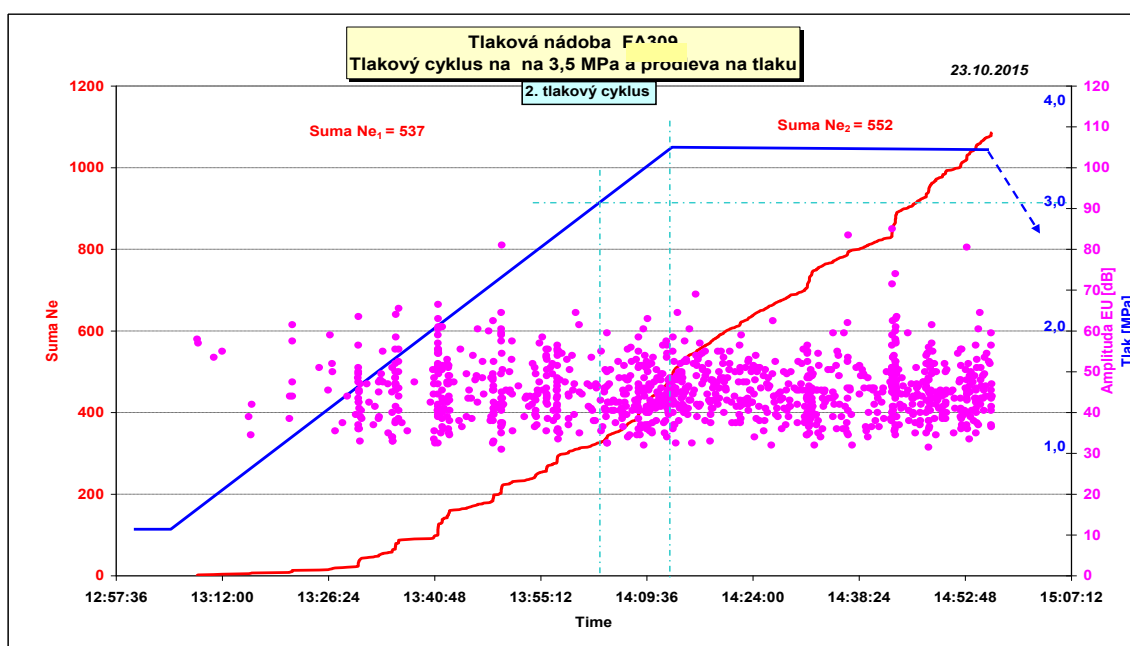
Podle normy ČSN EN 14584 [4] jsou zdroje akustické emise vzhledem k zatěžovacímu stimulu (tlaku) klasifikovány do 3 tříd; tabulka 1.

Klasifikace je prováděna podle celkové aktivity, trendu aktivity, intenzity, trendu intenzity, dle znalosti rušivého původu zdrojů akustické emise především porovnáním s časovým průběhem stimulu porušení, kterým je v tomto případě nárůst tlaku a prodlevy na maximálním tlaku.

Při vyhodnocování naměřených dat bylo vzato v úvahu, že na nádobě byl již v krátkém časovém horizontu před měřením akustické emise aplikován N počet zatěžovacích tlakových cyklů na tlak 3,5 a 4.0 MPa při těsnostních tlakových zkouškách, souvisejících s opakovaným náběhem po identifikaci netěsnosti a při jejím hledání pomocí heliového testu. Předmětná skutečnost má zásadní vliv na posuzování závažnosti detekované a lokalizované emisní aktivity na obou tlakových nádobách.



Obr. 3. Časový průběh emisní aktivity, amplitudy emisních EU událostí a tlaku na válcové části – 1. cyklus.



Obr. 4. Časový průběh emisní aktivity, amplitudy emisních událostí a tlaku na válcové části – 2. cyklus.

Z výsledků měření [3] vyplynulo., že na válcové části tlakové nádoby byla v obou tlakových cyklech detekována poměrně vysoká emisní aktivita. Z map lokalizace a časových průběhů emisní aktivity [3], emisní události byly v obou tlakových cyklech lokalizovány po celém povrchu válcové části; větší hustota byla v horní polovině. Výsledky lokalizace míst vzniku

akustické emise v obou tlakových cyklech ale nepotvrdily koncentraci emisních událostí do ostrých lokálních emisních zdrojů se zvýšenou četností a intenzitou emisních událostí, které by ukazovaly na možný lokální pevnostní problém materiálu tělesa tlakové nádoby, tj. přítomnost aktivních defektů typu trhliny [3].

Tabulka 1. Třídy akustické emise dle ČSN EN 14584 [4].

Klasifikace zdroje	Definice	Další postup
1	Nevýznamný zdroj	Žádná další činnost není nutná, zdroj se zahrne do protokolu pro porovnání s následnou zkouškou.
2	Aktivní zdroj	Pokud zdroje souvisí se specifickými částmi tlakového zařízení, doporučuje se další NDT (například svarové spoje, přivařované součásti).
3	Kritický aktivní zdroj	Před uvedením tlakového zařízení do provozu musí být provedeno další vyhodnocení pomocí vhodné NDT

Z časových průběhů emisní aktivity [3] bylo patrné, že zvýšená četnost emisní aktivity nastává po překročení tlaku 2,8 až 3,0 MPa [3]. Kontinuální nárůst emisní aktivity byl zaznamenán i v obou časových prodlevách, přičemž s nárůstem času není, zejména ve druhém tlakovém cyklu, patrný pokles četnosti emisní aktivity v prodlevě [3].

Na základě dat [3] většina emisních událostí vykazuje nízkou až střední intenzitu, nízký počet intenzivních emisních událostí s amplitudou nad 60 dB není koncentrován do emisních zdrojů. Kompletace zvýšeného počtu emisních událostí z hitů nízké a střední intenzity je umožněna z důvodu většího počtu sond akustické emise, menší vzdálenosti mezi sondami a tím i nižšího útlumu signálu akustické emise a také z důvodu velmi nízkého šumového pozadí během zkoušky. Tyto skutečnosti přispěly k tomu, že měření bylo prováděno s vysokou citlivostí detekce emisních signálů.

Přestože výsledky obou tlakových cyklů nepotvrdily lokalizaci lokálních emisních zdrojů, je vysoká emisní aktivita v obou tlakových cyklech a její nárůst i v obou prodlevách porušením Kaiserova efektu [4], který představuje významné kritérium pro posuzování závažnosti emisní aktivity a lokálních emisních zdrojů, zejména s ohledem na již dříve aplikované tlakové cykly. Očekávaný výsledek by proto byl, že v obou tlakových cyklech bude emisní aktivita minimální.

Na základě výše uvedených skutečností je, i přes absenci lokálních emisních zdrojů, emisní aktivita na válcové části klasifikována v souladu s normou ČSN EN 14548 [4] jako závažná, resp. podle četnosti a intenzity emisní aktivity v obou prodlevách klasifikována stupněm 3 - „Kriticky závažná“. Z této klasifikace vyplývá i doporučení na provedení dodatečných nedestructivních kontrol (NTD).

Na základě dat v [3] v oblasti obou půlkulových den byla v obou tlakových cyklech detekována minimální emisní aktivita bez koncentrace do emisních zdrojů.

5. Závěr

Měření akustické emise tlakové nádoby ukázalo:

1. Na válcové části tlakové nádoby byla v obou tlakových cyklech zaznamenána poměrně vysoká emisní aktivita, a to jak ve fázi zvyšování tlaku, tak i v časových prodlevách na maximálním tlaku, kdy s nárůstem času v prodlevě nedochází k poklesu emisní aktivity. Většina emisních událostí vykázala nízkou až střední intenzitu. Nízký počet intenzivních emisních událostí s amplitudou nad 60 dB nebyl koncentrován do emisních zdrojů.
2. Emisní události v obou tlakových cyklech byly lokalizovány po celé válcové ploše, s větší hustotou v horní polovině nádoby, ale bez koncentrace do lokálních emisních zdrojů, které by signalizovaly možný lokální pevnostní problém materiálu tělesa tlakové nádoby, tj. přítomnost aktivních defektů typu trhliny.
3. Vysoká emisní aktivita v obou tlakových cyklech a její nárůst i v obou prodlevách znamenal porušení Kaiserova efektu, který představuje významné kritérium pro posuzování závažnosti emisní aktivity, zejména s ohledem na již dříve aplikované tlakové cykly.
4. Přestože výsledky lokalizace nepotvrdily přítomnost lokálních emisních zdrojů, je emisní aktivita na válcové části podle četnosti a intenzity emisní aktivity v obou prodlevách klasifikována v souladu s normou ČSN EN 14548 [4] stupněm 3 - „Kriticky závažná“.
5. Z výše uvedené klasifikace vyplynul jednoznačný požadavek na zjištění příčiny této kriticky závažné emisní aktivity pomocí vhodných NDT kontrol aplikovaných především na vnitřním povrchu, včetně provedení metalografického šetření.
6. NDT kontroly, které provedl VÚZ-PI SR [3], nezjistily žádné trhliny ani jiné nepřípustné defekty v materiálu tělesa tlakové nádoby.
7. Metalografickým šetřením byly zjištěny známky plastické deformace za studena a také deformačně indukovaný martenzit [3].
8. Zdrojem zvýšené emisní aktivity na tlakové nádobě FA309 byla tak s největší pravděpodobností detekce lokálních fázových transformací martenzitu v objemu materiálu tělesa tlakové nádoby v průběh aplikovaného tlakového zatížení a ne indikace trhlín a jiných aktivních defektů.

Z výzkumných prací uvedených v práci [3] je známo, že metoda akustické emise je schopna zaregistrovat fázovou transformaci austenitu na deformačně indukovaný martenzit a i reverzní proces. To že byl tento proces detekován i při tlakových zkouškách v provozním prostředí bylo způsobeno zvolenou konfigurací měření (větší počet sond akustické emise, menší vzdálenost mezi sondami a tím nízký útlum signálu akustické emise) a příznivými podmínkami během zkoušky (nízká hladina šumového pozadí), což umožnilo provádět měření s vysokou citlivostí. Při měření za reálných podmínek při náběhu nebo odstavení nelze ale takové podmínky očekávat.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [2] KOPEC, P. *Nedestruktivní zkoušení materiálů a výztuží*. ISBN 978-807-2045-916. Brno:

CERM 2008, 571p.

- [3] ŽEMLIČKA, F., SVOBODA, V. *Výsledky měření akustické emise na tělese nádoby během tlakové zkoušky*. Praha: PREDITEST s.r.o. 2015.
- [4] ČAS. ČSN EN14584 *Nedestruktivní zkoušení - Zkoušení akustickou emisí - Zkoušení kovových tlakových zařízení během přejímací zkoušky - Planární lokalizace zdrojů akustické emise*.

SELHÁNÍ ŘÍZENÍ RIZIK V PROCESU ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ - PRŮMYSLOVÁ ZÓNA SOLNICE – KVASINY – RYCHNOV NAD KNĚŽNOU

FAILURE OF THE RISK MANAGEMENT IN TOWN AND COUNTRY PLANNING PROCESS- INDUSTRIAL ZONE SOLNICE – KVASINY – RYCHNOV NAD KNĚŽNOU

Veronika Šindlerová^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: Příspěvek se zabývá analýzou příčin nepřijatelných územních dopadů rozvoje Průmyslová zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou v období let 2005 až 2017. Ukazuje, že územní plánování při výběru průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou jako nástroj řízení rizik a předběžné opatrnosti v mnoha zásadních ohledech a momentech selhalo.

Klíčová slova: řízení rizik; územní plánování; průmyslová zóna; regionální rozvoj; dopravní infrastruktura.

Abstract: This article deals with the analysis of the causes of unacceptable territorial impacts of the development of the Industrial zone Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou in Hradec Králové Region in the course of the years 2005-2017. It shows that land use planning at selection of the Industrial zone Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou town like the risk management tool failed in many basic respects and aspects.

Key words: risk management; town and country planning; industrial zone; regional development; transportation infrastructure.

1. Úvod do problému

Rychlý a nekoordinovaný rozvoj průmyslové zóny, jejímž jádrem je závod ŠKODA AUTO Kvasiny, v uplynulých letech vyvolal v širším území průmyslové zóny řadu závažných problémů. Na územní dopady masivního rozvoje průmyslové zóny totiž region v okolí průmyslové zóny dostatečně připraven. Výrazný nárůst automobilové dopravy směřující do/z průmyslové zóny, ve spojení s kapacitně nevyhovující silniční sítí v širším okolí průmyslové zóny, je příčinou každodenních dopravních kongescí a nárůstu dopravně nebezpečných situací. Stovky automobilů zaměstnanců průmyslové zóny parkují v obcích

^{*)} Ing arch., Ph.D., Veronika.sindlerova@planovani.eu

v okolí průmyslové zóny v rozporu s předpisy a ohrožují tak bezpečnost silničního provozu a snižují bezpečnost pohybu chodců a cyklistů. Nárůst počtu zaměstnanců průmyslové zóny v rádech mnoha tisíců v poměrně krátkém období několika let není venkovský region v okolí průmyslové zóny schopen absorbovat. Obce nemají připravený bytový fond pro nové zaměstnance a jejich rodiny, proto roste počet ubytoven. Kumulace zaměstnanců, ve velkém množství agenturních a zahraničních, na ubytovnách zvyšuje bezpečnostní riziko, stoupá kriminalita, roste počet majetkových a mravnostních trestných činů a přestupků proti občanskému soužití, zejména rušení nočního klidu a dopravních přestupků.

2. Územní plánování jako nástroj řízení rizik

Územní plánování stojí na úplném počátku procesu řízení a zvládnání rizik spojených s technickým dílem. Územní plánování vytváří podmínky pro možné umístění technického díla v území, a přitom posuzuje a vyhodnocuje možnost a vhodnost umístění technického díla tak, aby v optimálním případě umístění technického díla v území nevyvolávalo žádná rizika, resp. aby případná potenciální rizika byla minimalizována.

Územní plánování má předcházet nežádoucím důsledkům budoucího vývoje a rozvoje území, má tedy předcházet nežádoucím negativním důsledkům rozvoje. Podstatou plánování je přitom před zahájením jakéhokoli procesu určení/nastavení cílů nebo cílových hodnot procesu a způsobů a postupů dosažení takto nastavených cílů, při současném zohlednění všech relevantních vnějších i vnitřních vlivů, které mohou úspěšné dosažení stanovených cílů ovlivnit. Územní plánování tak lze považovat za jeden z nástrojů řízení rizik.

V § 18 zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) [1], jsou stanoveny tyto cíle územního plánování, které reflektují význam územního plánování jako klíčového nástroje řízení rizik již v samotné počáteční fázi plánování změn v území, včetně případného umístění technického díla: *(1) Cílem územního plánování je vytvářet předpoklady pro výstavbu a pro udržitelný rozvoj území, spočívající ve vyváženém vztahu podmínek pro příznivé životní prostředí, pro hospodářský rozvoj a pro soudržnost společenství obyvatel území a který uspokojuje potřeby současné generace, aniž by ohrožoval podmínky života generací budoucích. (2) Územní plánování zajišťuje předpoklady pro udržitelný rozvoj území soustavným a komplexním řešením účelného využití a prostorového uspořádání území s cílem dosažení obecně prospěšného souladu veřejných a soukromých zájmů na rozvoji území. Za tím účelem sleduje společenský a hospodářský potenciál rozvoje. (3) Orgány územního plánování postupem podle tohoto zákona koordinují veřejné i soukromé záměry změn v území, výstavbu a jiné činnosti ovlivňující rozvoj území a konkretizují ochranu veřejných zájmů vyplývajících z tohoto zákona a zvláštních právních předpisů. (4) Územní plánování ve veřejném zájmu chrání a rozvíjí přírodní, kulturní a civilizační hodnoty území, včetně urbanistického, architektonického a archeologického dědictví. Přitom chrání krajinu jako podstatnou složku prostředí života obyvatel a základ jejich totožnosti. S ohledem na to určuje podmínky pro hospodárné využívání zastavěného území a zajišťuje ochranu nezastavěného území a nezastavitelných pozemků. Zastavitelné plochy se vymezují s ohledem na potenciál rozvoje území a míru využití zastavěného území.*

Cíle územního plánování jsou tedy podle Maiera a kol. [2] dvojaké: na jedné straně má územní plánování vytvářet předpoklady pro výstavbu, na druhé straně ale musí dbát o udržitelný rozvoj území. Prostředkem pro dosažení udržitelného rozvoje je koordinace veřejných i soukromých zájmů v území a dosažení jejich souladu. Má-li být rozvoj udržitelný, musíme si především ujasnit, v čem konkrétně v daných podmínkách udržitelnost rozvoje spočívá a o co se při jejím

prosazování opřít. Pak lze formulovat rozvojové cíle směřující k udržitelnosti a konkretizovat, jakými způsoby je třeba rozvoj usměrňovat a koordinovat. To vše je předmětem koncepce rozvoje.

Také vybrané úkoly územního plánování stanovené v § 19 stavebního zákona [1] reflektují význam územního plánování jako nástroje řízení rizik: (c) *prověřovat a posuzovat potřebu změn v území, veřejný zájem na jejich provedení, jejich přínosy, problémy, rizika s ohledem například na veřejné zdraví, životní prostředí, geologickou stavbu území, vliv na veřejnou infrastrukturu a na její hospodárné využívání, (g) vytvářet v území podmínky pro snižování nebezpečí ekologických a přírodních katastrof a pro odstraňování jejich důsledků, a to především přírodě blízkým způsobem, (k) vytvářet v území podmínky pro zajištění civilní ochrany, (l) určovat nutné asanační, rekonstrukční a rekultivační zásahy do území, (m) vytvářet podmínky pro ochranu území podle zvláštních právních předpisů před negativními vlivy záměrů na území a navrhnout kompenzační opatření, pokud zvláštní právní předpis nestanoví jinak.*

Dá se tedy říci, že udržitelný je takový rozvoj, který negeneruje žádná rizika, nebo který případná rizika eliminuje na akceptovatelnou míru. Je-li úkolem územního plánování udržitelný rozvoj území, není přípustné, aby výsledek územního plánování (např. konkrétní technické dílo) generoval rizika, resp. generoval rizika v takové míře, která již není akceptovatelná a která je tedy nebezpečná a škodlivá pro své okolí.

3. Rozvoj Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou

Průmyslová zóna Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou (dále též jen „PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou“) se nachází v území vymezeném po obvodu městy Rychnov nad Kněžnou a Solnice a obcí Kvasiny. Celá průmyslová zóna se nachází na správních územích těchto třech obcí, obrázek 1.



Obr. 1. Ortofotomapa umístění Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou, stav k 17. 10. 2017 [3].

Průmyslová zóna se skládá ze třech v současné době prostorově oddělených dílčích průmyslových zón: Průmyslové zóny Kvasiny, Průmyslové zóny Solnice a Průmyslové zóny Rychnov nad Kněžnou (Lipovka); obrázek 1. Dohromady však všechny tři dílčí průmyslové zóny tvoří jeden provozní celek, provázaný zejména vzájemnými dodavatelsko-odběratelskými, a tedy zejména dopravními vztahy. Celou Průmyslovou zónu Kvasiny tvoří závod ŠKODA AUTO Kvasiny (obrázek 2), který je zároveň největším a jádrovým závodem celé PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou. Průmyslové zóny Solnice a Rychnov nad Kněžnou (Lipovka) jsou obsazeny zatím jen částečně a jsou postupně dále obsazovány dodavateli závodu ŠKODA AUTO Kvasiny, tedy závody dodávajícími montážní díly a součásti pro montáž vozů Škoda v závodě ŠKODA AUTO Kvasiny.



Obr. 2. Letecký snímek závodu ŠKODA AUTO Kvasiny v PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou, stav k srpnu roku 2017 [4].

