

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Jan David

Rizika spojená s Nuselským mostem a jejich vypořádání

Diplomová práce

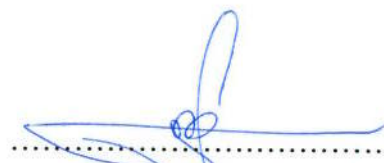
2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne



podpis



K623 Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan David

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LO – Logistika, technologie a management dopravy

Název tématu (česky): **Rizika spojená s Nuselským mostem a jejich vypořádání**

Název tématu (anglicky): Risks Connected With The Nusle Bridge and Their Trade-off

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Úvod
- Soubor poznatků o rizicích kritických dopravních staveb a jejich dopadech
- Data o Nuselském mostě
- Metody zpracování dat založené na rizikovém inženýrství
- Vyhodnocení rizik a jejich řízení
- Plán řízení rizik
- Závěr
- Seznam literatury

- Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: D. Procházková: Krizové řízení pro technické obory. ČVUT, Praha 2013; Analýza a řízení rizik. ČVUT, Praha 2011; Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury. ČVUT, Praha 2013, 223p.; Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství. ČVUT, Praha 2011, 369p.; Bezpečnost kritické infrastruktury. ČVUT, Praha 2012, 318p.
- Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Danuše Procházková, DrSc.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2014**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2015**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Václav Jirovský, CSc.
vedoucí
Ústavu bezpečnostních technologií a inženýrství




prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Bc. Jan David
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 15. dubna 2014

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval doc. RNDr. Danuši Procházkové, DrSc., vedoucí mé diplomové práce, za cenné rady, odborné vedení a podnětné připomínky při zpracování diplomové práce.

Název práce: Rizika spojená s Nuselským mostem a jejich vypořádání

Autor: Bc. Jan David

Univerzita: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní

Obor: LO – Logistika, technologie a management dopravy

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Danuše Procházková, DrSc.

Abstrakt: Cílem diplomové práce „Rizika spojená s Nuselským mostem a jejich vypořádání“ je stanovení dopadů a řízení rizik pro vybrané pohromy. Práce vychází z konceptu integrální bezpečnosti, a proto se zaměřuje na více chráněných aktiv najednou, které dohromady zajišťují bezpečí a udržitelný rozvoj lidí. K identifikaci kritických míst je provedena rekognoskace terénu v okolí sledovaného mostu, na kterou navazuje What – If analýza. Předmětnou analýzou určíme možné dopady na chráněná aktiva pro všechny vybrané pohromy. Posledním krokem je plán řízení rizik a návrh opatření na zvýšení bezpečnosti Nuselského mostu.

Klíčová slova: bezpečnost, bezpečí, kritická dopravní infrastruktura, integrální bezpečnost, dopad, What – If analýza, řízení rizik.

Name of Work: Risks connected with Nusle Bridge and their Trade-off

Author: Bc. Jan David

University: Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences

Study field: LO – Logistics, Technology and Management in Transportation

Head of work: Doc. RNDr. Danuše Procházková, DrSc.

Abstract: The aim of Diploma's Thesis "Risks connected with Nusle Bridge and Trade-off with them" is assessment of impacts and risk management for selected disasters. The Thesis coming - out from the integral safety concept and focuses on complex of protected assets, which all together establish the security and development of humans. For identification of critical spots it is performed investigation of vicinity of observed bridge which is followed by the What – if analysis. By this analysis we determine possible impacts on protected assets for all selected disasters. Final step is the risk management plan and proposal of measures for increase of level of the Nusle Bridge safety.

Key words: safety, security, critical traffic infrastructure, integral safety, impact, What – If analysis, risk management.

Obsah

Seznam zkratk	10
Úvod	11
1. Soubor poznatků o rizicích kritických dopravních staveb a jejich dopadech	12
1.1. Základní pojmy spojené s řízením bezpečnosti	12
1.2. Integrovaná bezpečnost	14
1.3. Systémové pojetí reality	15
1.3.1. Systém	15
1.3.2. Systém systémů	17
1.4. Pohromy	19
1.4.1. Rozdělení pohrom	19
1.4.2. Zemětřesení	22
1.4.3. Teroristický útok	23
1.4.4. Vichřice	24
1.5. Kritická infrastruktura	25
1.6. Mosty a zemětřesení	26
2. Data pro posouzení ohrožení Nuselského mostu v případě výskytu vybraných pohrom	28
2.1. Popis mostu	28
2.2. Technické údaje o stavbě mostu	29
2.3. Data o vybraných pohromách (zemětřesení, vichřice, teroristický útok)	31
2.3.1. Zemětřesení	31
2.3.2. Data o vichřici	35
2.3.3. Data o teroristických útocích	35
3. Metody zpracování dat	36
3.1. Analýza, syntéza, hodnocení, dedukce	36
3.2. What-if analýza	37