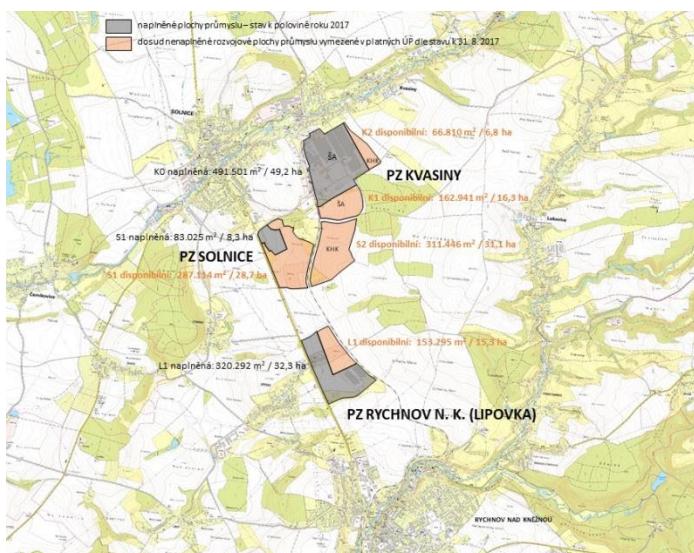
Celá PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou se v uplynulých téměř 100 letech postupně rozvinula z původně jediného výrobního závodu JAWA, který byl v Kvasinách založen v roce 1934 a který tehdy zaměstnával kolem 270 zaměstnanců. V roce 1947 převzaly závod JAWA Automobilové závody národní podnik Mladá Boleslav (pozdější Škoda), který v původním závodě JAWA působil až do 70. let minulého století. Prvně se závod v Kvasinách významněji rozšířil v letech 1970-1972, počet zaměstnanců se tehdy zvýšil na cca 760. V roce 1991 se stal závod s tehdy 950 zaměstnanci součástí koncernu Volkswagen. 1. etapa masivnějšího rozvoje závodu ŠKODA AUTO Kvasiny proběhla v letech 2005-2007, kdy se počet zaměstnanců zvýšil z původních 950 na 3 800; 2. etapa rozvoje proběhla v roce 2011, kdy se počet zaměstnanců zvýšil z 3 800 na 5 200. O 3. etapě rozvoje závodu ŠKODA AUTO Kvasiny bylo rozhodnuto v roce 2014, přičemž v příslušném Usnesení vlády ČR č. 97 ze dne 9. 2. 2015 k návrhu zabezpečení investiční přípravy akce Rozšíření strategické průmyslové zóny Solnice – Kvasiny a zlepšení veřejné infrastruktury v Královéhradeckém regionu [5] se společnost Škoda Auto, a.s. zavázala vytvořit do roku 2017 v průmyslové zóně 1 300 nových pracovních míst ve svém

závodě a dalších 400 pracovních míst u dodavatelů. Podle původních předpokladů tak mělo být v roce 2017 v průmyslové zóně zaměstnáno cca 6 500 zaměstnanců v závodě ŠKODA Auto a.s. a cca 1 400 zaměstnanců u dodavatelů. Již v únoru 2017 však v závodě ŠKODA Auto a.s. pracovalo 8 300 zaměstnanců a u dodavatelů dalších 2 000, oproti předpokladům tedy v průmyslové zóně pracovalo o + 2 200 (v závodě ŠKODA Auto a.s.), resp. o + 700 zaměstnanců (v závodech dodavatelů) více; obrázek 3. Dodnes přitom postupně pokračuje rozvoj nových závodů dodavatelů závodu ŠKODA AUTO Kvasiny, umístěných na území měst Solnice a Rychnov nad Kněžnou.



Obr. 3. Schéma plošného rozvoje výrobního závodu ŠKODA AUTO Kvasiny v období let 2003-2016 na podkladě historických ortofotomap; zpracováno dle [3].

V roce 2017 dosáhla výměra již realizovaných areálů výrobních závodů v PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou výměry 89,8 ha, z toho největší výměru 49,2 ha zabíral závod ŠKODA AUTO Kvasiny, naplněná část Průmyslové zóny Rychnov nad Kněžnou (Lipovka) zabírala plochu 32,3 ha a nejmenší plochu jen 8,3 ha zabírala naplněná část Průmyslové zóny Solnice. Průmyslová zóna v té době zaměstnávala více než 10 000 zaměstnanců (8 300 zaměstnanců v závodě ŠKODA AUTO Kvasiny, a.s. a cca 2 000 zaměstnanců u dodavatelů). Rozsah zóny v roce 2017 ukazuje obrázek 4.



Obr. 4. Schéma rozsahu Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou v polovině roku 2017 (šedě), s vyznačením zastavitelných ploch pro další rozvoj průmyslové zóny dle platných územních plánů (oranžově); K – Průmyslová zóna Kvasiny, S – Průmyslová zóna Solnice, L – Průmyslová zóna Rychnov nad něžnou (Lipovka); zpracování dle [6].

V platném Územním plánu Kvasiny [7], Územním plánu Solnice [8] a Územním plánu Rychnov nad Kněžnou [9] byly k 31. 8. 2017 vymezeny zatím nevyužité zastavitelné plochy průmyslu pro možný další plošný rozvoj PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou o celkové výměře 98,2 ha! Téměř dalších 100 ha průmyslových ploch je v průmyslové zóně možné v budoucnosti nově zastavět, celková plošná výměra PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou by se tak zvětšila na téměř 200 ha.

4. Použité metody

Článek kriticky hodnotí a zobecňuje poznatky získané autorkou článku při zpracování případové studie s názvem Studie územních dopadů rozvoje průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou [10], porízené v roce 2017 v souladu s § 30 stavebního zákona [1] Krajským úřadem Královéhradeckého kraje.

5. Nepříjemné dopady rozvoje PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou

Automobilový průmysl je s obcí Kvasiny spjatý již od 30. let minulého století. Původní továrna na motocykly JAWA i pozdější závod Automobilové závody národní podnik Mladá Boleslav zaměstnávaly po celou dobu své existence až do roku 2007 ne více než několik stovek lidí. Ti se rekrutovali takřka výhradně z obyvatel Kvasin, Solnice a Rychnova nad Kněžnou, výjimečně pak z několika nejbližších dalších obcí. Do zaměstnání docházeli pěšky, dojížděli na kole, autobusem, ze vzdálenějších míst někteří zaměstnanci dojížděli vlastními automobily. Závod nikdy nepředstavoval žádnou významnou zátěž území, neměl ani vliv na širší region. Jednalo se o lokálního zaměstnavatele saturovaného pracovní silnou dostupnou v nejbližším okolí.

V 90. letech minulého století převzal automobilový závod v Kvasinách, spolu se všemi dalšími závody Škoda, koncern Volkswagen. Ten zařadil závod ŠKODA AUTO Kvasiny do sítě závodů koncernu a vyčlenil pro závod konkrétní typy vozů pro montáž (do té doby sloužil závod v Kvasinách výhradně k malosériové výrobě spíše exkluzivních modelů vozů Škoda, např. kupé Škoda 110 R či škoda Pickup apod.). Celosvětový růst poptávky po osobních automobilech předznamenal i rozvoj závodu v Kvasinách. 1. masivní rozvoj závodu nastal mezi lety 2005-2007, kdy se počet zaměstnanců závodu zvýšil skokově z cca 950 na cca 3 800 (o + 2 850 zaměstnanců). V 2. etapě masivního rozvoje v roce 2011 se počet zaměstnanců závodu zvýšil opět skokově z cca 3 800 na cca 5 200 (o + 1 400 zaměstnanců). Již tehdy se začaly projevat dílčí dopravní problémy (například na průjezdu těžké nákladní dopravy z/do závodu ŠKODA AUTO Kvasiny přes centrum Rychnova nad Kněžnou nebo přes historické jádro města Solnice) a také dílčí problémy s nárůstem počtu ubytoven pro dělníky a s nimi souvisejícím zvýšením přestupků a deliktů drobné kriminality. V letech 2015-2017 se ve 3. etapě rozvoje průmyslové zóny počet zaměstnanců závodu ŠKODA AUTO Kvasiny zvýšil skokově na cca 8 300, tedy o dalších cca + 3 100 zaměstnanců. Intenzivní rozvoj závodů dodavatelů společnosti Škoda Auto a.s. v průmyslové zóně probíhá teprve v posledních letech, počet zaměstnanců dodavatelů jen od roku 2014 stoupl přibližně o +1 100 na cca 2 000 zaměstnanců v roce 2017.

Počet zaměstnanců v Průmyslové zóně Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou cca 10 300 (k srpnu 2017) je srovnatelný s počtem 11 004 obyvatel největšího města v regionu Rychnova nad Kněžnou (dle ČSÚ k 1. 1. 2017). Hlavní závod průmyslové zóny, závod ŠKODA AUTO Kvasiny, je přitom umístěn na území obce s pouhými 1 492 obyvateli (dle ČSÚ k 1. 1. 2017). Je tedy zjevné, že masivní rozvoj průmyslové zóny již dnes vyvolává extrémní kontrast

k okolnímu osídlení. Širší území PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou se zejména v souvislosti s 3. etapou rozvoje započaté v roce 2015 potýká s nepříznivými důsledky rychlého a skokového intenzivního rozvoje výrobních závodů v této průmyslové zóně, na nějž území v širším okolí průmyslové zóny nebylo předem připraveno. Zásadní negativní dopady se v širším okolí průmyslové zóny projevují (1) v oblasti lidských zdrojů, zaměstnanosti a sociální soudržnosti a (2) v oblasti dopravy. Území je přezaměstnané, nedostává se pracovní síly, pracovní síla z širšího okolí průmyslové zóny je „vysátá“. S nedostatkem pracovní síly se potýkají místní podnikatelé, především sektor služeb, lidé odcházejí za vyššími platy do průmyslové zóny. Zvyšuje se neúměrně tlak na silniční síť, každodenní dojíždění zaměstnanců do průmyslové zóny stejně jako velký objemu materiálu, dílů i hotových výrobků přepravovaných na nákladních automobilech zatěžují silnice, které na takovou dopravní zátěž nejsou dimenzované. Území není schopné v tak krátkém čase uspokojit zvýšenou poptávku po bydlení. Bytové kapacity jsou vyčerpány, vysoký podíl zaměstnanců je přechodně ubytováno na ubytovnách nebo v pronajímaných bytech. Rostou ceny nemovitostí, rostou ceny služeb. V území okolo průmyslové zóny se trvale vyskytují tisíce lidí (odhady starostů hovoří až o 5 000 lidech) bez zakotvení v území, bez vazby k území a obcím, ve kterých jsou ubytováni nebo přechodně pobývají.

K jednotlivým nepříjemným dopadům nekoordinovaného, rychlého a intenzivního rozvoje průmyslové zóny podrobněji:

5.1. Přezaměstnanost > nedostatek pracovní síly > migrace a dojíždění:

Přítomnost velkých zaměstnavatelů s poptávkou více než 10 000 zaměstnanců v málo lidnatém venkovském regionu Rychnovska generuje problém s nedostatkem pracovní síly v přijatelné dostupnosti do cca 10 až 15 km v okolí průmyslové zóny. PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou leží v podhůří Orlických hor ve venkovském regionu s poměrně řídkou strukturou osídlení a nízkou hustotou zalidnění, mimo vazbu na silné ekonomické centrum a významné centrum osídlení. Osídlení je tvořeno převážně malými venkovskými obcemi, největším městem v okruhu do 10 km od průmyslové zóny je město Rychnov nad Kněžnou s 11 004 obyvateli (k 1. 1. 2017). Všechna další města v 10 kilometrovém okruhu přijatelné dojížděky do průmyslové zóny mají velikost jen výjimečně překračující 5 000 obyvatel (k 1. 1. 2017 to dle ČSÚ byly: Dobruška – 6 791 obyvatel, Kostelec nad Orlicí – 6 187 obyvatel, Vamberk – 4 595 obyvatel, Opočno – 3 128 obyvatel). Většina obcí v 10 kilometrovém okruhu přijatelné dojížděky do průmyslové zóny má méně než 1 000 obyvatel, řada z nich má pak počet obyvatel menší než 500. Všechny závody v průmyslové zóně přitom potřebují pro zajištění provozu dostatek pracovní síly. V reakci na její nedostatek v širším okolí průmyslové zóny reagují zaměstnavatelé v průmyslové zóně, kromě zaměstnávání velkého množství agenturních zaměstnanců, často zahraničních a dojížděním zaměstnanců z velkých vzdáleností, také nabídkou vyšších mezd v porovnání s průměrnými mzdami v daném regionu. Zaměstnavatelé z průmyslové zóny se tak snaží „přetáhnout“ do svých závodů maximum disponibilní místní pracovní síly, za cenu její kompletní rekvalifikace a zaučení ve zcela nových profesích. Zaměstnavatelé z průmyslové zóny tak doslova „vysávají“ pracovní sílu z jiných profesí. V širším regionu průmyslové zóny se tak zcela běžně nedostává řemeslníků, kuchařů, čišníků, ale také zdravotních sester, učitelů a dalších profesí. Lidé z prakticky libovolných profesí odcházejí za poměrně vysokými platy, kterým nemohou místní zaměstnavatelé ve službách, zdravotnictví či školství, konkurovat, do průmyslové zóny. Přezaměstnanost v regionu má tak negativní dopad na trh práce, který je nepřírodně deformovaný velkými, zpravidla nadnárodními a ekonomicky velmi silnými zaměstnavateli. Snižuje se dostupnost některých služeb.

5.2. Nedostatek bytů pro zaměstnance > ubytovny:

Nedostatek pracovní síly dostupné v bezprostředním okolí průmyslové zóny, resp. v akceptovatelné dojížděkové vzdálenosti generuje vysoké nároky na každodenní dojížděku zaměstnanců do průmyslové zóny z často velkých vzdáleností, a také vysoký tlak na pobyt v obcích v okolí průmyslové zóny, tedy na bydlení, resp. ubytování nových zaměstnanců. Dojíždění z velkých vzdáleností není dlouhodobě udržitelné a řadou lidí není z časových a finančních důvodů akceptovatelné. Obce v regionu, ani města jako Rychnov nad Kněžnou či Solnice anebo Dobruška, nebyly a dodnes nejsou na příliv nových zaměstnanců a případně i jejich rodin připravené. Podle odhadů starostů pobývá v obcích v širším okolí PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou každý den na 5 000 zaměstnanců průmyslové zóny. Tito lidé žijí na ubytovnách, popřípadě v nájemních bytech sdílených větším počtem nájemníků, přičemž tito lidé nejsou v obcích přihlášení k trvalému pobytu. V obcích v přijatelné dojížděkové vzdálenosti od průmyslové zóny není dostatek existujícího bytového fondu, který by zvýšenou poptávkou po bydlení zaměstnanců uspokojil, pro potenciální novou výstavbu není připraven (zainvestován) dostatek pozemků vymezených jako zastavitelné plochy pro bydlení v platných územních plánech.

Území tak na tuto nepřipravenost absorbovat nové zaměstnance a jejich případné rodiny, tedy na nepřipravenost na možné trvalé usazení (migraci) nových zaměstnanců do obcí okolo průmyslové zóny, reaguje různě: Zvýšená poptávka po bydlení v regionu a tlak na bytovou výstavbu „rychle a kdekoli“, vede často k výstavbě v urbanisticky zcela nevhodných polohách. Příliv nových lidí do území je tak rychlý, že zájemci o bydlení (jak nově příchozí, tak místní obyvatelé, kteří chtějí využít příležitosti rychle pronajmout svůj starší byt a nahradit ho výstavbou nového) nejsou ochotni čekat na územní připravenost pro zástavbu vhodnějších pozemků a staví často v izolovaných a dopravně špatně obslužitelných místech, nebo v obcích a sídlech s nedostatečným vybavením veřejnou infrastrukturou. V menších obcích lze oproti větším městům pozorovat výrazně zvýšenou stavební dynamiku, výstavba se objevuje i v sídlech, která by bez blízkosti průmyslové zóny nebyla jinak pro výstavbu příliš atraktivní, ať už pro svou odlehlejší polohu, nepříliš atraktivní přírodní prostředí, ale především pro absentující občanské vybavení. Pozemky pro výstavbu jsou zde levnější a dostupnější než v Rychnově nad Kněžnou i dalších městech a obcích. Trendy bytové výstavby v regionu tak vykazují typické znaky suburbanizace. Místní obyvatelé si mnohdy přivydělávají pronájmy bytů na sídlišťích nebo pokojů v rodinných domech zaměstnancům průmyslové zóny. V řadě případů odcházejí původní obyvatelé bytů do zázemí Rychnova nad Kněžnou, kde si staví rodinné domy a své byty v panelových a jiných bytových domech pronajímají zaměstnancům firem. Poptávka zaměstnanců závodů lokalizovaných v průmyslové zóně tak stimuluje proces, při němž dochází k postupné filtraci různých typů bydlení pro specifické skupiny obyvatel/zaměstnanců (teorie filter down).

Neméně závažným problémem je vznik nových ubytoven pro zaměstnance průmyslové zóny. Zřízení nové ubytovny nebo adaptace stavby původně určené pro jiný účel na ubytovnu je podstatně rychlejší a jednodušší proces než výstavba nových bytů. Proto trh s ubytováním na danou mimořádnou situaci reaguje podstatně rychleji a pružněji a v obcích zejména v bezprostředním okolí průmyslové zóny vnikají postupně desítky nových ubytoven. Ubytovny pro zaměstnance přitom generují specifické problémy v území. Ubytování zaměstnanci vytváří každodenní tlak na území v bezprostředním okolí průmyslové zóny. Pro obce zaměstnanci ubytování na ubytovnách nepředstavují obyvatele s trvalým pobytem, dle jejichž počtu jsou obcím přidělovány finanční prostředky na základě zákona o rozpočtovém určení daní. Přitom tito ubytovaní využívají infrastrukturu obcí, zejména pak dopravní a technickou infrastrukturu. Problémem ve vazbě na objekty ubytoven pak bývá především nedostatečná kapacita

parkovacích stání nebo vyšší nároky na svoz odpadu. Téměř každý jednotlivý zaměstnanec průmyslové zóny má svůj automobil, v ubytovnách tak nezřídka vychází poměr na jedno lůžko jeden automobil. Na takové množství však nejsou parkovací plochy u ubytoven dimenzované, dle ČSN 73 61 10 Projektování místních komunikací [4: 100] je v případě ubytoven pro pracující požadovaná kapacita 1 odstavné stání na 3 lůžka, tedy 3x méně, než bývá realita. To vede k problémům s parkováním okolo ubytoven, nelegálnímu stání na místech, která k tomu nejsou určená a v konečném důsledku ke konfliktům mezi ubytovanými a místními obyvateli. Ubytovny pro zaměstnance v neposlední řadě utvářejí komunity lidí koncentrované na malém prostoru, generující zvýšené riziko vzniku sociálně patologických jevů. Vztah ubytovaných zaměstnanců k místu svého pobytu, ale i k místu svého zaměstnání, je přirozeně slabší než u trvale bydlících obyvatel.

Město Solnice v roce 2017 odhadovalo, že se na jeho území nachází 59 ubytoven (popř. domů s nájemními byty sdílenými větším počtem nájemníků) s kapacitou 500 lůžek. Jen 7 ubytoven je přitom oficiálně kolaudováno jako ubytovací zařízení. Kapacita ubytoven v Solnici byla, dle vyjádření starosty města z jara 2017, zjištěna terénním šetřením a je tak velmi přesná. Kapacita odhadem dalších 200 lůžek je v pronajímaných bytech ve městě. V Kvasínách je (podle nárůstu svozu komunálního odpadu) odhadováno 200 lůžek na ubytovnách, v Rychnově nad Kněžnou odhady (opět podle nárůstu svozu komunálního odpadu) udávají 500 – 1 000 lůžek na legálních ubytovnách (vč. penzionů a hotelů) a dalších 1 000 – 1 400 lůžek v nájemních bytech sdílených větším počtem nájemníků. Především jde o byty na panelových sídlištích, ale i v rodinných domech. Starosta Rychnova nad Kněžnou dále na jaře 2017 uvedl odhad dalších 2 000 lůžek na ubytovnách v širším okolí průmyslové zóny mimo Solnici, Kvasiny a Rychnov nad Kněžnou.

Z výše uvedeného vyplývá, že v obcích kolem PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou je přechodně ubytováno (mimo režim přechodného nebo trvalého bydlení) na 4 500 až 5 500 osob. Větší podíl z těchto osob je ubytován v nájmu bytů (či domů) určených pro trvalé bydlení, menší podíl je ubytován přímo v ubytovacích zařízeních.

Na ubytovnách lze přitom možné demonstrovat, jak územně široký dopad může takto nekoordinovaný rozvoj velké průmyslové zóny mít. V souvislosti s intenzivním rozvojem Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou roste počet lůžek na ubytovnách i ve městech vzdálených od průmyslové zóny desítky kilometrů, například v Náchodě, v Pardubicích či v Hradci Králové, a to se všemi negativními dopady ubytoven. Odsud jsou pak zaměstnanci PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou dováženi smluvní dopravou přímo do průmyslové zóny.

5.3. Zhoršení bezpečnostní situace

Nedostatek místní pracovní síly nutí zaměstnavatele v PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou zaměstnávat vysoký podíl agenturních zaměstnanců, jejichž převážnou část tvoří cizinci. S přítomností vyššího množství agenturních zaměstnanců a cizinců se zvyšuje počet zaměstnanců přebývajících na ubytovnách, nebo levném/sdíleném nájemním bydlení. Nižší spjatost agenturních zaměstnanců a cizinců s územím a neexistence rodinného zázemí v místě se projevuje zvýšeným výskytem rizikového chování a hrozbou eskalace sociálně patologických jevů, zejména pak přestupků proti občanskému soužití (výtržnictví, rušení nočního klidu apod.), dopravních přestupků či přestupků proti majetku. Tato rizika se samozřejmě týkají i podstatné části českých zaměstnanců, kteří často nevnímají své pracovní působení v regionu jako dlouhodobý životní plán a v území jen přechodně pobývají na ubytovnách či v nájemních bytech. Podle údajů Městské policie v Rychnově nad Kněžnou byl v prvním kvartále roku 2017 podíl Čechů na přestupcích 64 % a podíl cizinců 36 %, přitom

mezi cizinci byli nejčetnějšími pachateli přestupků Poláci, Rumuni a Bulhaři, méně pak Slováci, Ukrajinci a Portugalci.

5.4. Narušení sociální soudržnosti obyvatel obcí

Koncentrace zaměstnanců průmyslové zóny má přímý dopad i řadu nepřímých dopadů na život v obcích a na místní trvale žijící obyvatele. V obcích v bezprostředním okolí průmyslové zóny, zejména v Rychnově nad Kněžnou, v Solnici a v Kvasínách, které mají v součtu jen necelých 15 000 obyvatel, se vyskytují tisíce lidí (odhady starostů hovoří až o 5 000 lidech) bez zakotvení v území, bez vazby a vztahu k území a obcím, ve kterých přechodně přebývají na ubytovnách či v pronajatých bytech anebo tudy dojíždějí do zaměstnání. Přítomnost často kapacitních ubytoven v obcích a vysoká hybnost a fluktuace lidí narušují sociální soudržnost společenství obyvatel postižených obcí. Přítomnost ubytoven je často příčinou narušování veřejného pořádku a je hrozbou rozvinutí sociálně patologických jevů a kriminality. Každodenní dopravní zátěž komunikací dojíždějícími zaměstnanci snižuje v obcích okolo průmyslové zóny pohodu bydlení a snižuje rovněž bezpečnost silničního provozu v obcích. Jsou obyvatelé, kteří nejsou ochotni proměnu života v obcích akceptovat a stěhují se pryč. Důvodem může být navíc také růst cen nemovitostí a s tím související růst nákladů na bydlení a také růst životních nákladů v souvislosti se zdražováním zboží a služeb v reakci na růst mezd v průmyslové zóně.

5.5. Přetížení veřejných infrastruktur

Zaměstnanci průmyslové zóny, kteří pobývají v obcích v bezprostředním okolí průmyslové zóny na ubytovnách nebo v pronajatých bytech, nejsou v obcích hlášeni k trvalému pobytu, takže se jejich přítomnost v obci neprojeví na zvýšení příjmů obce dle zákona o rozpočtovém určení daní, přesto denně využívají infrastrukturu obcí, produkují komunální odpad, využívají místní komunikace, veřejná parkoviště, veřejný vodovod a kanalizaci, vyhledávají lékařskou péči, sportovní vyžití apod. Kapacity těchto infrastruktur však nejsou na zátěž přechodně pobývajících zaměstnanců dimenzované, obce jejich přítomnost při plánování infrastruktur nemohly předvídat, na rozdíl od trvalého bydlení, jehož rozvoj je poměrně přesně a předvídatelně podchycen v územních plánech. Přetížení veřejných infrastruktur je také důsledkem územního plánování obcí, které sice ve svých územních plánech vymezily nové plochy pro rozvoj průmyslu, v souvislosti s tím však vůbec neřešily potenciální nároky zaměstnanců na související infrastruktury.

5.6. Vysoká intenzita automobilové dopravy > přetížení silniční sítě > dopravní kongesce

Průmyslová zóna generuje vysoký objem dopravy. Převažující podíl dopravy přitom tvoří automobilová doprava. Na objemu dopravy generované průmyslovou zónou se podílí jak doprava zaměstnanců do zaměstnání do průmyslové zóny, tak těžká nákladní doprava materiálu, montážních dílů i hotových výrobků. V Průmyslové zóně Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou bylo k březnu 2017 zaměstnáno 10 300 lidí. Podstatná část z těchto zaměstnanců do průmyslové zóny každý den dojíždí, a to i ze vzdálenosti překračující 25 a více kilometrů. Pro každodenní dopravu zaměstnanců do průmyslové zóny zůstává nejatraktivnějším dopravním prostředkem vlastní automobil, což je dáno zejména polohou průmyslové zóny mimo významná centra osídlení, v poměrně řídko osídleném venkovském regionu. Každodenní dojíždění zásadně zvyšuje dopravní zatížení silniční sítě, doprava houstne především v bezprostředním okolí průmyslové zóny, a to v časech střídání směn v závodě ŠKODA AUTO Kvasiny. Dojíždějící vlastními automobily generují potřebu velkého množství

parkovacích stání, často pak parkují na místech, která k tomu nejsou určená a generují tak dopravně kolizní a nebezpečné situace. Dojíždějící hromadnou dopravou kladou zvýšené nároky na organizaci autobusových linek svozových autobusů i linek veřejné hromadné dopravy osob autobusy a vlaky.

Také převažující podíl dopravy materiálu, montážních dílů a hotových výrobků z/do průmyslové zóny se uskutečňuje kamionovou dopravou po silnicích, doprava po železnici je totiž pro systém výroby a montáže automobilů málo operativní a málo flexibilní. Těžká nákladní doprava se v případě Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou skládá z dopravy dálkové, tedy z dopravy, která má svůj zdroj nebo cíl mimo vlastní okruh průmyslové zóny a z dopravy uvnitř samotné průmyslové zóny. V roce 2017 generoval jen závod ŠKODA AUTO Kvasiny každý den průměrně 380 těžkých nákladních vozů v jednom směru, celkem tedy až 760 cest těžkých nákladních vozidel za den, dálkové těžké nákladní dopravy, zatěžující silniční síť v širším regionu průmyslové zóny. Rozpad těžké nákladní dopravy ze závodu ŠKODA AUTO Kvasiny v jednom směru za den byl v roce 2017 v poměru 72 % ve směru Hradec Králové a dále Praha nebo Mladá Boleslav, 18 % ve směru Náchod a Polsko a 10 % ve směru Olomouc. Průmyslová zóna Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou přitom leží zcela mimo dálniční síť ČR, a to jak mimo stávající, tak i mimo plánované dálnice. Průmyslová zóna v současné době nedisponuje ani žádným přímým, kapacitním a rychlým silničním napojením na dálnici. Nejbližší dálnicí, vzdálenou od průmyslové zóny celých 50 km (!), je dálnice D11, dostupná z průmyslové zóny po silnicích II/321, resp. II/318 a I/11, alternativně pak po silnicích I/14 a I/11, které převážně nejsou vybaveny obchvaty zastavěných území obcí a jejichž šířkové a směrové parametry neodpovídají intenzitě těžké nákladní dopravy, která po nich jezdí. Na trase z Kvasin k dálnici D11 jsou nejproblématictějšími průjezd Častolovicemi a průjezd Hradcem Králové. Ve směrech na sever na Polsko není dostupná dálnice žádná, ve směru na jih na Olomouc je nejbližší dálnice D35 v Mohelnici vzdálená dokonce 95 km a dostupná rovněž po kapacitně nevyhovujících silnicích I. třídy. Vztah Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou k dálniční síti ČR se do budoucna nijak zásadně nezmění, žádná z plánovaných dálnic se nemá přiblížit k regionu Rychnovska. Obě plánované dálnice nejbliže průmyslové zóně, dálnice D11 a D35, Rychnovsko míjejí. Těžká nákladní doprava generovaná průmyslovou zónou má tak negativní vlivy na silniční síť v širším regionu průmyslové zóny, negativně tak ovlivňuje hlukem, vibracemi a emisemi životní a obytné prostředí a snižují podstatně bezpečnost silničního provozu a bezpečnost chodců a cyklistů v obcích i desítky kilometrů vzdálených od průmyslové zóny. Silniční síť na hlavních trasách těžké nákladní dopravy z/do Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou nebyla před rozšířením průmyslové zóny nijak na zvýšení objemu nákladní dopravy připravena, doprava generovaná průmyslovou zónou proto využívá původní silniční síť, která není na takový objem těžké nákladní dopravy dimenzovaná.

Specifickým fenoménem jsou v podstatě nepřetržité dopravní proudy mezi výrobními závody dodavatelů a jádrovým závodem ŠKODA AUTO Kvasiny přímo uvnitř průmyslové zóny. Průmyslová zóna je souborem jednotlivých samostatných výrobních provozů, z nichž většina je ovšem svou produkcí a odbytem přímo navázána na hlavní závod v průmyslové zóně, na závod ŠKODA AUTO Kvasiny. Ten využívá při zásobování od svých přímých dodavatelů, kteří mají své provozy nejčastěji buď přímo v obvodu průmyslové zóny nebo v blízkém okolí závodu, zejména způsob přímé dopravy komponentů pro závod Škoda Auto a.s. bez nutnosti využití meziskladů, tzv. technologie just in sequence (JIS = dodávky přímo na linku v požadovaném pořadí), resp. technologie just in time (JIT = dodávky v konkrétním čase ke zkompletování v závodě těsně před dodávkou na linku). Tyto technologie výroby kladou mimořádné nároky na plynulost a přesnost dopravních toků ze závodů dodavatelů do závodu ŠKODA AUTO Kvasiny. Kamiony v systému JIS nebo JIT mají přesně stanovené časy na

jednu obrátku mezi výrobním dodavatelským závodem a montážní linkou závodu ŠKODA AUTO Kvasiny bez jakýchkoli výraznějších časových rezerv. I několikaminutové zdržení na cestě vinou nehody nebo i jen dopravní zácpy může reálně ovlivnit plynulost výroby. Proto na trasách, kudy projíždí dopravy JIS a JIT, musí být zajištěna plná průjezdnost i ve špičkách bez jakéhokoli zdržení.

V současné době je objem těžké nákladní dopravy mezi závody dodavatelů lokalizovanými v Průmyslových zónách Solnice a Rychnov nad Kněžnou (Lipovka) a závodem ŠKODA AUTO Kvasiny v Průmyslové zóně Kvasiny 467 vozidel za 24 h v jednom směru (návrat vždy prázdných vozidel). Veškeré tyto dopravní proudy od přímých dodavatelů do závodu ŠKODA AUTO Kvasiny v rámci průmyslové zóny se dnes uskutečňují po silnici I/14 a dále po jediné přístupové komunikaci od okružní křižovatky na silnici I/14 jižně od Solnice k hlavní bráně závodu ŠKODA AUTO Kvasiny. Doprava JIS a JIT se tak v současné době uskutečňuje společně po stejných komunikacích se všemi ostatními dopravními proudy. Doprava od dodavatelů do závodu ŠKODA AUTO Kvasiny není prostorově segregovaná a její plynulost je tak přímo ovlivněna provozem na silnici I/14, resp. na přístupové komunikaci k hlavní bráně závodu ŠKODA AUTO Kvasiny. Zejména v době střídání směn v závodě ŠKODA AUTO Kvasiny dochází v čase cca 30 minut před a 30 minut po střídání směn k extrémní špičce dopravy způsobené mimořádnou intenzitou osobní automobilové dopravy zaměstnanců závodu a autobusů směřujících na autobusové nádraží u hlavní brány závodu ŠKODA AUTO Kvasiny. Běžně dochází ke kongescím dopravy na všech ramenech okružní křižovatky na silnici I/14 jižně od Solnice, kolony se tvoří i na silnici III/32118h od okružní křižovatky k závodě. V příštích letech se v Průmyslové zóně Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou, v dosud nevyužitých rozvojových plochách průmyslu vymezených v platných územních plánech, předpokládá rozvoj provozů přímých dodavatelů závodu ŠKODA AUTO Kvasiny, které v návaznosti na již uskutečněný rozvoj závodu ŠKODA AUTO Kvasiny v minulých letech postupně umísťují své provozy v průmyslové zóně. Dá se očekávat další zvyšování objemu nákladní dopravy mezi závody dodavatelů a závodem ŠKODA AUTO Kvasiny. Podle modelace Škoda Auto a.s. do roku 2025 půjde o zvýšení objemu těžké nákladní dopravy uvnitř průmyslové zóny ze současných 476 na 560 těžkých nákladních vozidel za den v jednom směru. Současně lze ale, s ohledem na růst počtu zaměstnanců v závodech dodavatelů, očekávat i růst objemu osobní dopravy zaměstnanců závodů umístěných v průmyslové zóně.

Již současný objem dopravy je příčinou dopravních kongescí na silnici I/14 mezi Rychnovem nad Kněžnou a Solnicí, na obchvatu Solnice a na silnici III/32118h, která je v současné době jedinou příjezdovou komunikací k závodě ŠKODA AUTO Kvasiny pro všechny dopravní proudy; fotografie na obrázku 5 ukazuje reálný stav.

5.7. Vysoká míra dojížděky zaměstnanců > ekonomická zátěž

Místní obyvatelé nejsou zdaleka schopni uspokojit poptávku po tak velkém množství pracovní síly, zaměstnanci průmyslové zóny jsou proto z velké části migranti a lidé, kteří do zaměstnání každý den dojíždějí i z poměrně velkých vzdáleností. Alarmující je v případě PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou podíl zaměstnanců dojíždějících do zaměstnání každý den z velkých vzdáleností, překračujících 25 km a dosahujících běžně 50 i více kilometrů. Pracovní síla v širším okolí průmyslové zóny je již „vysátá“, zaměstnavatelé hledají nové zaměstnance ve stále vzdálenějších místech.



Obr. 5. Dopravní zácpy na silnici III/32118h (jediná přístupová silnice do závodu ŠKODA AUTO Kvasiny jak pro zaměstnance závodu, tak pro těžkou nákladní dopravu) u centrálního parkoviště závodu ŠKODA AUTO Kvasiny při střídání směn dne 31. 3. 2017 v 14:00 hodin.

Každodenní dojíždění představuje ztrátu času, který zaměstnanci nemohou využít pro odpočinek a jiné mimopracovní aktivity. Každodenní dojíždění také pro zaměstnance představuje nemalé náklady na dopravu, na jízdné ve veřejné hromadné dopravě (pokud zaměstnanci nevyužívají služeb svozových linek), na pohonné hmoty, amortizaci a další náklady na provoz vlastního automobilu. Podle Maiera a Řezáče [5: 26, 27] si průměrná domácnost cení ztrátu hodiny času dojížděnkou asi na 25 – 33 % průměrných hodinových čistých příjmů svých ekonomicky aktivních členů. Při dojíždění do zaměstnání každý den jedním směrem 45 minut (tam a zpět: 90 minut) je hodnota ztráty času dojížděním za měsíc (21 pracovních dnů), při čistém hodinovém příjmu 170,- Kč/h, 1 344,- až 1 764,- Kč. K hodnotě ztráty času je třeba přičíst také výdaje na dopravu. Ty při dojížděci vlastním automobilem na vzdálenost 35 km jedním směrem (70 km v obou směrech) a při průměrných nákladech 5,50 Kč / 1 km (auto střední třídy se spíše nižší spotřebou – pohonné hmoty, povinné ručení, havarijní pojištění, servis, amortizace) činí 385,- Kč za 1 den, tj. při 21denním pracovním měsíci 8 085,- Kč za měsíc. Celkem tak měsíční náklady na každodenní dojíždění vlastním automobilem ze vzdálenosti 35 km činí 9 429,- až 9 849,- Kč.

Časová náročnost každodenní dojížděky není dlouhodobě udržitelná a celospolečensky i z pohledu zaměstnavatele není žádoucí, náklady na každodenní dojíždění, ztráta času dojížděním, únava a tenze z náročného dojíždění mají dopad na produktivitu práce, výkonnost zaměstnanců a generují celospolečenské ekonomické ztráty.

Na závěr je nutné poznamenat, že všechny výše uvedené negativní dopady rozvoje PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou v uplynulých letech jsou generovány již naplněnou částí průmyslové zóny. V platných Územních plánech Rychnov nad Kněžnou, Solnice a Kvasiny je v současné době vymezeno dalších zatím nevyužitých 98,2 ha zastavitelných ploch průmyslu pro možný další plošný rozvoj PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou. Současná, k srpnu 2017 naplněná část průmyslové zóny, generující všechny výše uvedené negativní vlivy, tvoří pouhých 48 % potenciální celkové plochy průmyslové zóny (188 ha). Podle odhadů provedených ve Studii územních dopadů rozvoje průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou [6: 29] by v případě naplnění všech v současné době disponibilních rozvojových ploch průmyslu stoupl počet zaměstnanců v průmyslové zóně o dalších cca + 2 500 až + 4 500.

6. Selhání územního plánování jako nástroje řízení rizik na příkladu rozvoje PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou

Až do roku 2005 fungoval v Kvasinách výrobní závod Škoda Auto prakticky ve svém původním rozsahu z období 30. let minulého století. Od roku 1934, kdy byl původní závod JAWA v Kvasinách založen, sice závod zaměstnával několikanásobně více lidí, a i produkce byla mnohonásobně vyšší, stále se však jednalo o závod lokálního významu zaměstnávající méně než 1 000 zaměstnanců. Impulsem pro první velký rozvoj závodu ŠKODA AUTO Kvasiny byla rozsáhlá investice společnosti Škoda Auto a.s., která se rozhodla pro rozšíření svého výrobního závodu v Kvasinách pro účely výroby nové modelové řady vozů Škoda. Na základě usnesení vlády ČR č. 1100/2005 ze dne 31. 8. 2005 byla tehdy ještě Průmyslová zóna Solnice – Kvasiny označena za strategickou průmyslovou zónu. V období let 2006-2013 bylo rozšíření závodu Škoda Auto Kvasiny realizováno ve dvou na sebe navazujících etapách. V rámci těchto dvou etap rozvoje byla lokálně zlepšena dopravní infrastruktura v okolí průmyslové zóny, bylo vybudováno nové silniční napojení závodu ŠKODA AUTO Kvasiny na silnici I/14 a byla zahájena realizace 1. etapy obchvatu Solnice, jihozápadní segment obchvatu, který však bez realizace dodnes chybějícího severozápadního segmentu neplní svou dopravní funkci a neodvádí tranzitní automobilovou dopravu mimo historické jádro a obydlené území města Solnice. Jiné zásadní dopravní záměry nebyly realizovány, nikdo se nezabýval dopady rozvoje průmyslové zóny v širších souvislostech. V návaznosti na nařízení vlády z roku 2005 byly dále podpořeny 3 dílčí projekty na rozvoj bydlení, 5 na rozvoj školství a 2 projekty na rozvoj zdravotnictví. 1. a 2. etapa rozvoje závodu ŠKODA AUTO Kvasiny se odehrávala převážně v ploše původního historického závodu, plošný rozvoj byl minimální.

Již po realizaci 1. a 2. etapy rozvoje závodu ŠKODA AUTO Kvasiny ukončené v roce 2011 se však i přes výše uvedené začaly v území projevovat první vážnější negativní vlivy rozvíjející se průmyslové zóny, zejména zvýšená dopravní zátěž těžkou nákladní dopravou z/do průmyslové zóny, a to nejen v bezprostředním okolí průmyslové zóny, ale i v širším území, zejména na trase mezi Hradcem Králové a Kvasinami. Také postupně narůstal počet ubytoven pro zaměstnance, zejména v Rychnově nad Kněžnou a v Solnici. Při tehdejších počtu zaměstnanců v řádu 5 000 a tehdejším objemu výroby se však stále nejednalo o problémy fatální.

I přes zjevné negativní dopady 1. a 2. etapy rozvoje PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou v letech 2006 až 2011, které nebyly systémově řešeny, vymezily v roce 2011 Zásady územního rozvoje Královéhradeckého kraje (územně plánovací dokumentace Královéhradeckého kraje, vydaná 8. 9. 2011 a závazná pro územní plány všech obcí na území kraje) [10] plochu nadmístního významu pro podporu ekonomického rozvoje PZ1 – plocha průmyslové zóny Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou – Solnice. Pro územní plány dotčených obcí ZÚR Královéhradeckého kraje stanovily úkol „*upřesnit a stabilizovat plochy a jejich optimální využití*“. Pro rozvojovou osu krajského významu NOS5 Rozvojová osa Nové Město nad Metují – Rychnov nad Kněžnou, jejíž součástí je území vymezené pro rozvoj průmyslové zóny Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou – Solnice, stanovily ZÚR Královéhradeckého kraje úkol pro územní plánování „*vymezením odpovídajících ploch změn a ploch a koridorů pro dopravní a technickou infrastrukturu zabezpečit územní podmínky rozvoje průmyslové zóny nadmístního významu Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou – Solnice (PZ1)*“. Královéhradecký kraj prostřednictvím ZÚR Královéhradeckého kraje tímto sice uznal nadmístní význam průmyslové zóny a uznal tak vliv průmyslové zóny přes hranice obec Kvasiny a města Solnice, na jejichž správním území se převažující část průmyslové zóny tehdy nacházela, na svou koordinační roli v rámci ZÚR Královéhradeckého kraje však Královéhradecký kraj rezignoval. Pro zpřesnění plochy PZ1 pro Průmyslovou zónu Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou v územních

plánech nestanovily ZÚR Královéhradeckého kraje žádné konkrétní podmínky, ani např. podmínku podmíněnosti dalšího rozvoje průmyslové zóny předchozí realizací konkrétních záměrů např. na zkapacitnění a zkvalitnění veřejné infrastruktury. Žádné podmínky pro další rozvoj PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou nevyplývaly ani z vyhodnocení vlivů ZÚR Královéhradeckého kraje na udržitelný rozvoj území ani z vyhodnocení vlivů ZÚR Královéhradeckého kraje na životní prostředí (SEA). Kromě vlastní plochy (vyjádřené toliko schematickou bodovou značnou v prostoru území mezi městy Rychnov nad Kněžnou a Solnice a obcí Kvasiny) pro další rozvoj PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou vymezily ZÚR několik parciálních záměrů na zkapacitnění dopravní infrastruktury, ty však nejenže nevytvářely záruku systémového řešení dopravní obslužnosti PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou, ale ZÚR jimi ani nepodmínily další rozvoj průmyslové zóny.