3.3.	Matice odpovědnosti.....	39
3.4.	Určení velikosti maximální očekávané pohromy	39
3.5.	Metoda rekognoskace	41
4.	Ocenění rizik pro vybrané pohromy.....	43
4.1.	Ohrožení mostu při velkém zemětřesení	43
4.2.	Stanovení dopadů pro vybrané pohromy.....	48
4.2.1.	Stanovení dopadů pro zemětřesení.....	51
4.2.2.	Stanovení dopadů pro vichřici.....	55
4.2.3.	Stanovení dopadů pro teroristický útok	57
5.	Plán řízení rizik	61
5.1.	Návrh obecných opatření pro konkrétní dopady	61
5.2.	Plán řízení rizik pro vybrané pohromy	63
5.3.	Matice odpovědnosti pro odvrácení nebo zvládnutí odezvy na teroristický útok	65
	Závěr.....	67
	Seznam použité literatury	68
	Seznam obrázků	70
	Seznam tabulek	71

Seznam zkratk

ČR	Česká Republika
D1	Označení dálnice
MSK-64	Stupnice dle Medvedev, Sponheur, Kárník
NEIS	Mezinárodní světové seismologické centrum
PST	Pravděpodobnost
SoS	System systémů
USA	Spojené Státy Americké
USK	Univerzitní sportovní klub

Úvod

Práce se zabývá problémy bezpečnosti vybrané dopravní stavby. Nuselský most je z dopravního hlediska velmi významnou stavbou. Vzhledem k situování do Nuselského údolí je součástí důležité dopravní tepny hlavního města Prahy spojující Karlov s Pankrácem. Je unikátní nejen svým nadčasovým designem, ale také využitím. Vrchní část mostu využívá automobilová doprava, uvnitř mostu je tubus pro provoz metra. Díky velké dopravní vytíženosti a geografické poloze by v případě výskytu velké pohromy došlo k rozsáhlým nepřijatelným dopadům na chráněná aktiva. Diplomová práce využívá konceptu integrální bezpečnosti, což znamená, že se zaměřuje na celý soubor chráněných aktiv, která jsou důležitá pro plynulý a bezpečný život obyvatel. Mezi chráněná aktiva patří životy a zdraví lidí, bezpečí lidí, majetek, veřejné blaho, životní prostředí a infrastruktura a technologie [1].

Cílem práce je u vybraných pohrom, kterými jsou zemětřesení, teroristický útok a vichřice, analyzovat jejich dopady, na jejich základě navrhnout opatření a činnosti k ochraně lidí a zajištění jejich bezpečí. Pro teroristický útok a vichřici byly stanoveny dopady a plán řízení rizik, zatímco u zemětřesení byla určena také velikost ohrožení. Velikost ohrožení bylo možné vypočítat za použití katalogu obsahujícího relevantní data o zemětřesení ve střední Evropě.

Metodika diplomové práce spočívá v:

1. Pochopení konceptu integrální bezpečnosti a ve shromáždění poznatků o rizicích kritických dopravních staveb a jejich dopadech.
2. Sběru dat pro posouzení ohrožení a rizik Nuselského mostu.
3. Charakteristice použitých metod pro zpracování dat.
4. Určení hodnot ohrožení a dopadů pro vybrané pohromy
5. Plánu řízení rizik.

1. Soubor poznatků o rizicích kritických dopravních staveb a jejich dopadech

Pro zajištění lidského bezpečí je třeba zajistit bezpečí a rozvoj veřejných aktiv, kterými jsou životy, zdraví a bezpečí lidí, veřejné blaho, majetek, životní prostředí, technologie a infrastruktura [1]. Mezi kritické infrastruktury a technologie patří dopravní stavby, a proto jim je věnována speciální pozornost. Dále budou sledovány základní aspekty, které jsou nutné pro zajištění bezpečnosti dopravních staveb.

1.1. Základní pojmy spojené s řízením bezpečnosti

Řízení bezpečnosti stejně jako kterýkoliv jiný složitý obor vyžaduje přesnou a jednoznačnou terminologii. V případě, že by nedošlo k vymezení základních pojmů v takto složitém systému, zvyšuje se pravděpodobnost chybné interpretace mezi specialisty z různých oblastí působnosti. Předmětná diplomová práce se zabývá řízením integrálního rizika s cílem dosáhnout integrální bezpečnosti. Tabulka 1 obsahuje výčet pojmů, které jsou ve světě všeobecně přijímány [1].