ZÚR Královéhradeckého kraje vydané v roce 2011 tak umožnily zcela libovolný, plošně nelimitovaný a nekoordinovaný rozvoj průmyslové zóny. Ba co víc, pro dotčená města Rychnov nad Kněžnou a Solnice a obec Kvasiny ZÚR Královéhradeckého kraje stanovila povinnost vytvořit v územích plánech podmínky pro další rozvoj průmyslové zóny a vymezit plochy pro možný rozvoj průmyslové zóny, bez dalších podmínek. ZÚR Královéhradeckého kraje, jejichž úkolem vyplývajícím z § 36 odst. 3 zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) [1], je koordinovat územně plánovací činnost obcí v nadmístních souvislostech, které nelze objektivně řešit parciálně na území jednotlivých obcí, tak zcela rezignovaly na tuto svou koordinační roli a míru rozvoje průmyslové zóny, včetně souvisejícího rozvoje bydlení a zejména veřejných infrastruktur, ponechaly zcela na libovůli jednotlivých obcí. Za aktivní podpory státu, který již v roce 2005 Průmyslovou zónu Solnice – Kvasiny zahrnul mezi tzv. strategické průmyslové zóny státu, jejichž rozvoj je podporován z Programu na podporu podnikatelských nemovitostí a infrastruktury spravovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR a agenturou Czechinvest, tak byly v Územním plánu Rychnov nad Kněžnou [9], Územním plánu Solnice [8] a Územním plánu Kvasiny [7] postupně vymezeny zastavitelné plochy průmyslu pro další plošný rozvoj průmyslové zóny. Územní plány tak umožnily rozvoj průmyslové zóny opět bez jakýchkoli navazujících podmínek a podmíněností, bez řešení již existujících problémů s dopravou, s nedostatkem bytů pro nové zaměstnance a jejich rodiny či s nežádoucím rozvojem ubytoven.

Dne 9. 2. 2015 schválila Vláda ČR Usnesení č. 97 k návrhu zabezpečení investiční přípravy akce Rozšíření strategické průmyslové zóny Solnice – Kvasiny a zlepšení veřejné infrastruktury v Královéhradeckém regionu [5], jehož přílohou bylo i Memorandum, v rámci kterého se Královéhradecký kraj mimo jiné zavázal připravit projekty v oblasti veřejné dopravní a technické infrastruktury. Součástí tohoto usnesení vlády je poměrně dlouhý seznam záměrů zejména v oblasti dopravní infrastruktury (obchvaty obcí na trasách těžké nákladní dopravy do/z Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou a směrem k dálnici D11, zkapacitnění železniční tratě Častolovice – Solnice pro nákladní i osobní dopravu, nové cyklostezky z obcí v okolí průmyslové zón do průmyslové zóny), technické infrastruktury a rozvoje bydlení a souvisejícího občanského vybavení, které mají doprovázet rozvoj průmyslové zóny s cílem saturovat a absorbovat v území nároky na území kladené rozvojem průmyslové zóny. V Usnesení vlády ČR č. 97 ze dne 9. 2. 2015 se společnost Škoda Auto, a.s. zavázala vytvořit do roku 2017 v průmyslové zóně 1 300 nových pracovních míst ve svém závodě a dalších 400 pracovních míst u dodavatelů. Tento závazek společnost Škoda Auto, a.s. nejen že v letech 2015 a 2016 realizací rozšíření výrobního závodu ŠKODA AUTO Kvasiny splnila, ale již v únoru 2017 v závodě Škoda Auto a.s. pracovalo 8 300 zaměstnanců a u dodavatelů dalších 2 000, oproti předpokladům usnesení vlády tedy o + 2 200, resp. o + 700 zaměstnanců více. Další masivní skokový rozvoj průmyslové zóny v letech 2015 až 2017 ale, obdobně jako v 1. a 2. etapě rozvoje v letech 2006 až 2011, nebyl doprovázen odpovídajícím rozvojem dopravní

infrastruktury, území obcí v okolí průmyslové zóny nebylo a stále není adekvátně a uspokojivě připravené na příliv velkého množství nových zaměstnanců výrobních závodů, v území je nedostatek dostupných bytů pro nové zaměstnance a jejich rodiny, rychle a živelně vznikají nové ubytovny, zhoršuje se bezpečnostní situace a je neúměrně zatěžována veškerá veřejná infrastruktura, zejména pak dopravní infrastruktura.

Řešené území se tak od roku 2016 potýká s nepříjemnými důsledky již nastalého rozvoje území, s důsledky změn v území, jimž měl předcházet proces územního plánování předejít. Reálný rozvoj území reaguje na nastalý rozvoj průmyslové zóny a výrobních závodů v ní s velkým zpožděním, rozvoj území je tak do značné míry spontánní, předem nepřipravený a nekoordinovaný. Aktuálním a naléhavým úkolem územního plánování v řešeném území je ex post usměrnit a pokud možno postupně zcela eliminovat nežádoucí dopady již nastalého předchozího rozvoje průmyslové zóny v území, nikoli těmto negativním dopadům předcházet, což je hlavním cílem územního plánování. Úkolem územního plánování v území dotčeném již nastalým rozvojem průmyslové zóny je vytvořit podmínky pro navrácení vyváženého stavu všech složek prostředí, zvláště pak dominanci ekonomického pilíře vyvážit posílením sociální soudržnosti a posílením životního prostředí.

V reakci na eskalaci nepříjemných důsledků dalšího masivního rozvoje průmyslové zóny bez odpovídajícího souvisejícího rozvoje veřejné infrastruktury a bydlení pro zaměstnance, schválila vláda ČR dne 21. 6. 2017 pod číslem usnesení 469 aktualizaci Usnesení č. 97 ze dne 9. 2. 2015 [14], jejímž předmětem je rozšíření a doplnění seznamu nezbytných investic v území tak, aby byly zohledněny již nastalé a hmatatelné negativní dopady již proběhlého rozvoje průmyslové zóny na území.

Vyhrocená situace v regionu okolo PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou, zvláště pak ve městech Rychnov nad Kněžnou a Solnice a v obci Kvasiny, na jejichž správních územích se průmyslová zóna fyzicky nachází, začala být předmětem nejen odborných diskusí, ale také intenzivního politického a mediálního zájmu. Celostátní tištěná média i rozhlas a televize v období od podzimu 2016 až do léta 2017 pravidelně informovala o problémech vyvolaných rozvojem Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou. Na pozadí těchto rozjitřených diskusí, téměř bez povšimnutí širší veřejnosti či médií, na jaře a v létě roku 2017 města Rychnov nad Kněžnou a Solnice i obec Kvasiny postupně schválily 1. změny svých územních plánů [15-17], jimiž umožnily další plošný růst průmyslové zóny, která již v současném stavu v těchto obcích vyvolává tolik negativních vlivů. S výjimkou protihlukového valu mezi závodem ŠKODA AUTO Kvasiny a obytnou zástavbou Kvasin, opět bez jakékoli podmíněnosti dalšího rozvoje například realizací některých konkrétních dopravních staveb, bez nichž doprava směřující z/do průmyslové zóny doslova devastuje prostředí obcí na dopravních trasách, a to v širším okolí průmyslové zóny, např. v Častolovicích či v Kostelci nad Orlicí. Je s podivem, že možnosti dalšího plošného rozvoje průmyslových zón nezabránilo ani Vyhodnocení vlivů Změn č. 1 ÚP Kvasiny, ÚP Solnice a ÚP Rychnov nad Kněžnou na udržitelný rozvoj území, ani vyhodnocení vlivů těchto změn územních plánů na životní prostředí (SEA), jakkoli tato vyhodnocení byla zpracovávána v době, kdy byly negativní územní dopady průmyslové zóny na její okolí dobře známy a zmapovány. Jedním ze zásadních úkolů vyhodnocení vlivů na životní prostředí je posuzovat v území vždy veškeré synergické a kumulativní vlivy posuzovaných nových záměrů s již realizovanými záměry v dotčeném území a s již existující zátěží v území. Je tudíž s podivem, že právě vyhodnocení vlivů změn územních plánů na životní prostředí nevyhodnotilo další rozvoj v průmyslové zóně jako nepřijatelný, právě z důvodu evidentně vysokého rizika kumulace potenciální nové zátěže s již existující zátěží území generovanou již realizovanou částí průmyslové zóny.

Teprve v Aktualizaci č. 1 ZÚR Královéhradeckého kraje [18], vydané v září roku 2018, tedy téměř 2 roky po eskalaci nepříjemných dopadů již nastalého rozvoje Průmyslové zóny Solnice

– Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou, byly dodatečně doplněny záměry na zkapacitnění a zkvalitnění dopravní infrastruktury zatížené dopravou (zejména těžkou nákladní kamionovou dopravou) generovanou průmyslovou zónou a pro rozvojovou osu nadmístního významu NOS5 Rozvojová osa Náchodsko – Rychnov nad Kněžnou byl doplněn nový úkol pro územní plánování obcí „vytvářet územní podmínky pro časově a prostorově koordinovaný rozvoj průmyslové zóny nadmístního významu Kvasiny - Rychnov nad Kněžnou – Solnice (PZI), v návaznosti na rozvoj kapacitně odpovídající dopravní a technické infrastruktury.“

Dosavadní rozvoj PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou je bezprecedentním příkladem selhání územního plánování jako nástroje řízení a předcházení rizik v území. Územní plánování je zde ve vleku reálného rozvoje území a až ex post reaguje na hledání řešení problémů v území vyvolaných již proběhnutým rozvojem. Namísto toho, aby územní plánování vytvářelo v území takové podmínky, které nebudou generovat konflikty, střety a rizika. Zásadami územního rozvoje, územními plány i navazujícími řízeními byl v území umožněn takový rozvoj, který vyvolal negativní dopady, zejména dopravní problémy, bezpečnostní problémy a narušení sociální soudržnosti společenství obyvatel. Ex post jsou pak zpětně v zásadách územního rozvoje a následně v územních plánech hledána řešení těchto problémů. Cesta k realizaci záměrů eliminujících nebo alespoň zmírňujících problémy v území je však dlouhá a může trvat několik let. Průmysl v území se však dále rozvíjí a generuje nové problémy, které se kumulují (sčítají) s již existujícími problémy. Celý proces územního plánování je přitom dle stavebního zákona nastaven zcela opačně a disponuje k tomu i potřebnými nástroji, jako je regulace plošného a prostorového uspořádání území, nebo nástroj etapizace, kterým mohou územně plánovací dokumentace podmínit další rozvoj předchozí realizací konkrétní veřejné infrastruktury.

Plánovací proces Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou prošel několika legislativně danými fázemi, jejichž úkolem je mimo jiné identifikovat možná rizika nepřijatelných dopadů záměru na území a vytvořit pak v území podmínky pro úplnou eliminaci těchto rizik, resp. pro snížení případných dopadů identifikovaných rizik na akceptovatelnou míru. Ve kterékoli fázi plánovacího procesu (obrázek 6) mohlo být zataženo za záchranou brzdu a další rozvoj průmyslu v průmyslové zóně mohl být zcela znemožněn. Nic z toho se však nestalo.



Obr. 6. Základní schéma plánovacího procesu.

7. Shrnutí hlavních problémů umístění PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou

Nepříjemné územní dopady intenzivního rozvoje PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou v uplynulých letech pramení do značné míry ze samotné nevhodné lokalizace takto velké průmyslové zóny. Hlavní problémy umístění PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou jsou:

1. Umístění průmyslové zóny o plánované velikosti až 200 ha a více než 12 000 zaměstnanců ve venkovském a málo lidnatém regionu, kde počet obyvatel největšího centra osídlení, města Rychnov nad Kněžnou, osciluje posledních několik let okolo pouhých 11 000 a kde v okruhu přijatelné dojížděkové vzdálenosti do průmyslové zóny (max. 30 až 45 minut dojížděky osobním automobilem, resp. veřejnou hromadnou dopravou) žije ne více než 50 000 obyvatel, tedy ne více než 25 000 ekonomicky aktivních obyvatel. Nedostatek místní pracovní síly tak generuje zvýšené nároky na každodenní dojíždění zaměstnanců z velkých vzdáleností, na vysoký podíl zaměstnanců ubytovaných na ubytovnách a na vysoký podíl agenturních zaměstnanců. Důsledkem je vysoká fluktuace pracovní síly a nezakotvenost velkého množství zaměstnanců v obcích okolo průmyslové zóny, kde pouze přechodně pobývají a nevytvářejí si tu k území trvalý vztah.
2. Umístění průmyslové zóny s vysokými nároky na obsluhu těžkou nákladní dopravou zcela mimo dálniční síť i mimo významné železniční koridory kapacitně dimenzované pro provoz nákladní železniční dopravy. Těžká nákladní doprava, převážně automobilová, generovaná průmyslovou zónou, neúměrně zatěžuje silniční síť, která není dimenzovaná na takový objem těžké nákladní dopravy, v širším regionu okolo průmyslové zóny, zejména všechny trasy z průmyslové zóny směřující k dálnicím.
3. Umístění průmyslové zóny o plánované velikosti až 200 ha v bezprostřední vazbě na venkovskou obec Kvasiny a malé městečko Solnice. Zástavba průmyslové zóny je v ostrém měřítkovém kontrastu s převážně drobnou zástavbou venkovského charakteru Kvasin a Solnice.

8. Ex post řešení nepříjemných územních dopadů rozvoje PZ Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou

Stát i Královéhradecký kraj reagují na nastalé negativní důsledky rozvoje Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou ex post parciálními opatřeními a cílenými investicemi do území, které mají negativní dopady rozvoje eliminovat, resp. zmírnit. Prevence v podobě plánování udržitelného a vyváženého rozvoje území bez potenciálních rizik je tak v území okolo průmyslové zóny nahrazena represí v podobě opatření zmírňujících již nastalé problémy.

Nejvíce finanční podpory směřuje do plánování a následné postupné realizace zkapacitnění dopravní infrastruktury přetížené dopravou generovanou průmyslovou zónou, zejména na odstranění úzkých dopravních hrdel a průjezdních úseků silnic zastavěnými a zejména obydlenými územími obcí. Předmětem financování je také podpora rozvoje bydlení, jednak přímá realizace obecních bytů obcemi a dále podpora zainvestování obecních pozemků vymezených v územních plánech pro bytovou výstavbu. Součástí represe sociálně patologických jevů v území, v souvislosti s kumulací zahraničních a agenturních dělníků přebývajících v obcích okolo průmyslové zóny na ubytovnách, je personální posilování

jednotek Policie ČR i městské a obecní policie v území. Usnesením vlády ČR č. 388 ze dne 22. května 2017 bylo dále rozhodnuto o vzniku Koordinačního centra pro cizince v průmyslové zóně Kvasiny v Rychnově nad Kněžnou. Jeho vznik je součástí souboru opatření řešících zhoršenou situaci v průmyslové zóně a jejím okolí v souvislosti se zvýšeným zaměstnáváním cizinců; jako prevence kriminality je podporována také realizace kamerových systémů nebo osvětlení veřejných prostorů.

Poučení z rozvoje Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou, ale také obdobné zkušenosti i z jiných průmyslových zón v ČR, například v Plzni na Borských polích, vedlo Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR v roce 2018 k pořízení obecné Metodiky vyhodnocování územních nároků průmyslových zón [19]. Metodika je nástrojem pro rychlou a přehlednou identifikaci možných nároků plánované průmyslové zóny na území. Cílem metodiky přitom je, aby podle ní bylo možné nároky průmyslové zóny na území s co největší přesností identifikovat již ve fázi ideového záměru průmyslové zóny, tedy ve fázi, kdy o průmyslové zóně existuje jen minimum informací (typicky jen umístění zóny, její plošná výměra a druh převládajícího odvětví průmyslu). Metodika má pomoci včas identifikovat možná rizika umístění průmyslové zóny do území a tím přispět k předcházení následným negativním dopadům průmyslové zóny do území v případě, že by potenciální nároky průmyslové zóny na území nebyly předem předvídané a území na řešení těchto nároků nabylo dostatečně připraveno. Metodika má sloužit primárně pro prvotní screening možných nároků průmyslové zóny na území, ještě před započítím podrobné plánovací a projektové přípravy a všech souvisejících procesů, jako je např. proces EIA či územní řízení o umístění zóny do území. Přirozeně však není vyloučena možnost využití metodiky i v pokročilejších fázích plánování a projektové přípravy zóny.

9. Závěr

Územní plánování disponuje mnoha dílčími nástroji, prostředky a procesními postupy k řízení a přecházení rizik. Jedním z nejzákladnějších prostředků předcházení negativním důsledkům plánovaného rozvoje území je samotné vymezení plošného rozsahu území, v němž je možné rozvíjet zástavbu pro předem stanovený účel. Územní plánování určuje, kde se ještě smí stavět, včetně účelu, formy a intenzity zástavby, a kde je již území nutné před další zástavbou chránit pro volnou krajinu, zemědělské a lesnické hospodaření v krajině, pro přírodní procesy a další funkce volné krajiny. Velikost zastavěného území a míra jeho expanze do krajiny formou zastavitelných ploch by měla vždy reflektovat především trend vývoje počtu obyvatel a ekonomických aktivit, které lze do budoucna v území reálně očekávat, a zároveň by měla brát v úvahu ekologickou únosnost území [2].

Dalším důležitým prostředkem předcházení nepřijatelným důsledkům plánovaného rozvoje území je regulace způsobu a intenzity využití území. Kromě toho, že územně plánovací dokumentace určují plošný rozsah zástavby a její účel, jak je uvedeno výše, mohou určit také charakter a strukturu zástavby, například výšku zástavby, její hustotu, intenzitu využití pozemků, podíl nezpevněných či vegetačních ploch umožňujících retenci a další.

Plánování veřejné infrastruktury je dalším okruhem prostředků, jímž může územní plánování podpořit udržitelný rozvoj území a předcházet tak či zamezovat disparitám v území. Úkolem územního plánování je vytvářet podmínky pro rozvoj veřejné infrastruktury, tedy veřejné dopravní a technické infrastruktury, občanského vybavení a veřejných prostranství, která bude přiměřeně obsluhovat území a ohledem na účel a intenzitu jeho využití. Protože vybavení území veřejnými infrastrukturami je veřejný zájem, mohou územně plánovací dokumentace pozemky

a stavby pro vybrané veřejně prospěšné stavby nebo veřejně prospěšná opatření vymežit k vyvlastnění, nebo pro předkupní právo [2].

V neposlední řadě je významným prostředkem územního plánování k předcházení rizik v území plánování časovosti rozvoje. Územní plánování má možnost ovlivňovat pořadí, v jakém bude v území docházet k jeho plánovaným změnám. Má možnost etapizovat rozvoj území po jednotlivých dílčích krocích, kdy každý další krok je podmíněn ukončením předchozího kroku. Územní plánování může také stanovovat pořadí realizace rozhodujících investic v území tak, aby vlivem nevhodného průběhu rozvoje nedošlo k nežádoucím dopadům na kvalitu prostředí, překročení kapacity veřejných infrastruktur, ohrožení stávajících hodnot území apod. [2]. Zásady územního rozvoje nebo územní plán mohou typicky podmínit další rozvoj průmyslové zóny předcházející realizací obchvatu obce, nebo zkapacitněním konkrétní křižovatky apod.

Při plánování rozvoje Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou selhala koordinační role zásad územního rozvoje. Takto plošně rozsáhlá průmyslová zóna jednoznačně generuje vlivy přesahující území jedné obce, a právě zásady územního rozvoje měly stanovit mantinely plošného rozvoje průmyslu a intenzity využití průmyslové zóny. Skutečnost, že obce Rychnov nad Kněžnou, Solnice a Kvasiny, na jejichž správních územích se průmyslová zóna nachází, se mezi sebou byly schopné o plošném rozvoji průmyslové zóny dohodnout, neměla být důvodem pro rezignaci na jakoukoli koordinaci míry a intenzity rozvoje průmyslové zóny ze strany zásad územního rozvoje. Zásady územního rozvoje přitom měly zároveň stanovit podmíněnost dalšího plošného rozvoje průmyslu v průmyslové zóně předcházející realizací konkrétních záměrů veřejné infrastruktury, například vybraných obchvatů obcí na nejvýznamnějších trasách těžké nákladní dopravy z/do průmyslové zóny, zkapacitněním vybraných úseků silnic a křižovatek, kde vlivem přetížení vysokou intenzitou těžké nákladní dopravy vznikají nežádoucí kongesce a dopravně kolizní situace, nebo zkapacitněním železniční trati do Solnice pro potřeby dopravy zaměstnanců i nákladů apod. Tak mohlo být předejito nynějším dopravním problémům nejen v bezprostředním okolí průmyslové zóny, ale v širším regionu ve vzdálenosti až desítky kilometrů od průmyslové zóny.

Při plánování rozvoje Průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou selhal zjevně také proces vyhodnocování vlivů koncepcí, konkrétně Zásad Územního rozvoje i územních plánů a změn územních plánů dotčených obcí na životní prostředí, tedy proces SEA. Ten měl zejména prostřednictvím vyhodnocení synergických a kumulativních vlivů identifikovat jednoznačná rizika další kumulace zátěže z rozvoje průmyslové zóny, nad rámec již existující zátěže území.

Selhaly také samotné obce, na jejichž území se průmyslová zóna nachází. I přes zjevné problémy z již nastalého rozvoje průmyslové zóny umožnily prostřednictvím změn svých územních plánů další plošný rozvoj, a tedy další intenzifikaci využití průmyslové zóny.