Tabulka 1: Seznam základních pojmů [1]

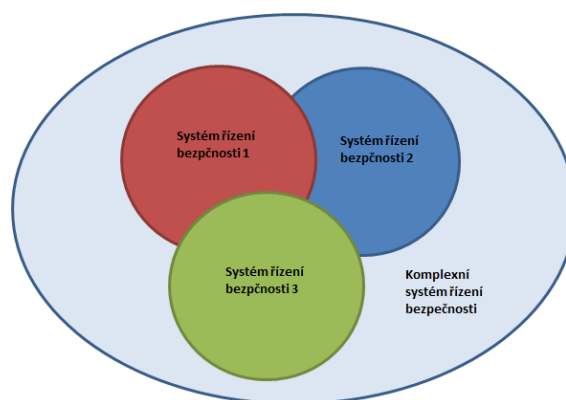
Pojem	Definice
Základní funkce státu	Zajistit bezpečí chráněných veřejných zájmů (aktiv) a udržitelný rozvoj státu.
Chráněné zájmy (aktiva) státu	Aktiva, která jsou prioritně ochraňována (životy, zdraví a bezpečí lidí, veřejné blaho, majetek, životní prostředí, technologie a infrastruktura).
Lidský systém	Minimální prostor pro život člověka a lidskou společnost (lidé, životní prostředí nezbytné pro život lidí, majetek, infrastruktura, technologie a vazby a toky mezi těmito prvky).
Chráněné zájmy (aktiva) lidského systému	Komponenty, vazby a toky v lidském systému, které jsou nutné pro jeho bezpečí a udržitelný rozvoj.

Bezpečí	Stav lidského systému, při kterém má vznik újmy na chráněných zájmech přijatelnou pravděpodobnost (je téměř jisté že nevznikne újma).
Nebezpečí	Stav lidského systému, při kterém má vznik újmy na chráněných zájmech nepřijatelnou pravděpodobnost (je téměř jisté že vznikne újma).
Bezpečnost	Soubor opatření a činností k zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje lidského systému.
Nebezpečnost	Soubor vlastností a charakteristik prvků, látek, pohrom, procesů a činností, které na chráněných zájmech působí nebo za jistých podmínek mohou působit újmu.
Škoda	Újma na chráněných aktivech, kterou lze vyjádřit v penězích.
Zranitelnost	Náchylnost chráněného zájmu ke vzniku škody.
Dopad	Nepříznivý účinek (působení) jevu v daném místě a čase na chráněné zájmy.
Nepřijatelný dopad	Dopad, který může způsobit nebo způsobí škodu na jednom či více chráněných zájmech.
Pohroma	Jev, který vede nebo může vést k újmě a značné škodě na chráněných zájmech.
Ohrožení	Soubor maximálních dopadů pohromy, které lze očekávat v daném místě za specifikovaný časový interval s danou pravděpodobností.
Riziko	Míra nepřijatelných dopadů způsobených pohromou o velikosti rovné hodnotě ohrožení.
Hrozba	Míra výskytu útoku (teroristického nebo vojenského) v daném místě.

1.2. Integrální bezpečnost

Integrální bezpečnost je koncept, který zajišťuje bezpečí a udržitelný rozvoj entity, u které je několik nesouměřitelných aktiv. V daném pojetí se nelze zaměřovat pouze na jedno chráněné aktivum, nýbrž na celý soubor aktiv, která jsou důležitá pro člověka. Do souboru můžeme zařadit lidské životy a zdraví, majetek, veřejné blaho, infrastrukturu a technologie a v neposlední řadě také v posledních letech hodně diskutované životní prostředí [2]. Je třeba nahlížet na problém jako na celek a nezaměřovat se pouze na opatření, která by chránila pouze jedno aktivum, které by mohlo mít nepříjemný dopad na ostatní aktiva a tím tak zvyšovala riziko celého systému. V moderním pojetí se předpokládá, že systém je otevřený, a tudíž jsou možné interakce samotného systému s jeho okolím. Integrální bezpečnost otevřeného systému lze charakterizovat jako nástroj člověka, kterým zajišťuje svoji ochranu proti vnitřním i vnějším pohromám, které působí na systém, a zároveň zajišťuje, že systém neohrožuje své okolí ani za kritických podmínek. Řízení integrální bezpečnosti z pohledu člověka, který řídí, ovládá nebo provozuje systém, je proces dynamický a zaměřuje se jak na vnitřní proměnné podmínky systému, tak i vnější proměnné podmínky v okolí systému [2].

Na obrázku 1 je vidět schéma komplexního systému řízení bezpečnosti, který využívá dílčí systémy řízení bezpečnosti. Dílčí systémy pracují jak samostatně, tak spolupracují mezi sebou a různé operace v jednom systému mohou podmiňovat operace v jiném systému, tedy jejich chování je vzájemně závislé. Cílem komplexního systému je správné vyhodnocování jednotlivých situací a navržení efektivního a racionálního řešení, které vede k dobrým výsledkům [2].



Obrázek 1: Schéma komplexního systému řízení bezpečnosti zpracováno dle [2]

1.3. Systémové pojetí reality

Dále se budeme zabývat definicí systému a pojetím modifikace, kterou nazýváme systém systémů.