Literatura

- [1] ČR. Zákon č. 183/2006 Sb., o územní plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- [2] MAIER, Karel a kolektiv, 2012: Udržitelný rozvoj území. Praha: Grada 2012, 253p.
- [3] INTERNET. Ortofotomapa 3. 11. 2018. mapy.cz

- [5] ČESKÁ TELEVIZE. *Události ČT: Rychlý rozvoj průmyslové zóny Kvasiny*. www.ceskatelevize.cz.
- [5] ČR. *Usnesení vlády ČR ze dne 9. února 2015 č. 97 k návrhu zabezpečení investiční přípravy akce Rozšíření strategické průmyslové zóny Solnice – Kvasiny a zlepšení veřejné infrastruktury v Královéhradeckém regionu*.
- [6] ČÚZK. *Základní mapy ČR 1 : 10 000*, © ČÚZK, 2016
- [7] OU KVASINY. *Územní plán Kvasiny*, vydaný 16. 12. 2011.
- [8] OU SOLNICE. *Územní plán Solnice*, vydaný 14. 12. 2009.
- [9] OU RYCHNOV NAD KNĚŽNOU. *Územní plán Rychnov nad Kněžnou*, vydaný 24. 6. 2015.
- [10] ŠINDLEROVÁ, V., FELCMAN, J. *Studie územních dopadů rozvoje průmyslové zóny Solnice – Kvasiny – Rychnov nad Kněžnou*. Hradec Králové: Krajský úřad Královéhradeckého kraje 2017.
- [11] ČAS. *ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací*. Praha: ČNI 2006.
- [12] MAIER, K., ŘEZÁČ, V. *Ekonomika v území. Urbanistická ekonomika a územní rozvoj*. Praha: ČVUT 2006.
- [13] KU HRADECKÉHO KRAJE. *Zásady územního rozvoje Královéhradeckého kraje*, vydané dne 8. 9. 2011.
- [14] ČR. *Usnesení vlády ČR ze dne 21. června 2017 č. 469 k zabezpečení investiční přípravy akce Rozšíření strategické průmyslové zóny Solnice – Kvasiny a zlepšení veřejné infrastruktury v Královéhradeckém regionu*.
- [15] OU RYCHNOV NAD KNĚŽNOU. *Změna č. 1 Územního plánu Rychnov nad Kněžnou*, vydaná 26. 4. 2017.
- [16] OU SOLNICE. *Změna č. 1 Územního plánu Solnice*, vydaná 19. 6. 2017.
- [17] OU KVASINY. *Změna č. 1 Územního plánu Kvasiny*, vydaná 26. 7. 2017.
- [18] KU HRADECKÉHO KRAJE. *Aktualizace č. 1 Zásad územního rozvoje Královéhradeckého kraje*, vydaná dne 10. 9. 2018.
- [19] ŠINDLEROVÁ, V., FELCMAN, J., JETEL, V. *Metodika vyhodnocení územních nároků průmyslových zón*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu 2018.

ŘÍZENÍ RIZIK V SÍŤOVÝCH ODVĚTVÍCH PROSTŘEDNICTVÍM ADEKVÁTNÍHO PROKAZOVÁNÍ UDRŽITELNÉHO STAVU A ROZVOJE INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ

RISK MANAGEMENT IN THE BRANCHES OF TECHNICAL UTILITIES THROUGH THE DEMONSTRATION THEIR SUSTAINABLE STATE AND DEVELOPMENT

Petr Šrytr^{*)}

ČVUT v Praze

Abstrakt: Článek ukazuje nutnost aplikace metodiky řízení rizik při ucelené technické obsluze urbanizovaného území. Soustřeďuje se na garanci udržitelného stavu a rozvoje urbanizovaného území prostřednictvím inženýrských sítí.

Klíčová slova: rizika; řízení rizik; inženýrské sítě; strategický management sítí.

Abstract: The article demonstrates the need of the application of the methodology of risk management in a comprehensive technical providing for urbanized area. It focuses on guaranty of sustainable state and development of an urbanized area through the utility networks.

Key words: risks; risk management; urban networks; strategic network management.

1. Úvod

Metodika řízení rizik se stala důležitým nástrojem v mnoha odvětvích. Navíc dochází k dalšímu jejímu zdokonalování a rozšiřování aplikace do odvětví, kde v tomto ohledu zatím absentovala či byla uplatňována minimálně a nepřímě. Vyspělá společnost potřebuje účinně a efektivně čelit rizikům souvisejícím s potenciálními případy selhání životně důležitých systémů (subsystémů) ucelené technické obsluhy urbanizovaného území, měst a obcí v něm se nacházejících.

Náročnost aplikací nástroje řízení rizik / **NŘR** je pak v těchto případech značně ovlivňována konkrétními, často i velmi specifickými podmínkami konkrétního urbanizovaného území, konkrétních měst a obcí, jakkoliv zřehlednění základní aplikace **NŘR** je žádoucí při současném zohlednění podstatných hledisek či kritérií. Tím lze udržet adekvátní kontrolu nad všemi důležitými procesy souvisejícími s fungováním inženýrských sítí / **IS**, procesy jejich návrhu (přípravy investičních záměrů včetně zpracování projektové dokumentace / **PD**),

^{*)} doc., Ing., CSc., srytr@fsv.cz

procesy přípravy jejich realizace, procesy kontroly kvality jejich provedení, procesy jejich uvedení do provozu (jejich kvalitní fungování), procesy řízení jejich provozu a procesy jejich obnovy, kompletace a modernizace.

V případech zkoumání technických systémů (subsystémů, jejich komponent) a jejich podstatného okolí se pak nabízí použít i další nástroje prověřování jejich provozní spolehlivosti a stability a tím i komplexněji zajistit uplatnění **NŘR** jejich provozu v ucelené podobě a udržet současně pod kontrolou ekonomické, ekologické a další procesy a parametry.

V rámci tohoto příspěvku pak není reálné usilovat o vyčerpávající zpřehlednění problematiky **NŘR** v síťových odvětvích. Proto byl zvolen především postup opírající se o požadavek udržitelného stavu a rozvoje **IS** dle stavebního zákona v platném znění, o požadavek vycházející z oprávněného prosazení veřejného zájmu. Dané téma pak umožňuje též ukázat důležitost a obtížnou pozici oboru bezvýkopových technologií / **BT** obnovy, nové instalace a modernizace inženýrských sítí / **IS**, zejména z pohledu potřeb praxe v ČR i vyspělého světa, umožňuje se pokusit identifikovat příčiny nedobrého stavu a nabídnout východiska ke zlepšení situace v zájmu podpory a prosazení veřejného zájmu (potřeb adekvátního splnění podmínky garance udržitelného stavu a rozvoje urbanizovaného území a sídel v něm se nacházejících. Současně je pak žádoucí primárně vyvolat širší diskusi na toto téma v prostředí státní správy i samosprávy.

2. Současné poznání

Již dlouhodobě lze registrovat, že **BT** a jejich aplikace jsou ovlivňovány řadou nahodilostí a často přímo negativně osobami bez adekvátní znalosti problematiky **BT** a **IS**. Velmi často pak, kdy **BT** dostávají šanci na aplikace, se tak děje za nevýhodných podmínek či *na poslední chvíli vynuceně, málo koncepčně*. To vše by nás mělo zajímat jako osoby odpovědné za síťové obory, též jako prosté občany, osoby zainteresované svou závislostí na adekvátní spolehlivé funkci měst a obcí z technického hlediska. Mělo by nás to zajímat z důvodu ochrany veřejných zájmů z krátkodobého i dlouhodobého hlediska. Je pak s podivem možné konstatovat, že se dosud prakticky nikdo z primárně odpovědných osob nepokusil provést ucelený rozbor dané situace s nabídkou adekvátního programu, jak nepříznivě se vyvíjející situaci napravit (jistou výjimkou je prof. Stein [1]).

Prakticky nikomu se do toho zřejmě nechce z mnoha důvodů. Přesto je třeba se o to pokoušet, je to smysluplné, jakkoliv realita převážné většiny investičních akcí s cílem obnovy, kompletace či modernizace **IS** bývá v rozporu s požadavkem udržitelného stavu a rozvoje veřejného prostoru sídel, ohrožuje či redukuje všechny zde se za normální situace odehrávající aktivity; obrázek 1.

Udržitelný stav a rozvoj **IS** je dnes zřejmě mj. závislý především na správném rozhodování s využitím kvalitního a uceleného síťového managementu, na kvalitních nástrojích Facility Management / **FM** [1]. Jde o schopnost:

- identifikace stupně opotřebení či poškození všech částí infrastrukturního majetku **IS** (dokázat objektivně dokladovat a „obarvit“ úseky a objekty ve struktuře všech sítí s dostatečným rozlišením jejich stavu, od stavu dobrého až, odstupňovaně, po stav špatný či již kritický),
- kvalitního průběžného vyhodnocování stavu jednotlivých úseků a objektů **IS** včetně jejich okolí (máme dnes již k dispozici moderní technologie lokalizace polohy i identifikace důležitých parametrů úseků a objektů **IS**),

- kvalitního vyhodnocování velikého množství dat s pomocí progresivních a dále se vyvíjejících **SW**-nástrojů včetně kvalitní kontroly výstupů,
- kvalitního prognózování vývoje životnosti / zbývající životnosti úseků a objektů **IS** včetně včasné aktualizace těchto údajů,



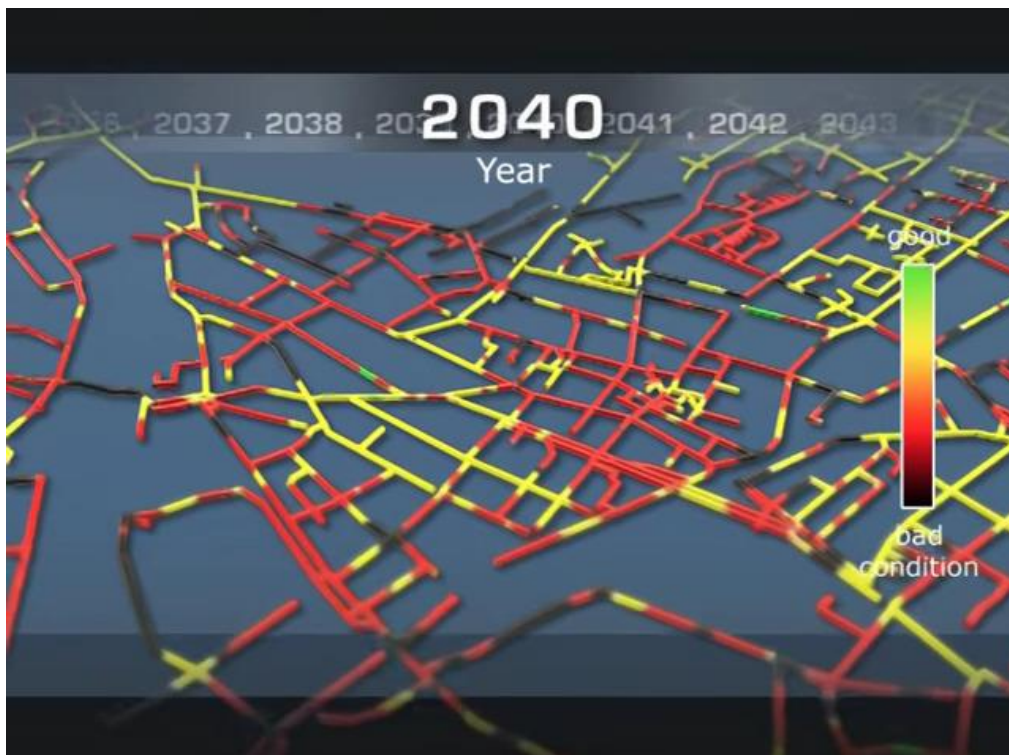
Obr. 1. Reálný příklad.

- prokazatelně kvalitního strategického plánování užitím konzistentního datového managementu (**SW**-nástrojů modelujících topologické parametry **IS**, parametry fyzikálních provozních procesů **IS**, parametry ekonomických provozních procesů **IS**, zbytkovou fyzikální a ekonomickou životnost úseků a objektů **IS**, ...) s cílem objektivně prokazovat udržitelnost stavu a rozvoje **IS** včetně zohlednění všech důležitých vazeb ve veřejném prostoru sídel, vazeb na dopravní infrastrukturu, na životní prostředí apod.,
- kvalitního provozování infrastrukturního majetku **IS** dle kvalitních provozních řádů včetně jejich adekvátní aktualizace,
- kvalitní přípravy a kvalitní realizace záměrů průběžného i strategického plánování včetně uplatnění prokazatelně progresivních technologií,
- kvalitní realizace *zpětné vazby* na uživatele služeb technické obsluhy urbanizovaného území prostřednictvím **IS**.
- kvalitní součinnosti a koordinace všech uplatňovaných procesů řízení rizik / **PŘR** u všech zainteresovaných a spoluodpovědných subjektů.

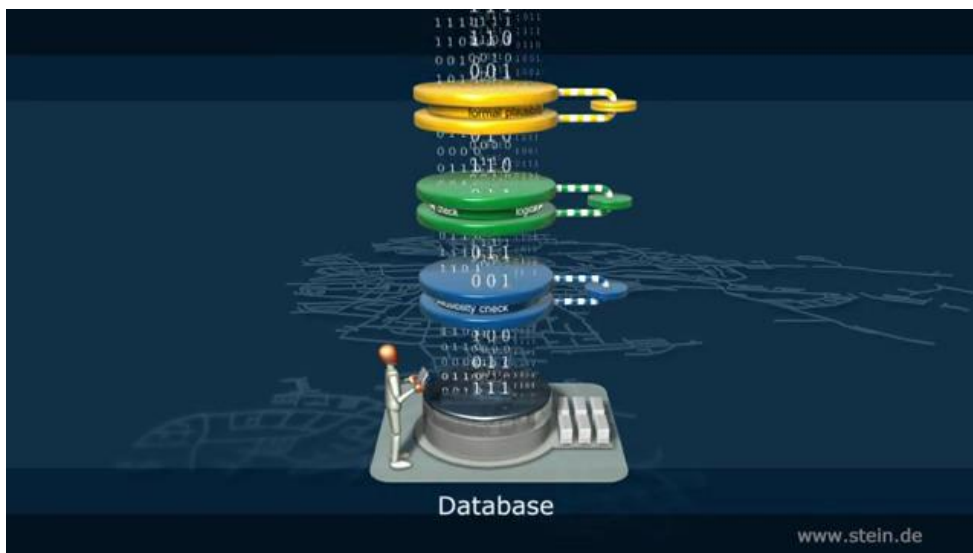
Základní zpréhlednění procesů Facility Management / **FM** v případě síťových odvětví nabízí prof. Stein [1]. Pro názornost jsou uvedeny obrázky 2 – 8 z jeho prezentace **FM**, které ukazují metodické nástroje pro správné řízení sítí.



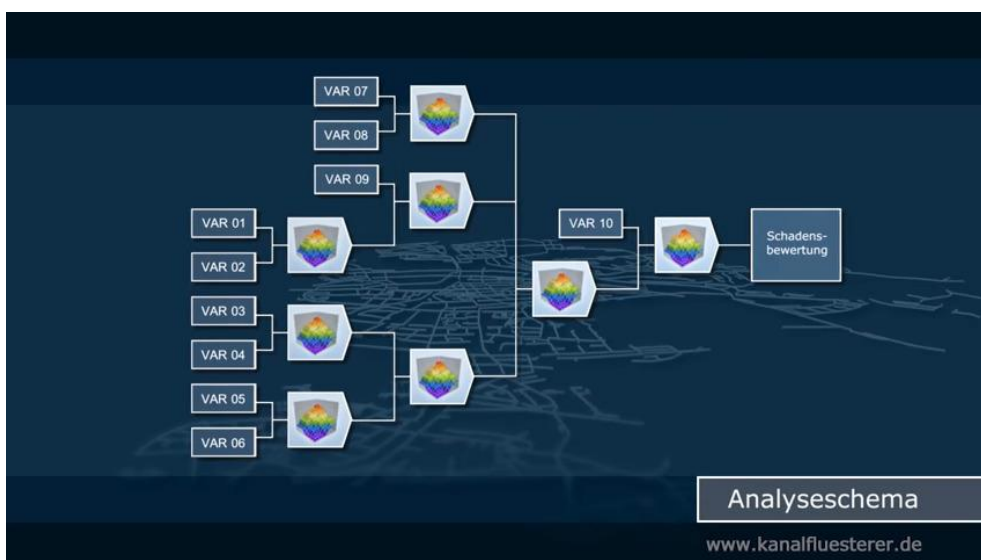
Obr. 2. Příklad sítě – zelené úseky jsou kvalitně zajištěné; červené jsou špatně zajištěné [1].



Obr. 3. Formou podbarvení je přesně znázorněn stav všech úseků a objektů IS (též užitím moderních diagnostických metod) [1]



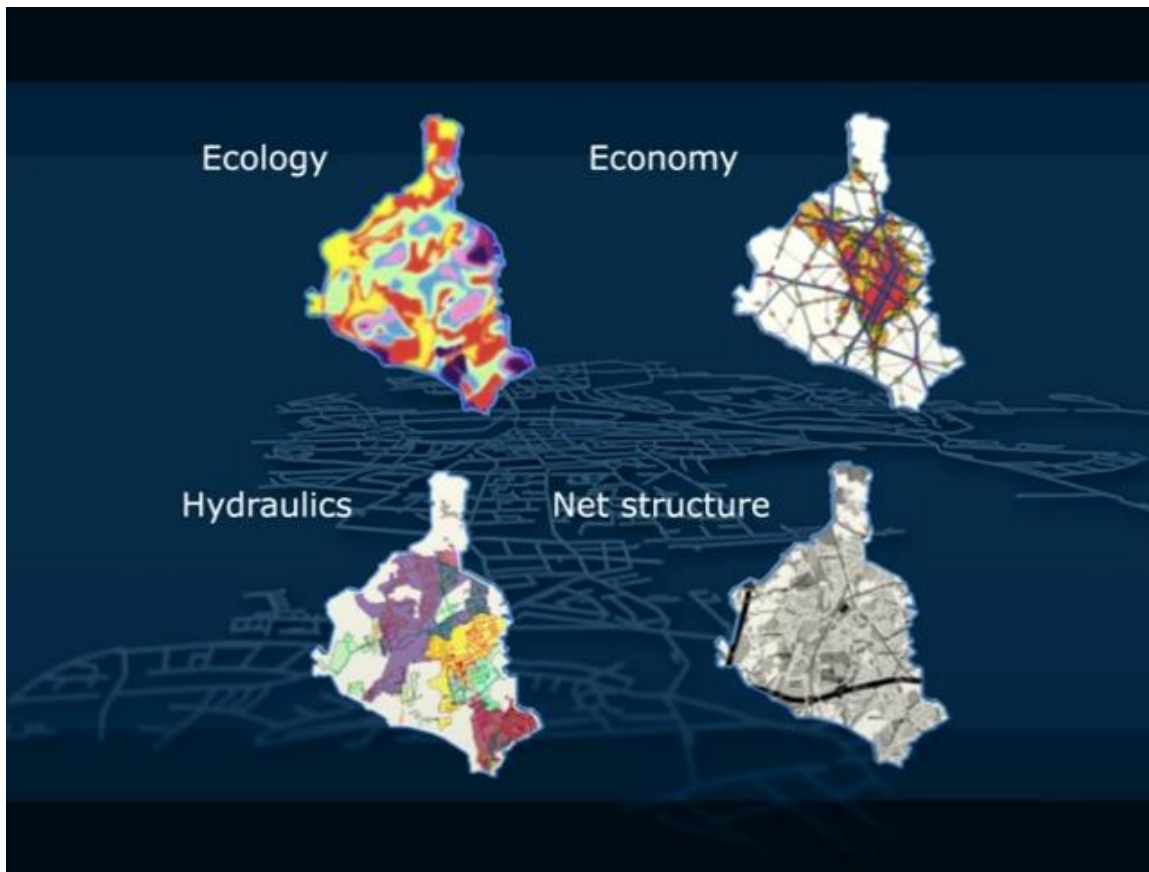
Obr. 4. Schematické znázornění databáze **FM IS** včetně užití moderních SW-nástrojů [1]).



Obr. 5. Schéma analýzy stavu **IS** – vyhodnocení stupně poškození [1]).



Obr. 6. Schéma výsledků exaktního prognózování stavu **IS** třídy 1 až 5 s cílem vymezení pravděpodobného výskytu podílu **IS** v havarijním stavu [1]).



Obr. 7. Kvalitní databáze **FM** umožňuje uspořádání dat po vrstvách [1].



Obr. 8. Zpřehlednění základních částí **FM IS** [1].

3. Data a metody

Pro posouzení situace v ČR byla použita data shromážděná v archivech společností-majitelů a provozovatelů **IS** v ČR i zahraničí včetně poznatků autora přímo z konkrétních měst a obcí, [1-15]. Data byla kriticky vyhodnocena s tím, že pro návrh opatření jsou rozhodující aktuální výstupy s užitím nástroje **FM IS** s následným strategickým rozhodováním zodpovědného týmu, ve kterém jsou zastoupeni zástupci společností majitelů a provozovatelů **IS**. Přitom je třeba použít nástroje řízení rizik i nástroje pro řešení havarijních situací. Souhrnně lze pak užít metodu SWOT analýzy a zejména v úrovni územně-plánovací činnosti reagovat návrhem adekvátních regulačních opatření [4-6,9,10].

Výsledky aktuálního stavu hodnotíme z pohledu prosazování dostatečně kompatibilního **FM** všech síťových odvětví včetně uplatnění kontrolního souhrnného **FM IS** na úrovni managementů měst a obcí (např. se nabízí využít jejich subjekty *Technické služby* rozšířením jejich profesní působnosti). Zcela nezbytné je pak dále zdokonalovat **FM IS** všech zainteresovaných subjektů včetně zdokonalování nástrojů a postupů subjektů záchranného systému státu, tj. hasičských záchranných sborů, zdravotní záchranné služby atd. Základem však je především garantovat kvalitní **FM IS**.