1.3.1. Systém

Systém je neprázdná účelově definovaná množina prvků, vazeb a toků mezi prvky, která vykazuje jako celek určité vlastnosti a chování v čase a prostoru. Vůči okolí vystupuje systém jako celek. Charakteristické znaky systému zůstávají pro určitou dobu a v určitém prostoru konstantní, a proto je lze pozorovat a popsat [3]. Charakteristiku systému můžeme vyjádřit pomocí jeho částí, kde sledujeme prvky, vazby mezi prvky (přímé, nepřímé, zpětné, zprostředkované) a toky (finanční, materiální, lidské, zbožové, a jiné).

Systémy lze dělit dle různých kritérií [3]:

1. Dle charakteru:

- organické,
- živoucí,
- technické,
- organizační,
- informační,
- servisní,
- dopravní,
- zdravotnické.

2. Dle struktury:

- měkké (obtížně strukturované, k popisu slouží heuristiky),
- tvrdé (jasně strukturované, k popisu slouží exaktní algoritmy),
- smíšené (k popisu slouží stochastické algoritmy).

3. Dle složitosti:

- jednoduché,
- složené,
- složité (komplexní).

4. Dle chování:

- stabilní,
- nestabilní,
- učící se,
- s umělou inteligencí,
- kontrolní,
- regulační,
- rozhodovací (řídící),
- dopravní,
- obslužné a výrobní.

5. Dle architektury:

- lineární,
- paralelní,
- stromové,
- síťové.

Jsou systémy, jejichž chování člověk může určit, a pak jsou takové, jejichž chování člověk určit nemůže. Mezi systémy, jejichž chování člověk určit nemůže, patří například systém lidského těla, životního prostředí nebo solární systém. Systémy, které je člověk schopen ovládat, tj. do určité míry řídit, mají za cíl, aby [3]:

- fungovaly co nejdéle, a to bez závad nebo s jen malým počtem závad,
- co nejlépe plnily požadované funkce,
- byly co nejlevnější,
- spotřebovaly co nejméně energie a surovin,
- neohrožovali ani sebe ani své okolí,
- neprodukovaly velké množství nebezpečného odpadu.

Každý systém má strukturu, mechanismus řízení nebo chování. Jeho obecné vlastnosti mohou být například [3]:

- koherentnost (změna prvku vyvolá změnu ve všech ostatních prvcích),
- samostatnost (opak koherentnosti, změna prvku nevyvolá změnu ve všech ostatních prvcích),
- kompatibilita (soubor podmínek, za kterých se dva a více systémů mohou podílet na společných činnostech),

- centralizace (dominance jednoho prvku nad ostatními),
- ekvifinalita (schopnost systému dosáhnout cíle z různých výchozích stavů),
- operability (soubor podmínek, za kterých je systém bezpečný, spolehlivý a funkční).

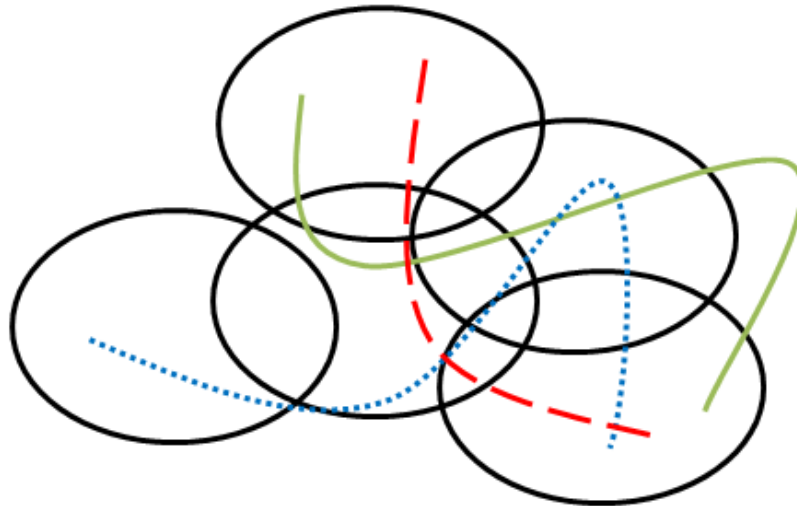
1.3.2. Systém systémů

Systém systémů je uspořádání otevřených systémů, které jsou mezi sebou provázané a svoji součinností se, za pomoci nejrůznějších operací a činností, zajišťují dosažení daného cíle [3]. Abychom mohli přesněji definovat pojem je nejprve nutné přesně určit samotný systém.

Pojem systém systémů vychází z anglického System of Systems (SoS), a jak je uvedeno na začátku kapitoly, skládá se z několika systémů různé povahy [4]. Existuje zásadní odlišnost mezi složitým systémem a SoS, která tkví v tom, že složitý systém se skládá z velkého počtu prvků s nelineárními interakcemi a kauzálními smyčkami, ale nemá části, které mohou fungovat samostatně jako u SoS [3]. Vzájemná provázanost systémů pochopitelně působí různé závislosti, a proto neplatí, že bezpečnost jednotlivých systémů se rovná bezpečnosti SoS. Je třeba brát v potaz i rizika nacházející se mezi jednotlivými systémy (průřezová rizika), které jsou na úrovni toků a vazeb. Proto u systému systémů je pro řízení rizik vhodný koncept integrální bezpečnosti [4]. Charakteristické vlastnosti systému systémů jsou podle [4]:

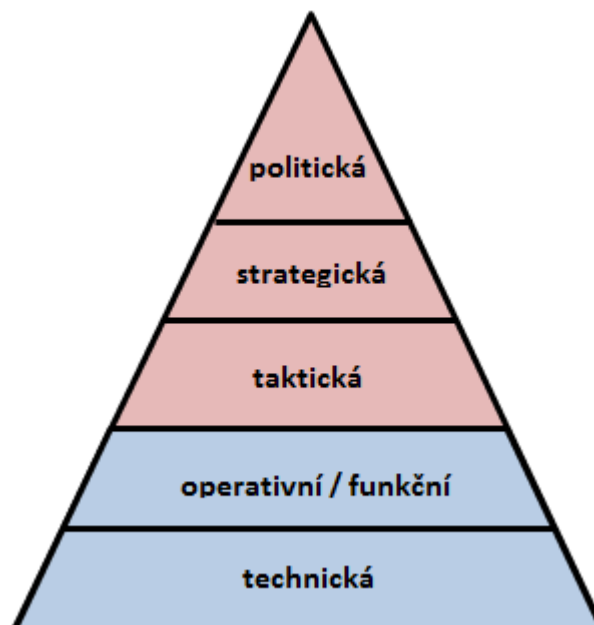
- nelinearita (SoS nelze rozdělit na samostatné dílčí části, ale existuje provázanost), hierarchie a vnořování systémů,
- vnitřní, samo organizující kauzalita (determinismus),
- dynamická stability (citlivost na počáteční podmínky),
- katastrofické nebo chaotické chování (nepředvídatelné nebo aperiodické chování).

Na obrázku 2 je vidět schéma systému systémů, na kterém jsou znázorněny vazby a toky mezi jednotlivými systémy. Bezpečnost souboru otevřených a vzájemně se prolínajících systémů uspořádaných tak, aby součinně plnily určité úkoly, závisí především na řízení integrálního rizika, a to hlavně rizik spojených s toky a vazbami. Výběr vhodné strategie pro zmírnění rizika je velmi složitý úkol, který při selhání může znamenat výrazné snížení produktivity, výnosnosti a nákladovosti systému [4].



Obrázek 2: Schéma systému systémů s vyznačenými toky a vazbami, zpracováno dle [4]

U řízení rizik SoS se rozhoduje tak, jako u všech ostatních záležitostí, na několika úrovních (obrázek 3). Faktická opatření podporující bezpečnost se dělají na úrovni technické nebo na úrovni funkční. Pro aplikaci účinných opatření je však nutná podpora řídicích úrovní (taktická, strategická, politická) [4].



Obrázek 3: Úrovně řízení a vypořádání rizik, zpracováno dle [4]

1.4. Pohromy

Pohroma je událost, která závažně narušuje funkčnost společnosti a vede ke ztrátám, škodám a újmám na chráněných zájmech (osoby, majetek, životní prostředí, společnost, stát). Neschopnost vypořádat nepřijatelné dopady může vést k rozpadu lidského systému, tj. k rozpadu civilizací [5].

1.4.1. Rozdělení pohrom

Dělení pohrom dle příčin [6]:

1. Živelní a jim podobné pohromy (výsledky planetárních a vesmírných procesů a jevy, vznikající bez účasti člověka, které nelze řídit na základě přání). Tyto se dále dělí na přírodní pohromy (projev planety Země a jejího okolí s dopadem na chráněná aktiva) a pohromy v životním prostředí (pohromy, spojené s procesy v životním prostředí). Příklady jsou v tabulce 2 a tabulce 3.

Tabulka 2: Přírodní pohromy [6]

Laviny	Tropická cyklona
Nadměrná horka	Přivalové deště
Nadměrné mrazy	Krupobití
Sucho	Blesk
Protržení hrází	Písečné nebo prachové bouře
Povodně (záplavy)	Výrony plynů ze zemského nitra
Tsunami	Kosmické záření
Zemětřesení	Eroze krajiny v důsledku geologických a klimatických procesů
Sopečná erupce	Klimatická změna
Sesuvy svahů	Rychle poklesy podloží
Řícení skal	Rozšiřování oceánů
Lesní požáry	Pád kosmických těles (meteoritů)
Vichřice, smršť	Přistání mimozemšťanů, dopady erupcí hmoty nebo záření v kosmu

Tabulka 3: Pohromy v životním prostředí [6]

Nemoci rostlin (epifytie)
Nemoci zvířat (epizootie)
Nemoci lidí
Útoky hmyzu
Hladomor

2. Pohromy mající původ v lidské společnosti a v chování lidí (pohromy jako výsledky procesů, které probíhají v člověku). Dělíme je na neúmyslné poruchy chování, úmyslné činy lidí. Příklady jsou v tabulce 4 a tabulce 5.