4. Výsledky

Facility Management / **FM** pak zahrnuje též management životního cyklu/životních cyklů (Life Cycle / Cycles Asset Management) investičního majetku / **IM IS** včetně analýzy nákladů životních cyklů / **LCC** (Life Cycles Costs Analysis) **IS**. Jen tak lze udržet dostatečnou kontrolu nad pořizovacími náklady, provozními náklady (procesní kontrolou a monitoringem, ..., kontrolou funkční, ekonomické i energetické účinnosti; Costs of Operation), nad náklady na údržbu, obnovu, kompletaci a modernizaci **IS** včetně nákladů na případné odstranění stavby **IS** (náklady na rozebrání konstrukcí, náklady na odpadové hospodářství ...; Disposal Costs). Počítat je pak nezbytné za dnešní situace s managementem rizik a managementem kritických situací (Risk Management, Critical Management) [4-6,9,10] jako nástroji přípravy včasné reakce na obtížně předvídatelné mezní situace, mezní stavy (než se podaří prosadit a realizovat preventivní systémová řešení).

Problematiku daného tématu lze dále analyzovat (prověřovat) s ohledem na posloupnost uplatňovaných rozhodovacích procesů a s ohledem na jejich nositele. – Jaká je v tomto ohledu situace? To lze stručně charakterizovat a rekapitulovat následovně:

1. V úseku územně plánovacích procesů i v úseku plánování investic měst a obcí je zatím situace málo příznivá obecně, v úseku technické infrastruktury / **TI**, **IS** a **BT** pak ještě *řádově horší*. Tyto procesy byly značně zformalizovány, zdeformovány či v technické problematice zredukovány a ve vazbě na nekvalitní legislativní, technické, metodické a další podklady vykazují dnes i závadné výstupy s kontraproduktivními dopady na fungování sídel z technického hlediska. Pro demonstraci lze uvést příklad z metodiky **MMR** k udržitelnému stavu a rozvoji urbanizovaného území [11], kde je uváděno, že se opírá o tři pilíře: sociální, ekonomický a ekologický. Ten nejdůležitější chybí! – Nejdůležitějším pilířem je evidentně pilíř technický! – Není to zřejmě náhoda a není to třeba ani komentovat! – Jak lze však usilovat o nápravu za této situace? – Nejspíš přímo prostřednictvím managementů měst a obcí (možná též prostřednictvím *Českého svazu měst a obcí?*), které mají obvykle své s.r.o. v podobě *Technických služeb*. Jde pak o to, dostat do jejich profesní

náplně též ucelený a dostatečně kvalitní **FM IS**. Ve vazbě na územně plánovací procesy a plánování investičních akcí lze usilovat o adekvátní sjednocení a koordinaci zájmů všech zainteresovaných, tj. především všech oprávněných nositelů zájmů ve veřejném prostoru měst a obcí. – V rámci **ÚPD** pak nesmí chybět samostatná část, označovaná jako **ÚSES / Územní systém ekologické stability**, která má prokázat udržitelnost rozvoje urbanizovaného území z ekologického hlediska. Nemá pak logiku absence analogické části, která by prokazovala udržitelnost rozvoje sídel z hlediska jejich ucelené technické obsluhy včetně obsluhy prostřednictvím **IS**.

2. V úseku procesů přípravy investičních akcí je to analogické pro těsnou návaznost na **ÚPD**, **ÚPP**, územní studie apod. Zde má svou důležitou pozici *projektant*, z našeho pohledu *projektant IS*. Ten pak dnes má v našem prostředí příliš slabou pozici a je často nucen ostatními účastníky přípravy investičních akcí k degradaci své profese a k alibismu. To se např. principiálně projevuje paradoxně opakovaným uváděním následujícího sdělení, nejčastěji v hlavní koordinační situaci projektové dokumentace / **PD** příslušných investičních akcí **IS**: „*Údaje o poloze a stavu vedení a objektů v PD jsou jen orientační. Před zahájením stavby dojde k jejich vytyčení*“. - Jak je to vůbec možné? Přesné údaje o poloze a stavu **IS** jsou přece ty nejdůležitější! - Postavení projektantů je v našem prostředí značně oslabeno. Mají-li *projektanti* vůbec přežít, *pak musí poslouchat, musí plnit příkazy silnějších, obvykle nekvalifikovaných úředníků a dalších našeptávačů*. Často pak též nebyvají projektanti dostatečně kvalifikovaní v oboru **BT** a to je další vážný problém.
3. V úseku realizace staveb **IS** se pak obvykle již jen stupňuje chaos s často převládající improvizací, zejména při participaci velkého počtu subdodavatelů. – V dokumentaci skutečného stavu provedení stavby pak nemusí být prokazováno splnění požadavku udržitelného stavu a rozvoje **IS**. Rozhodující jsou jen garanční lhůty dle smluvního vztahu.
4. V úseku provozu **IS** se pak jedná o nesjednocený, nekompletní a navzájem nekompatibilní **FM** v jednotlivých síťových odvětvích i jednotlivých provozovatelských společnostech, což potvrzuje též výše zmiňovaná reakce projektantů alibistickými sděleními v koordinačních situacích apod. – Rozebírat detailněji a uceleně situaci v případě heterogenního souboru provozovatelů **IS** by si nejspíš vyžádalo několik samostatných příspěvků. Alespoň však uveďme dva poznatky formou poznámek: Majitelé a provozovatelé **IS** adekvátně neparticipují v rámci územně plánovacích procesů, pouze se obvykle jen formálně a nekompromisně vyjadřují se zdůrazněním *svých požadavků a práv* vycházejících z nezkoordinovaných a účelově prosazených ustanovení v legislativních a dalších podkladech. Sami pak nejsou nikým nuceni pravidelně a podloženě prokazovat, že plní požadavek garance udržitelného stavu a rozvoje v případě svého či jen provozovaného infrastrukturního majetku **IS**. Lze též konstatovat, že si účelově chrání a prakticky udržují v režimu utajování své databáze **FM**. Nelze tedy realizovat ani žádné účinné kroky kontroly ve veřejném zájmu. Důkazem pro to je též opakovaně se vyskytující *překvapení* všech zodpovědných při výskytu extrémních případů (těm lze preventivně čelit v případě sjednoceného úsilí ...), jak ukazuje např. obr. 9.
5. V úseku přípravy kvalifikovaných pracovníků oboru **IS** včetně dostatečně kvalifikovaných i v oboru **BT** je situace dlouhodobě nepříznivá, jakkoliv právě zde by měl být a mohl být začátek cesty k žádoucí nápravě.
6. Z uceleného syntetického pohledu všech rozhodovacích úseků týkajících se subsystémů **IS** lze pak již jen konstatovat, že prakticky absentuje ucelená strategická koncepce, účinná koordinace rozhodovacích procesů ve všech úsecích (jednotlivých síťových odvětvích), když současně absentuje snaha usilovat o tvorbu dostatečně kvalitních základních strategických dokumentů **IS** pro urbanizované území státu, krajů a sídel. – To je opět téma

na samostatný příspěvek. Konkrétně lze tedy nabídnout alespoň jednu poznámku, jeden příklad: Současný strategický dokument **SEK** fakticky nabízí jen výsledky nedokonalého bilancování potenciálních energetických zdrojů a potenciálních energetických potřeb ..., a to je opravdu málo!



Obr. 9. Netěsné vodovody a netěsné kanalizační stoky vyvolávají vznik kavernózních jevů s intenzifikací jejich vzniku a průběhu otřesy a vibracemi způsobenými dopravním provozem atd.

Aby mohla být reálně a hlavně souhrnně vnímána situace stavu a možností rozvoje v úseku ucelené technické obsluhy sídel včetně obsluhy prostřednictvím **IS**, situace stavu a možností rozvoje jednotlivých síťových odvětví i stavu síťových odvětví jako celku ve vazbě na stav veřejného prostoru, nabízí se provést takový rozbor a zpřehlednění užitím **SWOT** analýzy (v několika na sebe navazujících úrovních v praxi odpovídajících příslušným rozhodovacím úrovním). **SWOT** analýzu takto jednorázově provedenou nelze však považovat za zcela, jednou pro vždy, vyčerpávající. Lze předpokládat její upřesňování a doplňování, mj. i z důvodu dalšího celkového vývoje podmínek urbanizovaného území, specifických podmínek konkrétních sídel, pokroku techniky atd.

Autor odvodil pro ČR dále uvedené výsledky posouzení:

Silné stránky:

- existence kvalifikovaných stavebních společností v ČR, existence kvalifikované pracovní síly obecně ve stavebních profesích včetně sektoru **IS** i společností nositelů **BT**,
- existence kvalifikovaných stavebně-inženýrských kapacit s návazností na partnerské nadnárodní pracoviště-nositele špičkových technologií včetně těch zaměřených na **BT**,
- existence reálných podmínek a možností aplikace vyspělých technologií v potřebném záběru, v potřebném rozsahu,

- existence tuzemských profesních firem zaměřených na **IS**, které jsou součástí nadnárodních koncernů garantujících vyšší záruky kvality, transfer moderních materiálů a technologií včetně **BT**,
- existence možností sjednocení a použití progresivních nástrojů **FM** pro udržení adekvátní kontroly managementů sídel nad sektorem **IS**, zejména pak z hlediska plnění požadavku garance udržitelného stavu a rozvoje **IS**,
- existence adekvátních zkušeností s aplikacemi progresivních typů sdružených či i kombinovaných tras **IS** (i ty lze považovat za jistý typ **BT**, ať již jsou výlučně realizovány s pomocí **BT** či nikoliv) včetně technologií jejich realizace,
- existence adekvátních zkušeností s aplikacemi progresivních technologií **BT** pro obnovu, kompletaci a modernizaci **IS**,
- atd.

Slabé stránky:

- oslabená pozice stavebnictví v ČR, které nemá své vlastní přímé resortní zastoupení na nejvyšší úrovni řízení,
- pro ucelenou technickou obsluhu sídel prostřednictvím **IS** absentuje sjednocená, ucelená a adekvátně zkoordinovaná celostátní koncepce (strategie),
- heterogenní, málo přesný, nesjednocený a tedy i neadekvátní **FM IS**, zejména s ohledem na celkový nedobrá technický stav **IS** v ČR a rizika z toho vyplývající,
- výskyt heterogenního a často též nedostatečně sjednoceného a nedostatečně zkoordinovaného souboru investorů v úseku **IS**,
- nedostatečné úsilí managementů měst a obcí v prosazování progresivních forem ukládání **IS** včetně uplatňování **BT**,
- oslabené postavení projektantů **IS** a jejich relativně častý *profesní útlum* v prosazování progresivních forem ukládání **IS** včetně uplatňování **BT**,
- uměle vyvolané složité podmínky veřejných výběrových řízení včetně složitých podmínek technického řešení **IS**, složitých možností financování velkých zakázek, kdy by bylo výhodné aplikovat progresivní formy ukládání **IS** (zejména v případech veřejných zakázek),
- existence rizik projevů korupční/šedé ekonomiky v prostředí českého stavebnictví s vazbou na veřejnou správu, která místo vložení veřejných zdrojů do moderních technologií usiluje o *pseudospory* a *vizuální efekty bez prokazování garance udržitelného stavu a rozvoje IS*,
- výkyvy v hospodářských cyklech ekonomiky ČR,
- větší citlivost náročnějších technologií realizace **IS** na kvalitu provádění,
- budoucí nedostatek kvalifikovaných pracovníků, zejména řemeslníků pro náročné realizace staveb **IS** a s tím související podceňovaná problematika učňovského školství,
- nedostatečná individuální i skupinová snaha o sebevzdělávání (celoživotní vzdělávání) a zavádění nových postupů řešení a nových technologií (nedostatečná informovanost techniků a inženýrů v investorské i projekční sféře, s tím související malá snaha učit se a zavádět nové postupy řešení a technologie),

- negativní dopady nedostatku finančních zdrojů, projevujících se *pseudooptimalizací* nákladů staveb **IS** (ve vazbě na možnosti uplatňování progresivních technologií u veřejných i soukromých investorů s *hrozbou ztráty času a šance na zajištění obratu k lepšímu*),
- častěji se vyskytující nepřehledné situace i *nečitelné chování stavebních společností*, např. při jejich použití jako subdodavatelů ve větším rozsahu,
- ochota stavebních společností k účelovému použití dampingových cen ve veřejných soutěžích či nadhodnocování nákladů nad reálné ceny v případech uznaných dodatečných nákladů apod.,
- roztáčení nepřehledné *pyramidové platební neschopnosti* v resortu stavebnictví,
- absence uceleného, kvalitativně adekvátního systému **FM (Facility Management) IS** na úrovni **MěÚ** a **OÚ**,
- atd.

Příležitosti:

- příležitost obnovit, odstranit či nahradit zastaralý **IM** (užitím **BT**) investiční majetek **IS** a postarat se programově o revitalizaci měst a obcí cestou modernizací komplexní vybavenosti **TI**, veřejných prostor a prostranství, zejména pak v úseku **IS**,
- příležitost užití (včetně transferu) technicky, ekologicky a ekonomicky moderních řešení a technologií pro postupnou realizaci obnovu a modernizaci **IS**,
- příležitost pro postupné zajištění zvyšování funkční technické, provozně ekonomické a ekologické účinnosti subsystémů technické obsluhy prostřednictvím **IS**,
- příležitost k zajištění dlouhodobé životnosti **IM IS** při garanci rozsahu a kvality jimi poskytovaných služeb (příležitost dlouhodobě zajistit adekvátní kontrolu nad **LCC (Life Cycles Costs) IS**,
- příležitost k těsnější spolupráci a vzájemné podpoře subjektů působících v oblasti **IS** na území sídel s cílem tvorby dobrého zázemí k přípravě a realizaci ucelených a dostatečně zkoordinovaných progresivních investičních záměrů **IS**,
- příležitost k výraznějšímu uplatnění **PPP** projektů pro vybrané druhy investičních akcí včetně akcí **IS**,
- příležitost v rámci subjektů typu Technické služby sídel a HZS (případně též s pomocí některé stavební společnosti působící v území sídla) postupně zajistit v úměrném rozsahu náhradní řešení, např. též prostřednictvím vlastního souboru SMST **IS** [13], pro případy havarijních a dalších situací **IS**,
- příležitost k minimalizaci rizik širších negativních dopadů při manipulacích s **IS** z hlediska BOZP na plnohodnotné fungování veřejných prostor a prostranství sídel,
- příležitost využít též možností zisku synergických efektů (např. při transformaci systému jednotné kanalizace na důsledně oddílný systém, při důsledném hospodaření se srážkovými vodami atp.),
- příležitost vyvolat a využít též možností nápravy nedobré situace revize ČSN 73 6005, ČSN 73 7505 atd., zejména v souvislosti s připomínanými hrozbami uváděnými níže,
- atd.

Hrozby:

- stupňování nedobrého technického stavu **IS** s častějším výskytem i velmi rozsáhlých a závažných havarijních stavů **IS**, stavů nouze či i stavů obecného ohrožení (vyplývá z nerespektování zákonného požadavku garance udržitelného stavu a rozvoje **IS** a též z nesjednoceného, neúplného a nepřesného stavu databází majitelů a provozovatelů o stavu a parametrech **IS**, nedostatečného systému **FM**),
- odkládáním řešení nápravy nedobrého technického stavu **IS** dochází ke stupňování obtíží související s nastartováním obratu k lepšímu stavu,
- stupňování hrozeb vyplývajících z nezkoordinovaných, vnitřně i navzájem rozporných legislativních, technických a dalších podkladů souvisejících s problematikou **IS**,
- faktický pokles objemu použitelných veřejných prostředků, zejména též i v souvislostech s obtížemi vyplývajících z komplikujících se podmínek čerpání finančních zdrojů z operačních programů EU,
- nelogické přednostní čerpání finančních zdrojů pro záměry, které nejsou prioritní,
- častý výskyt riskantního použití málo kvalitních, závadných či dostatečně neodzkoušených materiálů pro vedení **IS** (zejména se tak dělo v minulosti; neblahé dědictví),
- nedostatečná pozornost ke stavu podzemí veřejného prostoru s častým výskytem kavernózních jevů a dalších konfliktních situací,
- nedostatečná pozornost k vlivu dopravy (zvýšená zátěž, otřesy, vibrace ...) na stav veřejného prostoru v jeho podzemí včetně stavu **IS**,
- opakované a nezkoordinované použití klasických výkopových technologií na úkor výhodnějšího použití **BT**,
- zvětšování četnosti výskytu stavebních úprav a rekonstrukcí stávajících **IS** formou nákladných, neekologických a pro uživatele měst a obcí nepřijatelných improvizací,
- hrozby vyplývající ze specifických podmínek historického vývoje urbanizace území sídel a jejich okolí včetně často se vyskytujících složitějších podmínek geotechnických, vodohospodářských, ekologických apod. (výskyt NIMBY-efektu, *Not in my Back Yard*),
- zásadní hrozba vyplývá z protahující se (od r. 2011), málo koncepčně a rozporně řešené revize ČSN 73 6005 *Prostorová úprava vedení technického vybavení / VTV* bez snahy respektovat splnění požadavku garance udržitelného stavu a rozvoje **VTV** i bez snahy adekvátně zohlednit **BT** pro obnovu, kompletaci a modernizaci **VTV** (též kompletně **IS**),
- zásadní hrozba vyplývá též z nepovedené revize ČSN 73 7505 *Kolektory a ostatní sdružené trasy inženýrských sítí*,
- zásadní hrozba vyplývá z absence analogické ČSN k ČSN 73 6005 pro vedení **IS** v extravilánu (pro vedení dálkovodů včetně produktvodů, vedení hydromelioračních sítí (drenážních a závlahových), vedení kanalizace pozemních komunikací (dálnic a silnic vyšších i nižších kategorií), vedení kanalizace drážních komunikací apod.),
- zásadní hrozba vyplývá z absence analogické ČSN k ČSN 73 6005 pro vedení **IS** v území areálů různých typů (pro vnitroareálová vedení technicko-technologického vybavení / **VTTV**, pro vnitroareálové **IS**),
- atd.

Obrázek 10 ukazuje nežádoucí položení dálkovodů v území.



Obr. 10. V nebezpečně neúměrném rozsahu se dálkovody vyskytují v území intravilánů sídel (uvnitř jejich správního území) či též *vykazují zcela nelogické geometrické tvary svých tras* atd.

5. Závěr

Kromě údajů uvedených výše se lze pokusit ještě o jistou rekapitulaci, doplnění či zpřesnění:

1. Do strategických dokumentů sídel (měst a obcí), krajů (regionů) a státu je třeba adekvátně prosadit všechny nástroje řízení rizik v uceleném rozsahu, do všech sektorů řádného fungování měst a obcí. To však je především úlohou i povinností všech působících institucí a osob státní správy i samosprávy. V návaznosti pak i všech osob odpovědných za dílčí sektory ucelené technické obsluhy urbanizovaného území. Současně je třeba čelit situaci, že bude příliš mnoho odpovědných, ale téměř nikdo zodpovědný.
2. V praxi často nahodilé či vynucené užití **BT**, vyvolávané mj. obavou z reálných projevů hrozeb, rozsahem i kvalitou nebezpečných disfunkcí **IS**, tj. disfunkcí fakticky časově i prostorově nezládnutelného charakteru, popírající civilizační hodnoty [4], je způsobováno nedostatečnou kvalifikací a nekompetentností i těch bezprostředně odpovědných za fungování sídel a dále těch, kteří odpovídají za kvalitu územně plánovacích podkladů a dokumentace, **PD** atd. Opakovaná inventura *vzdělávacích systémů, vzdělávacích programů a procesů, vzdělávacích aktivit* včetně aktivit **CVO** a osvěty má své opodstatnění.
3. *Nastartování obrátu k lepšímu stavu* není a nebude zřejmě snadné, mj. i za daného stavu resortu stavebnictví (všech jeho sektorů) a resortů bezprostředně souvisejících včetně vlivu nezkoordinovaného a heterogenního stavu síťových odvětví. Požadavek garance udržitelnosti stavu a rozvoje představuje významnou podmínku i silný argument pro prosazování adekvátních technických řešení prakticky ve všech sektorech stavebnictví, sektoru **IS** a **BT** nevyjímaje. – Nemůžeme se ztotožňovat s tím, jak se vůbec zachází s požadavkem garance udržitelnosti stavu a rozvoje urbanizovaného území, kdy MMR např. prezentuje, že se opírá jen o tři pilíře: *sociální, ekonomický a ekologický*. O ten nejdůležitější, **pilíř technický, není zájem!?!**
4. Vzdělávací systém (i konkrétní vzdělávací programy) se dostávají do zcela nových podmínek, na které je třeba adekvátně reagovat. Je třeba vnímat, že praxe potřebuje

multidisciplinárně vzdělané jedince, systémově laděné, tj. schopné vnímat, že pud sebezáchovy nepředstavuje jakýsi anachronismus.

5. Zdeformované prostředí českého stavebnictví (legislativně, strukturou řízení, masivní nekompetenci a nezodpovědností úředníků ...) představuje hrozbu též pro jeho dílčí sektory včetně sektoru **BT** (pro nositele aktivit **BT**). – Je žádoucí usilovat o nápravu.
6. **BT** mají prakticky větší ekologický potenciál [12], než jim je fakticky přisuzováno. S tímto stavem se nelze smířovat. – Je rozhodně žádoucí usilovat o nápravu.
7. V situaci, kdy **FM** / Facility Management majitelů a provozovatelů **TI** / technické infrastruktury je *nepřehledný, nesjednocený, nekompletní, málo kvalitní a prakticky v režimu utajování informací*, si lze jen obtížně představit možnost zabezpečení plné kontroly nad udržitelným stavem a rozvojem **TI**, jakkoliv je to ve veřejném zájmu. – Je však rozhodně žádoucí usilovat o nápravu prostřednictvím všech zainteresovaných, též již i v rámci vzdělávacích procesů.
8. atd.