Tabulka 4: Neúmyslné poruchy chování [6]

Asociální chování a porucha osobnosti
Lidské chyby

Tabulka 5: Úmyslné činy lidí [6]

Teroristické útoky
Lokální a další ozbrojené konflikty
Válka
Zneužití technologií

3. Technologické pohromy (výsledky procesů a činností instalovaných lidmi, přičemž člověk je schopen ovlivnit jejich výskyt). Podskupiny těchto pohrom jsou: Nehody, skoronehody a havárie; selhání infrastruktur; selhání technologií. Příklady jsou v tabulce 6, tabulce 7 a tabulce 8.

Tabulka 6: Nehody, skoronehody a havárie [6]

Průmyslová havárie
Radiační havárie
Havárie při přepravě či skladování nebezpečných látek
Dopravní nehoda
Porušení stability podloží vlivem vibrací
Radiační havárie
Havárie při dopravě
Havárie biotechnologií

Tabulka 7: Selhání infrastruktur [6]

Pohroma v ekonomice
Pohroma v územní infrastruktuře
Pohroma v kybernetické infrastruktuře
Pohroma v infrastruktuře služeb, zásobování a spojení

Tabulka 8: Selhání technologií [6]

Technologická selhání dodavatelských řetězců
Nesprávné hospodaření s odpady

4. Pohromy vyvolané odezvou planety a životního prostředí na antropogenní činnosti (nežádoucí interakce planety Země a životního prostředí, které prokazatelně ohrožují lidskou společnost). Příklady jsou v tabulce 9.

Tabulka 9: Pohromy vyvolané odezvou planety a životního prostředí na antropogenní činnosti [6]

Indukovaná zemětřesení
Narušení ozonové vrstvy
Skleníkový efekt
Umělé ionizující záření
Kontaminace ovzduší, vody, půdy nebo horninového prostředí
Rozšiřování pouští
Pokles diverzity živočišných a rostlinných druhů
Neřízená populační exploze lidí
Migrace velkých skupin lidí
Postupné vyčerpání neobnovitelných zdrojů
Eroze půdy a horninových masivů jako reakce na antropogenní činnosti

5. Pohromy jako důsledky vnitřních závislostí (pohromy jako výsledky procesů spojených s realizací pro člověka nežádoucích vnitřních závislostí v lidském systému a jeho okolí). Tyto pohromy se dále dělí na: pohromy vyvolané změnami ve stabilitě přírody (na základě přirozeného vývoje dochází k různým změnám) a pohromy vyvolané změnami ve stabilitě lidské společnosti (narušení vyvážených vztahů v lidské společnosti). Příklady jsou v tabulce 10.

Tabulka 10: Pohromy vyvolané změnami ve stabilitě lidské společnosti [6]

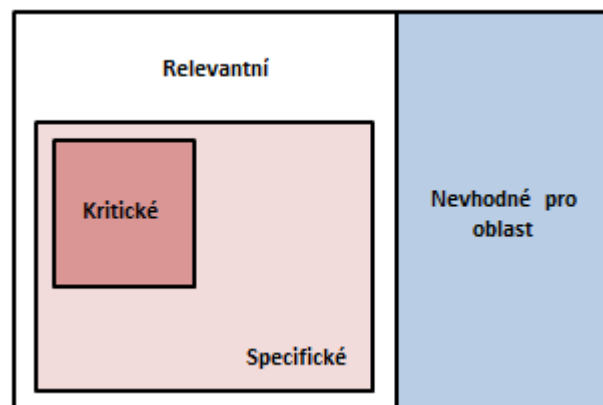
Korupce
Rozpad lidské společnosti na nesnášející se společenství
Zneužití pravomocí

Dále dle velikosti dopadů pohrom na dané území lze pohromy dělit na 4 skupiny:

- pohromy, které nemají nebo v dané oblasti dopad na území a jeho aktiva,
- relevantní (mají na území a jeho aktiva dopady),
- specifické (mají na území a jeho aktiva dopady, které jsou zvládnutelné pomocí provedení preventivních, zmírňujících a reaktivních opatření, a je třeba provést odezvu),

- kritické (mají na území a jeho aktiva nepřijatelné dopady a je nutné též provést odezvu specifikovanou krizovým řízením).

Předmětné dělení používáme při řízení bezpečnosti území, regionů a států. Na obrázku 4 je znázorněno schéma rozdělení pohrom. Důležitým faktem je, že specifická pohroma je podmnožinou relevantní a kritická je podmnožinou specifické, a tudíž i relevantní [6].



Obrázek 4: Schéma rozdělení pohrom zpracováno dle [6]

1.4.2. Zemětřesení

Zemětřesení je jednou z přírodních pohrom, která mívá od určité velikosti kritický dopad na infrastrukturu, obyvatelstvo nebo technologie. Ačkoliv v ČR nedochází často k otřesům, které jsou lidmi pocíťovány, v oblasti kritické infrastruktury je však nutné brát je v potaz. Perioda opakování zemětřesení v České republice je 420 – 460 let [7]. Pro zajištění bezpečí dané oblasti je třeba dodržovat několik kroků [7]:

- nasbírat lokální data o zemětřesení,
- zhodnotit dopad vyvolaný zemětřeseními ve sledované lokalitě,
- nasbírat data o zranitelnosti příslušných oblastí,
- zhodnotit rizika vyvolaná zemětřesením na základě nasbíraných dat o zranitelnosti,
- zajistit správné řízení rizik vycházející z předešlé analýzy,
- připravit inženýrské řešení pro danou oblast,
- monitorovat situaci a v případě nutnosti aplikovat připravená nápravná opatření.

Výskyt zemětřesení, místo, čas vzniku a velikost dopadů závisí na vlastnostech území. Důležité jsou vlastnosti a parametry území, na základě kterých je možné určit zranitelnost [7]. U zemětřesení je klasifikace velikosti zemětřesení založena jak na měření energie, tak na velikosti dopadů na člověka, objekty, zařízení a území. K takto určené intenzitě ve stupních MSK-64 přiřazujeme pro potřeby inženýrů nejpravděpodobnější horní odhad zrychlení (tabulka 11) [7]. Vztahy mezi intenzitou a zrychlením se v průběhu let různými způsoby upravovaly. V době výstavby Nuselského mostu byl dle MSK-64 vypočítán odhad zrychlení pohybu podloží tak, jak je vidět v tabulce 11.

Tabulka 11: Klasifikace zemětřesení dle intenzity a zrychlení [6]

Stupeň intenzity	Zrychlení pohybu podloží dle MSK-64	Klasifikace zemětřesení
5°	$a = 0,12 - 0,25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-2}$	Dosti silné zemětřesení
6°	$a = 0,25 - 0,50 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-2}$	Silné zemětřesení
7°	$a = 0,50 - 1,00 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-2}$	Velmi silné zemětřesení

Z tabulky 11 vyplývá, že platí přímá úměrnost mezi intenzitou a zrychlením, vztah však není lineární.

1.4.3. Teroristický útok

Útok je druh činnosti, jejímž cílem je získání převahy nad protivníkem. Teroristický útok je násilné jednání používané jednotlivci, skupinami, hnutími či státy zejména k likvidaci a zavraždění protivníků, k provokacím a k vyvíjení psychického nátlaku na obyvatelstvo [6]. Terorismus je většinou definován jako předem připravené, promyšlené použití násilí nebo hrozby násilím s cílem vyvolat strach, jehož prostřednictvím mají být splněny politické, náboženské, ideologické, finanční nebo ekonomické požadavky. Nejčastějšími metodami teroristů jsou bombové útoky, střelba, únosy letadel a osob, rozesílání dopisových bomb, vydírání či hrozby násilím. Mezinárodně vedená statistika ukazuje, že velké akce teroristů se datují od roku 1979 [6]. Akce ze dne 11. září 2001 v USA ukázala zranitelnost vyspělé civilizované společnosti a otřásla sebevědomým pocitem její bezpečnosti [6].

1.4.4. Vichřice

Velikost větru se určuje jak podle dopadů na objekty, tak podle rychlosti. Stupnice pro vyjádření velikosti větru, tzv. Beaufurtova stupnice síly větru, má 12 stupňů, které jsou definovány jak podle dynamického působení větru na pozemní předměty, tak podle velikosti rychlosti. V tabulce 12 je ke každému stupni přiřazen popis dopadů větru a rychlost v metrech za sekundu a kilometrech za hodinu [6].