Seznam zkratk použitých v textu:

BOZP - bezpečnost a ochrana zdraví při práci,

BT - bezvýkopové technologie (Trenchless Technologies),

CVO – celoživotní vzdělávání občanů,

CzSTT - Česká společnost pro bezvýkopové technologie (Czech Society for Trenchless Technology),

FM - Facility Management (řízení správy, provozu, údržby a obnovy investičního majetku),

HZS – Hasičský záchranný systém,

IM - investiční majetek,

IS - inženýrské sítě, vedení a objekty inženýrské sítě,

LCC - náklady životních cyklů (Life Cycle Costs),

MěÚ - Městský úřad,

MMR – Ministerstvo místního rozvoje,

OÚ – Obecní úřad,

PD - projektová dokumentace,

PPP - Public Private Partnership (např. projekty PPP-společné projekty veřejné a privátní),

PPÚP - Pravidla a principy územního plánování (ÚÚR Brno),

SEK – Státní energetická koncepce,

SMST IS - Stavebnice mobilní sdružené trasy **IS**,

SWOT-analýza - analýza silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb,

SW – software nástroje,

TI - technická infrastruktura,

ÚPD – Územně plánovací dokumentace,

ÚPP - Územně plánovací podklady,

ÚPV - Úřad průmyslového vlastnictví,

ÚSES - Územní systém ekologické stability,

ÚÚR – Ústav územního rozvoje,

VTV – vedení technického vybavení,

VTTV - vedení technicko-technologického vybavení

Literatura

[1] UNITRACC. www.unitracc.de.

[2] ŠRYTR, P., BERAN, V. A KOL. *Posouzení vlivu technického vybavení území na přírodní prostředí. Závěrečná zpráva řešení úkolu technického rozvoje Ministerstva lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČR Praha: ČVUT 1990.*

- [3] ZAVADIL J. *Zkoumání změn odtokových poměrů v urbanizovaném území způsobených dopravními stavbami*. Doktorská disertační práce. Ostrava: VŠB-TU 2014, autoreferát ISBN 978-80-248-3451-1.
- [4] ŠRYTR P. A KOL. *Sdružené trasy inženýrských sítí v urbanizovaných územích* ISBN 978-80-01-04289-2. Praha: ČVUT 2010.
- [5] ŠRYTR P. Technická infrastruktura sídel na rozcestí svého vývoje. Jak dále? *Urbanismus a územní rozvoj*, ISSN 1212-0855, MMR ČR, ÚÚR Brno, 5 (2013).
- [6] ŠRYTR P. Bezvýkopové technologie jako nástroj integrace zájmů všech síťových odvětví ve prospěch udržitelného rozvoje. In: *Sborník referátů 19. NO-DIG*. ISBN 978-80-904551-4-6. Litomyšl: CzSTT 2014.
- [7] ŠRYTR P. Bezvýkopové technologie, veřejný prostor s městskou zelení a revize ČSN 73 6005. In: *Sborník referátů odborného semináře MENDELU v Brně 26. - 27. 1. 2015 Stromy ve městech - Hodnotit nebo kácet?*, www.nature.cz.
- [8] ŠRYTR P. a KOL. *Městské inženýrství*. ISBN 978-80-248-2828-2. Ostrava. VŠB-TU 2012.
- [9] ŠRYTR P. *Výpadky (poruchy, havárie) inženýrských sítí z hlediska udržitelného rozvoje*. ISBN 978-80-01-2. Praha: ČVUT 2009.
- [10] KOL. AUTORŮ: *Udržitelný rozvoj regionů*. ISBN 978-80-01-05017-0. Praha: ČVUT 2012.
- [11] MMR ČR. *Územní studie veřejného prostranství (Metodický návod pro pořízení a zpracování)*. Praha: MMR 2015, www.mmr.cz.
- [12] NENADÁLOVÁ, L. *Metodika hodnocení bezvýkopových technologií inženýrských sítí z ekologického hlediska*. Doktorská disertační práce, Praha: ČVUT 2012.
- [13] UPV. *Užitný vzor Stavebnice mobilní sdružené trasy IS (Osvědčení o zápisu užitného vzoru č. 19323 ze dne 16. 2. 2009*, Praha: Úřad průmyslového vlastnictví 2012, www.upv.cz.
- [14] ČAS. ČSN IEC 812 (010675) *Metody analýzy spolehlivosti systému, postupy analýzy způsobů a důsledků výpadků (poruch a havárií)*, Praha: Český normalizační institut 2007.
- [15] TEICHMANN M. *Modelování a optimalizace spolehlivosti systémů pro zásobování pitnou vodou*. Doktorská disertační práce. Ostrava: VŠB-TU 2017.

ŘÍZENÍ RIZIK BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ TLAKOVÝCH ZAŘÍZENÍ V PROCESNÍM A ENERGETICKÉM PRŮMYSLU

RISK MANAGEMENT OF SAFETY RELIEF SYSTEMS OF PRESSURE EQUIPMENT IN PROCESS AND ENERGY INDUSTRY

Jan Tomáš^{*)}

TÜV, Rheinland Česká republika s.r.o.

Abstrakt: Metodika inspekce založené na posouzení vypořádání rizik je základním bodem pokrokového plánování četnosti inspekci. Při inspekcích v procesním průmyslu se posuzuje, jak jsou prioritní rizika řízena a zmírněna. Velikost rizika je pak prioritním kritériem při stanovení optimálních intervalů inspekci. V předložené práci jsou uvedeny výsledky výzkumu, který byl proveden u tlakových zařízení.

Klíčová slova: riziko; procesní průmysl; tlaková zařízení; inspekce.

Abstract: Risk-based inspection based on an assessment of risk is a fundamental point of the advanced scheduling the frequency of inspections. At inspections in the process industry, it is assessed, how are priority risks managed and mitigated. The risk size is a priority criterion in the determination of the optimal intervals for inspections. In this work there are shown the results of research, which was carried out on pressure systems.

Key words: risk; process industry; pressure systems; inspections.

1. Úvod

Od svého narození se všichni musíme rozhodovat s ohledem na rizika. Jejich realizace je spojena s nežádoucími a nepřijatelnými následky. Velmi důležité je pracovat s riziky u průmyslových objektů, protože jejich havárie nebo selhání poškodí nejen objekt samotný, ale i jeho okolí; fakta o haváriích a selháních průmyslových objektů [1,2] ukazují často velké ekonomické škody, poškození životního prostředí i oběti na životech. Jelikož trendy vývoje bezpečnosti procesních zařízení byly v určitém vývojovém stadiu přerušeny několika závažnými průmyslovými haváriemi, objevily se jisté pochybnosti o správnosti nastoupené vývojové cesty a o metodách zajišťování bezpečnosti technických zařízení [2]. Kvůli těmto zkušenostem se dnes upouští od uskutečňování finančně velmi náročných a zdlouhavých inspekci a místo toho se zaměřujeme na systematické hledání bezpečnostních rizik a provádění krátkých a rychlých auditů se zavedením následných opatření.

^{*)} Ing., j.tomas@techseal.cz

Článek sleduje systémy a zařízení, které jsou určeny k tomu, aby pomohly ke snížení tlaku nebo vytvoření vakua v kontejnmentu tlakových zařízení s cílem, aby nedošlo k přesažení předem stanovených hodnot, a to odvedením tekutiny do uzavřeného systému nebo atmosféry. Systémy ke snižování tlaku v průmyslových zařízeních jsou zařízení ve vysoce nebezpečných místech průmyslových komplexů, a proto optimální interval kontroly jejich stavu je klíčem k minimalizaci rizik.

Tlakové zařízení jsou konstrukční tlakové celky tvořící vymezené prostory s pevnými, nepohyblivými stěnami nazývané také jako kontejnment, na které působí plynné nebo kapalné látky vnitřním přetlakem. Tlakové zařízení musí být konstruované, vyrobené a zkoušené na nejvyšší přípustný přetlak, nejvyšší popř. nejnižší přípustnou teplotu a zabezpečené proti jejich překročení, dále musí být tak provozované a udržované, aby byla zajištěna bezpečnost obsluhy a okolí.

Tlaková zařízení provozovaná v České republice se v legislativě nazývají „vyhrazená tlaková zařízení“ a jsou definována ve vyhláškách č. 18/1979 Sb., 97/1982 Sb. a 551/1990 Sb., Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu a v Evropské unii směrnicí 97/23/ES, Pressure Equipment Directive (PED). Podle §2 vyhlášky č. 18/1979 Sb. se vyhrazená tlaková zařízení dělí na:

- kotle parní a kapalinové, které jsou dále rozděleny do 4. tříd podle jejich výkonu,
- tlakové nádoby, které jsou dále rozděleny do dvou skupin označených: a; b,
- tlakové nádoby kovové k přepravě plynů.

Nezbytnou součástí každého vyhrazeného tlakového zařízení je jeho „výstroj“, která obsahuje prvky a přístroje nutné k jeho ovládní, řízení a kontrole bezpečného, spolehlivého a hospodárneho provozu s ohledem na technickou životnost zařízení a životní prostředí.

Zvláštní pozornost je nutno věnovat bezpečnostní výstroji, kterou musí být vybaveno každé vyhrazené tlakové zařízení k zajištění bezpečnosti svého provozu; většinou to jsou systémy ke snižování tlaku.

Nad bezpečností vyhrazených tlakových zařízení vykonává státní odborný dozor Technická Inspekce České republiky (TIČR) v rozsahu zákona č. 174/1968 Sb., o státním odborném dozoru nad bezpečností práce, kde ve smyslu § 6b odst. (1) se jedná o dozor nad zařízeními se zvýšenou mírou ohrožení zdraví a bezpečnosti osob a majetku.

Předpokladem bezpečnosti vyhrazeného tlakového zařízení je udržení míry rizika s ohledem na životy a zdraví osob a majetek na přijatelné úrovni. Pro zajištění bezpečnosti vyhrazeného tlakového zařízení v čase je třeba neustálé zlepšování a zdokonalování zařízení, přičemž je podstatné jeho monitorování za provozu. Praxe ukazuje, že i při dodržování bezpečnostních opatření, dojde při provozu k poruchám, a proto musí být připraveny postupy, kterými se zmírní ztráty na výrobě i ostatních aktivech [2].

2. Poznatky pro řízení bezpečnosti tlakových zařízení v konstrukčním provedení a v čase

Abychom zajistili bezpečnost a spolehlivost tlakových zařízení, tak musí být zajištěna správná řešení jejich konstrukčního provedení. Jde o použití zdařilých standardních součástí pro každý detail tlakového zařízení, tzn. používat jen praxí prověřené, jednoznačně opakovaně používané celky proti zbytečně komplikovaným individualitám, které při provozu přinášejí nutnost individuálních konstrukčních součástí nebo celků a současně i vysoce odborného personálu pro montáž těchto součástí a celků.

Potřeba kontroly a údržby je způsobena několika faktory, jako je degradace, opotřebení nebo koroze, nízká spolehlivost součástí, lidská chyba, legislativní nebo vnější faktory (např.: agresivní nebo proměnlivé prostředí). V těchto činnostech, většinou založených na časové náročnosti jsou vynaloženy velké množství zdrojů, ať už lidských nebo materiálních.

Výpočet rizika obecně [3] i podle uznávaného standardu vydaného API (American Petroleum Institute) - API RP 581 [4] se opírá o určení pravděpodobnosti selhání v kombinaci s jeho následky. Definice rizika je pak kombinace pravděpodobnosti selhání v časovém intervalu a následků:

Hodnota rizika v dohodnutých jednotkách = pravděpodobnost selhání x následky

Pravděpodobnost je známá jako bezrozměrná. Následky selhání se nejčastěji vyjadřují v penězích. Používané stupnice jsou např. v pracích [3,4]. Selhání zařízení ke snižování tlaku znamená, že zařízení nespĺňuje již svoji funkci, tj. nereaguje odpovídajícím způsobem. V daném případě pak ohrožuje provoz celého objektu.

Při výpočtech v procesním průmyslu se nejčastěji používá pro vyjádření pravděpodobnosti Weibullovo rozdělení [5]. Švédský fyzik Weibull ho v roce 1939 použil při charakteristice únavy materiálů. Rozložení: vyjadřuje rozložení náhodných poruch způsobených opotřebením; a dovoluje určit důležité parametry popisující konfiguraci poruch. Tato funkce se nazývá kumulativní pravděpodobnostní funkce selhání s dvěma parametry, někdy označovaná jako nespolehlivost. Předpokladem pro stanovení parametrů sledovaného rozdělení je, že v podobných situacích je stejná pravděpodobnost selhání. Proto lze jako základ pro stanovení počáteční (nebo výchozí) pravděpodobnosti selhání pro konkrétní zařízení použít míru selhání specifického zařízení.

3. Zajištění bezpečnosti tlakového zařízení během provozu

Během provozu je potřeba provádět řízení rizik zacílené na zajištění bezpečnosti [2]. Z důvodu změn v čase je nutno provádět údržbu. Pro posouzení stavu jsou prováděny inspekce. Jejich cílem je posoudit kritičnost tlakového zařízení, velikost rizik a stanovit opatření pro zvýšení bezpečnosti během údržby.

V procesním průmyslu sledujeme funkční bezpečnost; nejčastěji se používá standard IEC 61508-1 [6]. V případě tlakových zařízení, která jsou součástí technických děl [2], musí být minimálně rozlišovány tyto typy bezpečnosti: bezpečnost zařízení; bezpečnost provozu (funkční); bezpečnost procesu; a bezpečnost celku. Soustředíme-li se na funkční bezpečnost, jejíž hlavním cílem je zajištění funkční bezpečnosti, tedy snížení rizika možnosti zranění lidí, poškození výroby nebo narušení životního prostředí. Funkční bezpečnost se opírá o dvě veličiny, a to životní cyklus bezpečnosti (Life Safety Cycle) a úroveň integrity bezpečnosti (Safety Integrity Level = SIL); určení obou veličiny vychází z aplikace teorie pravděpodobnosti [3,7].

Podle [6] bezpečnostní systémy ovládaných tlakových zařízení (Pressure safety instrument control systems) musí splňovat požadavky SIL=3 pro nové konstrukce tlakových nádob. Předpisy také umožňují systém SIL 2 nebo SIL 1, je-li četnost výskytu přetlaku menší než 10^{-6} /rok, nebo je-li četnost výskytu přetlaku nižší než 10^{-4} /rok a následky způsobené vysokým

tlakem jsou považovány za přijatelné vzhledem k odolnosti konstrukce zařízení na základě posouzení notifikované osoby.

Dle [1,2] se používají pojmy:

1. Bezpečnost – antropogenní opatření vedoucí k odstranění nepřijatelného rizika.
2. Riziko – kombinace pravděpodobnosti výskytu poškození a závažnosti tohoto poškození.
3. Kritičnost – souvisí s provozem zařízení; je antonymem k bezpečnosti; během provozu zařízení kritičnost v čase roste.
4. Poškození – fyzické zranění nebo poškození zdraví lidí buď přímo nebo nepřímo v důsledku ztráty/zhoršení vlastností nebo prostředí.
5. Nebezpečí – potenciální zdroj poškození,
6. Funkční bezpečnost – technická opatření na snížení rizika daného zařízení; je závislá na správném fungování bezpečnostních systémů.
7. Porucha – ukončení schopnosti bezpečnostního systému či subsystému nebo prvku subsystému plnit požadovanou funkci.
8. Nebezpečná porucha – porucha, která je schopna uvést bezpečnostní systém do nebezpečného stavu nebo do stavu, kdy není schopen plnit svoji funkci.
9. Bezpečná porucha – porucha, která není schopna uvést bezpečnostní systém do nebezpečného stavu, v němž není schopen plnit svoji funkci.
10. Odolnost proti vadám – schopnost bezpečnostního systému plnit bezpečnostní funkci za přítomnosti vad nebo chyb.

Pro zajištění bezpečnosti sledovaných zařízení v provozu je důležitá údržba [2]. Úkolem údržby při provozu tlakových zařízení je zajištění jejich integrity. To znamená, že obsažené procesní médium o provozní teplotě a tlaku je uzavřeno v kontejnmentu tlakového zařízení a kondice pevnosti a těsnosti tlakového zařízení splňuje požadavky aktuálního stavu techniky, tedy požadavek „best available techniques“, popsany v referenčních technických dokumentech BREF na úrovni Evropské unie [8].

Inspekce systémů ke snižování tlaku musí být prováděna tak, aby byla zajištěna ochrana v případě výskytu nouzových situací. Tato kontrola musí zahrnovat nezbytné faktory, které mohou ovlivnit výkon ventilů; jde zejména o:

- změny teplot, okolí a systémových faktorů,
- vibrace,
- vliv zbytku média ve vnitřních částech ventilu,
- prvky ventilu vystavené napětí,
- turbulence tekutiny,
- velikost a tvar výfukové části
- velikost a tvar přípojovací části,
- celková konstrukce.

4. Data a metody

Pro výzkum řízení rizik selhání tlakového zařízení byly použity poznatky a praktické zkušenosti ze šetření závažných havárií způsobenými pojistnými ventily [9]. Předmětná data byla rozříděna podle typu zařízení a byla kriticky vyhodnocena.

Fakta uvedená v [9] ukazují, že selhání tlakových zařízení souvisí s nesprávnou činností, kdy nebyly respektovány vlivy vibrací, kmitání či klepání (chattering), jak ventilů, tak jejich pohyblivých částí. Jde o jev rychlého otevírání a zavírání pojistných ventilů a výsledné vibrace se přenášejí na připojené konstrukce a mohou tím způsobit vážné poškození a roztěsnění připojovacích přírubových spojů, hlavně ve spodní přírubě.

Pokud pojistný ventil vibruje a kmitá po delší dobu (řádově i minut), tak dochází k totálnímu zničení vnitřních částí ventilu a připojovacích částí tzn. komponent přírub a k nim připojeného potrubí. Zde jsou uvedeny hlavní faktory: správný design tzn. konstrukční provedení; správně stanovený odpouštěný výkon média a s tím související dimenze ventilů; jejich umístění tzn. dodržení zásad pro dimenzování vstupních a výstupních potrubí; zachycení sil a reakcí působících při otevírání ventilů; odstupňování otevíracích přetlaků pojistných ventilů v kaskádě, kdy je doporučen minimální tlakový rozdíl nastavení kaskády odstupňované o 0,1 MPa nebo 3 % z otevíracího přetlaku. Při takovém uspořádání chrání pojistný ventil s nižší nastavenou hodnotou tlaku (p) o stupeň výše nastavený pojistný ventil tím, že uvolní část hmotnostního průtoku a potlačí náhlé nárůsty tlaku v tlakovém systému nebo sestavě. Takové řešení rovněž zabrání konfliktnímu chování mezi ventily jako např. vibracím, tlakovým šokům atd., které by mohly nastat v případě současného otevírání použitých pojistných ventilů. Dalším nežádoucím vlivem působícím na pojistný ventil jsou dlouhá vstupní potrubí, kde vlivem velkého objemu média dojde k nestabilnímu průtoku až k pulzaci, která rozvibruje pojistný ventil a související konstrukci. Pojistný ventil je zařízení velmi citlivé na tlak, může dojít až k tomu, že registruje turbulence a tím přestane plnit svoji funkci z důvodu nestability jeho aktuálního stavu.

Na základě vyšetřování několika případů havárií pojistných ventilů byla data rozříděna a kriticky vyhodnocena s následujícími výsledky: kmitání pohyblivých částí pojistných ventilů a tím následná ztráta integrity pojistných ventilů a nežádoucí únik média; předdimenzování pojistných ventilů, kapacitní překročení o 25% proti vypočtené hodnotě; tlaková ztráta v přívodním potrubí je vyšší než 3 % otevíracího tlaku, kdy významná norma ČSN 13 4309 [10] doporučuje tuto hodnotu jako maximální tlakový pokles; tlaková ztráta ve výstupním potrubí je vyšší než povoluje výrobce pojistných ventilů; všechny pojistné ventily instalované na tlakovém zařízení v jednom místě nastaveny na stejný otevírací přetlak; dlouhé připojovací potrubí; vibrace dvou typů: stálé a přechodové dynamické; správné upevnění pojistných ventilů na nosné konstrukci.

5. Výsledky

Inspekce v praxi [11] ukázaly, že provozovatelům stále chybí systematicky vedené informace a přehled o tom, co v tlakových zařízeních v určité době někdo naistaloval, změnil či nastavil proti počátečnímu provoznímu stavu, tj. chybí technické podklady pro řízení jejich bezpečnosti. Přitom rostou výrobní kapacity linek, náklady na zařízení s dvojnásobnou kapacitou vzrůstají méně než dvojnásobně, intenzifikují se výrobní pochody (náročnější podmínky), zavádí se nepřetržitá výroba (s delším obdobím mezi plánovanými odstávkami/zarážkami), integrují se procesy (vzájemná provázanost procesů).

Aktuálnímu stavu techniky dnes nestačí jen samotná procesní bezpečnost, ale je nutno systematicky vyhledávat a řídit rizika, která mohou zařízení významně poškodit, a tím neustále snižovat pravděpodobnost havárií.

6. Návrhy opatření

Pro zlepšení postupů v praxi je potřeba u každého tlakového zařízení nutno určit podle konkrétních podmínek kritická místa zařízení, ve kterých zdrojem závažných havárií není paradoxně samotné tlakové zařízení, ale např. nesprávně navrhnuté nebo provedené pojistné ventily, anebo jejich nekvalitní údržba. Jelikož pojistné ventily jsou bezpečnostním systémem, tak při jejich selhání při provozu tlakového systému nebo lépe řečeno sestavy tlakových zařízení dochází obvykle ke zvyšování vnitřního tlaku až na úroveň otevíracího přetlaku pojistných ventilů. Pojistné ventily se mají pozvolna otevírat, a tím snižovat nežádoucí zvyšující se tlak a tím regulovat nebezpečné zatížení vnitřním tlakem nad provozní hodnotu, aby nedošlo ke ztrátě integrity a ohrožení jeho okolí.

Inspekce kritických míst, nejen pojistných ventilů, ale také dalších kritických částí tlakového zařízení musí být tak časté, aby zajistily bezpečnou a spolehlivou funkci bezpečnostních systémů každého tlakového zařízení. Intervaly údržby musí být stanoveny na základě pravděpodobnosti selhání, u nejvíce kritických položek je třeba uplatnit zásady preventivní údržby, inspekčních intervalů a vycházet historie zjištěných vad a následných oprav.

7. Závěr

Bez systematického přístupu k provádění údržby, inspekci a oprav tlakových zařízení na základě analýzy a vyhodnocení rizik, není možno zajistit jejich bezpečnost po dobu plánované životnosti.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [4] API. RP 581, *Risk-Based Inspection Technology, Section 7 Pressured Relief Devices*, American Petroleum Institute (API) Recommended Practice 581, 2nd ed., September 2008.
- [5] NOVOTNÝ, R. *Spolehlivost a diagnostika*. ISBN 80-214- 1993-8. Brno: VUT 2001, 159p.
- [6] IEC 61508-1, *Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností: Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut 2002.

- [7] REDMILL, F. IEC 61508: principles and use in the management of safety. *IEE Computing and Control Engineering*, 9 (1998), 10, pp. 205–13.
- [8] <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>
- [9] OIP. *Poznatky ze šetření závažných havárií*. Ústí nad Labem: Archiv OIP Ústeckého a Libereckého kraje.
- [10] ČNI. ČSN 13 4309, část 1 až 4, *Průmyslové armatury, Pojistné ventily*, Duben 1993, Praha: Český normalizační institut.
- [11] TÜV Rheinland Group. *Zprávy z inspekcí*. Praha: Archiv TÜV 2017.

INFORMACE

INFORMACE O METODĚ PRO ŘÍZENÍ RIZIK V PODNICÍCH

INFORMATION ON METHOD FOR MANAGEMENT OF RISKS IN BUSINESS

Jiří Kruliš^{*)}

Abstrakt: Odborníci na rizika se shodují, že managementu rizik stále není v mnoha našich organizacích věnována potřebná pozornost. Manažeři se hledáním hrozeb a jejich příčin systematicky nezabývají a ztrácejí pak čas hašením problémů, které vůbec nemusely vzniknout, kdyby proaktivně využívali osvědčené postupy identifikace a prevence rizik. Dobrý manažer včas rozpoznává nedostatky, které snižují výkonnost lidí a týmů, jejich motivaci a rozvoj potřebných schopností. Hrozby, které ohrožují pracovní procesy a mohou způsobovat nežádoucí události i závažné finanční ztráty. Které brání implementaci potřebných změn nebo využívání rizik jako příležitosti k zlepšování atd. Opakovaně potvrzovanou zkušeností je, že časové a finanční prostředky vynaložené na systematické hledání příčin a cest k jejich proaktivní prevenci se velmi rychle vrátí.

Klíčová slova: management rizik, procesní management, vedení lidí a týmů, spolehlivost lidského činitele, znalostní management, změnový management, identifikace hrozeb, kauzalita, proaktivita.

Abstract: Experts on risks agree that in many our organizations there it is still not given the necessary attention to the risk management. Managers do not systematically address threats and their causes, and they lose time by solving problems, that they would not be, if they proactively used proven risk identification and risk prevention techniques. A good manager recognizes in time the deficiencies, which reduce the performance of people and teams, their motivation and development of the necessary capabilities. Threats which threaten the working processes and can cause adverse events and serious financial losses. Which inhibit the implementation of the necessary changes or utilizing of risks as opportunities for improvement etc. Repeatedly confirmed experience is that time and money, which are spent on systematic finding causes and ways to their proactive prevention, will return very quickly.

Key words: risk management, process management, leadership of people and teams, human factors reliability, knowledge management, change management, threat identification, causality, proactivity.

Proč je podnikový management rizik tak důležitý?

Žijeme v prostředí plném rizik. Setkáváme se s nimi na každém kroku, ale zdaleka ne vždy si jich s potřebným respektem všimáme. O některých rizicích víme, potýkáme se s nimi, ale

^{*)} Ing., PhDr., krulis.j@gmail.com

neumíme se jich zbavit. Jiná rizika jsou schovaná, číhají. Čekají na svou příležitost. Když je cílevědomě nehledáme, dříve nebo později se dočkají.

Znovu a znovu potvrzovanou a přesto opomíjenou zkušeností je, že máme dvě možnosti, jak se k rizikům postavit: buď je včas poznat a snažit se jim předcházet, nebo spoléhat na štěstí a náhodu. Buď se chovat odpovědně, nebo žít v nejistotě. První možnost nám umožní optimalizovat cestu k úspěchu. Ta druhá skoro vždycky vede ke klopýtání, slepým uličkám, časovým ztrátám a ekonomickým škodám.

To, co rozhoduje o odolnosti podniků vůči vnitřním i vnějším rizikům, lze shrnout pod společný pojem: *management rizik* – aktivní, proaktivní, systematický...

Odborníci na rizika se shodují, že ve většině našich podniků stále není managementu rizik věnována dostatečná pozornost. Manažeři se hledáním hrozeb a jejich příčin systematicky nezabývají a ztrácejí pak čas hašením problémů, které vůbec nemusely vzniknout, kdyby management využíval osvědčené postupy identifikace a prevence rizik. Často se chovají podle hesla „Ono to nějak dopadne“ nebo „Určitě by se to dalo dělat líp, ale teď nemáme čas to měnit“ nebo „To se nám ještě nestalo, tak proč bychom se tím měli zabývat“. Zkušenosti a analýzy jednoznačně potvrzují, že nedostatky v managementu rizik jsou příčinou značných ekonomických škod. Přitom odstranění řady těchto nedostatků nevyžaduje zpravidla významné investice a naopak přináší rychlý efekt v důsledku nárůstu produktivity a spolehlivosti pracovních procesů. Nutné je však rizika systematicky a metodicky odhalovat - včas, proaktivně, ne až když k něčemu dojde. Analyzovat současná i budoucí rizika, identifikovat možné příčiny a vhodnými opatřeními snižovat pravděpodobnost nežádoucích událostí. A také se připravovat na jejich zvládnutí a snižování škodlivých následků.

Proaktivní management je opakem - ale i doplňkem - k běžně uplatňovaným přístupům reaktivním, které se zaměřují převážně na rozbor již nastalých poruch, selhání, nehod za účelem navržení opatření, která mají zamezit jejich opakování.

Globalizací ekonomiky narůstá počet konkurentů přicházejících každým dnem s novými produkty. Trh je dnes založen na dříve nepředstavitelné dostupnosti informací. Zkracuje se životní cyklus produktů i čas, který je k dispozici pro jejich vývoj a uvedení na trh. Důsledkem jsou nepřetržité a rychlé proměny – zákazníků, jejich požadavků a očekávání, dodavatelů a ostatních partnerů. A aby toho nebylo dost, zákonitě se neustále mění i vnitřní prostředí organizací. Život firem je nepřetržitým sledem změn a každá změna v sobě nese nová rizika. Procesní, organizační, personální změny přitom často bývají zaváděny živelně a lidé se jim přirozeně brání. A výsledek? Finanční ztráty a další nepříznivé důsledky jak pro podnik, tak pro jeho zaměstnance a další partnery. Spěch, konflikty, stresy. Trpí produktivita, konkurenceschopnost, kvalita... Proto je management rizik tak úzce propojen se změnovým managementem.

Ke znakům současného vývoje ekonomiky také patří posilování významu rizika jako příležitosti: nebezpečí, o kterém se včas dozvíme, kterému porozumíme, se stává dosud chybějícím podnětem ke změně a výzvou k akci. Poznané riziko může napomoci získat převahu nad těmi, kteří rizikům nevěnují dost pozornosti.

V čem mají naše podniky největší rezervy

Prvním zdrojem problémů je, že podniky nemají zavedeny vhodné metody, nástroje a postupy pro identifikování rizik a rizikových procesů.

Základem je dobrý přehled o všech podnikových procesech, které mohou způsobit nějaké problémy. Požadavkem číslo jedna zde je, že nestačí omezit se na ta rizika, která jsou tradičně

sledována, ale musí být důsledně a cílevědomě naplňována zásada maximální komplexnosti. Vždy je nutné cílevědomě se zaměřovat na rizika skrytá. Stále si připomínat tajemství chytré lišky z Malého prince A. de Saint-Exupéryho: „Co je důležité, to oči nevidí“. Mnohokrát ověřenou zkušeností je, že každé opomenutí může znehodnotit výsledky jak prováděných analýz, tak i následně uplatněných opatření.

Na komplexní identifikaci procesů a rizik musí navazovat hledání, hodnocení a optimalizace faktorů, vlivů, podmínek, které podnikové procesy ovlivňují. Nebo mohou ovlivňovat. To vše musí být bez odkladu využíváno pro návrh a realizaci účinných nápravných a preventivních opatření.

Ve svém myšlení rádi upřednostňujeme redukcionistický přístup, který nabízí snadněji uchopitelné představy (modely) o skutečnosti, založené na vysvětlování komplexních jevů jejich redukcí na dílčí části. Určitý stupeň zjednodušování je většinou nevyhnutelný, ale nepřijatelné jsou ty přístupy, které považují jednostrannou reflexi za všeplatnou a které opomíjí skutečnost, že rizika se vzájemně synergicky kombinují. A že vytváří kauzální řetězce - viz domino efekty, lavinové efekty, cykličnost dějů („začarovaný kruh“), efekty „poslední kapky“ atd. Identifikace rizik proto vyžaduje schopnosti vidět je celostně a chápat kauzální řetězce příčin a následků. Jako komplexní systém.

Důsledkem absence komplexního, celostního, systémového přístupu je často se vyskytující tendence vysvětlovat nedostatky, selhání i nehody jednotlivými izolovanými příčinami, zpravidla buď technickými, nebo jindy zase konkrétními chybami lidí a nepřemýšlí se o jejich příčinách a vzájemných souvislostech: Co zavinilo technické selhání? Co bylo příčinou selhání lidského činitele? A často se vznik selhání svádí na náhodné události nebo na neovlivnitelné faktory. Zapomíná se, že ignorování meziprocesních vazeb vede k nepodloženým rozhodnutím a neúčinným opatřením.

Rozdělení (strukturace) celku na části je na jedné straně většinou nutné, na straně druhé bývá spojeno s nebezpečím opomenutí kontextu, souvislostí, interakcí, bez jejichž uvědomění nemůže být daný celek, resp. jeho chování, pochopeno. Strukturovaný a celostní přístup musí vždy být dvěma stranami téže mince. Analytické postupy by vždy měly být založeny na vyvážení redukcionistického a celostního pojetí. A na vědomí, že jakákoliv redukce musí být následována návratem ke komplexnímu pohledu.

Další častou chybou je, že rozhodování manažerů bývá ovládáno přehnanou důvěrou v obecně tradované předpoklady, případně všeobecně přijímané prognózy (zejména ekonomické, tržní, finanční). Důsledkem je, že není věnována pozornost dalším možným scénářům, a to jenom proto, že nejsou v souladu s přijatou prognózou.

Nebezpečné je i podléhání víře, že na tom, co zatím funguje, není co zlepšovat („Když tahle závada dodnes žádnou nehodu nezpůsobila, nezpůsobí ji ani tentokrát.“). A nejen to. Lidé mají přirozenou tendenci na rizika si zvykat; i na opakující se odchylky od požadovaného průběhu.

Přesto často manažeři říkají, že na systematictější odhalování a odstraňování rizik právě nemají čas, že musí přednostně řešit to, co nejvíc pospíchá. Zapomínají na dvě znovu a znovu potvrzované pravdy:

1. Nic se neděje bez příčiny.
2. Prevence je zpravidla levnější a časově méně náročná než napravování způsobených škod.

Klíčová role lidských zdrojů

Dalším axiomem managementu rizik je: prakticky každá porucha procesů je primárně způsobena nějakou závadou v jednání lidského faktoru. Důslednou analýzou selhání, nehod nebo jiných nežádoucích událostí, je nakonec vždy zjištěno, že někdo z přímo nebo nepřímo zúčastněných nevykonal všechny své činnosti, nesplnil všechny svěřené úkoly na sto procent.

Zjištění, že některý člověk udělal chybu, že někteří lidé se podíleli na selhání procesů, však nesmí být interpretováno jako odhalení „viny“. Navazujícím krokem musí být odhalení příčin toho, že k té chybě došlo. Stále opakovaným omylem je uzavřít šetření nežádoucích událostí diagnózou např. typu „chyba personálu“. Takové závěry poukazují na nedostatečné metodické schopnosti a nesystémové myšlení. Obecně platí, že prakticky pro každou chybu člověka lze najít příčiny, jejichž vznik předcházela danému selhání lidského činitele. Každé selhání je důsledkem (příznakem, vnějším projevem) hlubších příčin. Jen velmi malé procento chyb pracovníků nemá svou původní příčinu v procesech řízení. Velmi často se jedná o příčiny dlouhodobě existující a přehlížené. Konkrétní chyba člověka je tedy pouze symptomem, čili důsledkem nějakých jiných, hlubších příčin, nejčastěji z oblastí procesního a změnového managementu, vedení a rozvoje lidí, pracovních podmínek, firemní kultury, komunikace apod.

Jak rizika analyzovat

Vznik nežádoucích událostí často začíná dílčí, zdánlivě nevýznamnou odchylkou od normálního nebo optimálního stavu. Sekvenční povaha procesů je důvodem, že vždy dochází k řetězení dějů, na jejichž konci může být závažná porucha hlavních procesů. Cílem analýz musí být zjišťovat ne až důsledky, ale kořenové příčiny (root cause) těchto odchylek a jejich vzájemných interakcí. A to i těch, které se na první pohled mohou zdát nevýznamné, ale v kombinaci mohou získávat vysoce rizikový potenciál, jímž mohou zapříčinit závažné poruchy i hlavních a kritických procesů.

Kořenové příčiny rizik nebo selhání jsou příčiny, jejichž odstraněním (nebo zabráněním, aby škodily) lze předejít dalším rizikům, selháváním atd. nebo alespoň snížit jejich pravděpodobnost či důsledky. Předpokladem je, že tyto příčiny jsou odhalitelné (za daných okolností) a ovlivnitelné a mohou tedy být použity pro prevenci a zvládnutí rizik.

Je užitečné provádět kauzální rozbor sledu událostí, které poskytují možnost zpřehlednit vznik nehodového děje pomocí různých metodických postupů, jako jsou stromy poruch, selhání a událostí (Fault Tree, Event Tree Analysis) a různé formy vývojových diagramů (flow charts, Išikawův diagram příčin a následků „Rybí kost, diagram motýlek atd.). Tyto metody mají své významné místo mezi technikami šetření, ale někdy mohou svádět k nežádoucímu zjednodušování a k tendenci považovat popsanou sekvenci za obecně platnou. Lékem zde je trvalé uvědomování si toho, že různé události a podmínky se objevují v různých kombinacích, svou roli může sehrát i náhoda (např. časový souběh), a že výsledná sekvence událostí může vždy mít řadu variant. Formulace opatření, zaměřených na prevenci jedné konkrétní sekvence mohou být zavádějící.

Obdobné je to s využitím dalších metod, jako je model EFQM, SIX SIGMA, FMEA (Fault Modes and Effects Analysis), analýza SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), TOR (Technic of Operation), THERP (Technique for Human Error Rate Prediction), HAZOP (Hazard and Operability Study), analýzy „Co se stane, když ...“, MORT (Management Oversight and Risk Tree), CRT (Current Reality Tree), MES (Multiple Events Sequencing), ECFC (Events and Causal Factors Charting), HTA (Hierarchical Task

Analysis), TTA (Tabular Task Analysis), RCA (Root Cause Analysis), SHARP (Systematic Human Action Reliability) atd.

Metoda IPR- Identifikace procesů a rizik

Ke komplexním rizikovým analýzám procesů a procesních sítí jsou proto nejvhodnější metody založené na kontrolních seznamech potenciálních rizik a jejich příčin. Účelem zde je, aby žádné z potenciálních rizik a žádná z jejich možných příčin, žádný nedostatek, žádná skrytá hrozba nezůstaly opomenuty. Potřeba takové celostní identifikace rizik v podnikové praxi byla podnětem pro vývoj softwarové metody IPR - Identifikace Procesů a Rizik (<http://www.management-rizik.cz/>), jejímž cílem je poskytnout návod a podklady pro to, aby potenciální rizika byla analyzována komplexně a systematicky tak, aby nezůstaly opomenuty žádné významné příčiny potenciálních hrozeb. Struktura kontrolního seznamu je dána základními oblastmi (složkami) managementu: management procesní – strategický – management rizik – lidských zdrojů – bezpečnostní – kvality – informační a znalostní – změnový – finanční – produktový – marketingový a obchodní – krizový – environmentální – controlling – vedení lidí – rozvoj LZ – pracovní podmínky – motivační systém – podniková kultura.

Toto jsou hlavní cíle metody:

1. Identifikovat rizikové procesy a faktory.
2. Klasifikovat je podle závažnosti, resp. urgentnosti nápravných a preventivních opatření.
3. Odhalit potenciální příčiny rizik, selhání, procesních nedostatků, výkonu lidí atd.
4. Uspořádat rizikové procesy a faktory do logické a přehledné struktury – hierarchické seznamy (katalog rizik), grafy.
5. Shromáždit popisy rizik a nedostatků jako podklad jednak pro zavádění a zlepšování managementu rizik, jednak pro formulaci nápravných a preventivních opatření a pro jejich realizaci (karty rizik).

Důraz na proaktivní vedení lidí

Management, který ví, kam směřuje, se od těch ostatních pozná podle toho, že má zformulovány a vyhlášeny podnikové cíle, a že hledá a vylepšuje cesty k jejich naplnění. V manažerské terminologii: má zpracované podnikové poslání, politiky, strategie. To ale ještě nestačí. Musí mít zavedený systém monitorování toho, jak jsou cíle plněny a která rizika mohou jejich plnění ohrozit. Příkladem je monitorování a analyzování skoro nehod, tedy mimořádných událostí, které nevedly k nežádoucím následkům – buď více či méně shodou okolností nebo včasným zásahem lidí či techniky.

A další příklady pilířů proaktivního managementu, které spadají do oblasti vedení lidí:

Znalostní management, čili to jak jsou mapovány a zajišťovány potřebné znalosti a jejich deficity, jaká je podpora jejich opatrování, sdílení, využívání...

V organizaci musí být průběžně delegovány úkoly, povinnosti, odpovědnosti a pravomoci. Musí být podporována motivace zaměstnanců k jejich naplňování. Současný boj firem o zaměstnance se odráží nejen na růstu mezd, ale také na rozšíření nabídky benefitů. Často ale bývá podceňován vliv stylu vedení lidí, to jak management se zaměstnanci komunikuje, jak podporuje jejich spokojenost, jak je hodnotí a kontroluje, jak využívá dosažené přínosy, jak

zlepšuje pracovní podmínky, jaké vytváří příležitosti pro seberealizaci, pro rozvoj schopnost...

Důležitou složkou vedení lidí je vytváření týmů. Hlavním smyslem týmů jsou jejich synergické přínosy. Rozhodujícími faktory jsou přitom zejména složení týmu, rozdělování týmových rolí a efektivní komunikace (prevence a řešení konfliktů, vedení porad...).

Do oblasti leadershipu a motivace dále patří nedostatky při formování podnikové kultury - nepříznivá kultura má závažné negativní vlivy na jednání zaměstnanců, jejich motivaci, postoje, etiku, uznávané priority, sociální atmosféru, myšlení, loajalitu atd.

Závěr

Podnik, který se v každodenní praxi nezabývá systematickým a proaktivním hledáním potenciálních hrozeb a jejich příčin, je plachetnicí bez kormidla na rozbouřeném moři. Autem, na které za každou zatačkou číhá nebezpečí. Proč za zatačkou? Protože tam řidič nevidí.

Literatura

KRULIŠ, Jiří: *Jak vítězit nad riziky*. Linde Praha, 2011. ISBN 978-80-7201-835-2

Titul:	Řízení rizik procesů spojených s technickými díly
Editor:	Doc. RNDr. Dana Procházková, CSc., DrSc.
Recenzenti:	Doc. Ing. Václav Beran, CSc., DrSc.. Doc. RNDr. Jiří Demel, CSc. RNDr. Jan Procházka, Ph.D.
Vydavatel:	ČVUT v Praze
Forma	Elektronická DSPACE
Počet stránek:	481
Rok vydání:	2018

Odborné připomínky k článkům vypořádali autoři ve spolupráci s editorem. Editor dále provedl formální úpravy, uspořádání textu a základní jazykové korekce.

ISBN: 978-80-01-06515-0