Tabulka 12: Beaufurtova stupnice síly větru [6]

Stupeň	Označení a dopady (rozpoznávací znaky)	Rychlost v km/h	Rychlost v m/s
0	Bezvětří – kouř stoupá kolmo vzhůru.	0 – 1	0,0 – 0,2
1	Vánek – směr větru je poznatelný podle pohybu kouře, vítr nepohybuje korouhví.	1 – 5	0,3 – 1,5
2	Slabý vítr – vítr je cítit v tváři, listy stromů šelestí, obyčejná korouhev se začíná pohybovat.	6 – 11	1,6 – 3,3
3	Mírný vítr – listy stromů a větvičky v trvalém pohybu, vítr napíná praporky.	12 – 19	3,4 – 5,4
4	Dostí čerstvý vítr – vítr zdvihá prach a kousky papírů, pohybuje slabšími větvemi.	20 – 28	5,5 – 7,9
5	Čerstvý vítr – listnaté keře se počínají hýbat, na stojatých vodách se tvoří menší vlny se zpětnými hřebeny.	29 – 38	8,0 – 10,7
6	Silný vítr – vítr pohybuje silnějšími větvemi, telegrafní dráty sviští, používání deštníku se stává nesnadným.	39 – 49	10,8 – 13,8
7	Prudký vítr – vítr se pohybuje celými stromy, chůze proti větru je normálně nemožná.	50 – 61	13,9 – 17,1
8	Bouřlivý vítr – vítr ulamuje větve, chůze proti větru je normálně nemožná.	62 – 74	17,2 – 20,7
9	Vichřice – vítr způsobuje menší škody na stavbách (strhává komíny, tašky a břidlice ze střech).	75 – 88	20,8 – 24,4
10	Silná vichřice – vyskytuje se na pevnině zřídka, vyvrací stromy a přináší škody bydlištěm.	89 – 102	24,5 – 28,4
11	Mohutná vichřice – vyskytuje se velmi zřídka, působí rozsáhlá zpuštění.	103 – 117	28,5 – 32,6
12	Orkán – ničivé účinky na stavby a krajinu	>117	>32,6

1.5. Kritická infrastruktura

Pojem infrastruktura pocházející z Francie má svůj původ v 19. století. Obecně se jedná o množinu položek, které propojují strukturální prvky systému, a které udržují celý systém pohromadě. V dnešní době rozlišujeme infrastrukturu umělou, tedy vytvořenou člověkem (šedá) a infrastrukturu v přírodním prostředí (zelená) [2]. V České Republice je pojem veřejná infrastruktura definován ve stavebním zákoně č. 183/2006 Sb. dle [2] takto:

1. Dopravní infrastruktura – stavby pozemních komunikací, drah, vodních cest, letišť a s nimi souvisejících zařízení.
2. Technická infrastruktura – vedení a stavby a s nimi provozně související zařízení technického vybavení, například vodovody, vodojemy, kanalizace, čistírny odpadních vod, stavby a zařízení pro nakládání s odpady, trafostanice, energetické vedení, komunikační vedení, veřejné komunikační sítě a elektronické komunikační zařízení.
3. Občanské vybavení, kterým jsou stavby, zařízení a pozemky sloužící například pro vzdělávání a výchovu, sociální služby a péči o rodiny, zdravotní služby, kulturu, veřejnou správu a ochranu obyvatelstva.
4. Veřejné prostranství zřizované nebo užívané ve veřejném zájmu.

Význam infrastruktury nespočívá jen ve veřejném zařízení, ale i v jeho správě, údržbě a rozvoji, který souvisí se společenskými požadavky na usnadnění dopravy lidí a zboží, poskytnutí pitné vody i vody k technickému použití, bezpečnému nakládání s odpady a poskytnutí energií nebo přenášení informací. V obecném smyslu je infrastruktura skupina národohospodářských odvětví, které zajišťují předpoklady pro celkový rozvoj ekonomiky. Do ní patří zejména budování dopravního a spojového systému, energetických zdrojů, vodohospodářských zařízení, bytů, škol, zdravotnictví, výzkumných institucí apod. V pojetí se dále infrastruktura dělí na sociální (zdravotnictví, školství, výzkum) a ekonomickou (dopravní nebo energetický systém) [2].

Z výše uvedených důvodů jsou infrastruktura a technologie jedním ze základních chráněných aktiv v lidském systému. Na základě vývoje a vzniku systému systémů, ve kterém docházelo k propojování různých infrastruktur, se zvyšovaly požadavky na odolnost vůči pohromám [2]. Kritická infrastruktura je taková infrastruktura v daném území, která je velmi důležitá pro chod území a zároveň je velmi zranitelná od očekávaných pohrom. Určuje se na základě

metod multikriteriální analýzy, například pomocí matice kritičnosti, která porovnává zranitelnost infrastruktury vůči očekávaným pohromám v území s důležitostí infrastruktury. Zpravidla se vytvoří matice, kde je třeba ohodnotit jak osu kritičnosti, tak osu důležitosti. Je možné přistupovat k hodnocení slovně (zanedbatelné, malé, střední, vysoké, velmi vysoké) nebo číselně (1-5, kde 5 označuje nejvyšší míru zranitelnosti a kritičnosti). Příklad matice je vidět na obrázku 5, kde „Z“ označuje zranitelnost a „D“ označuje důležitost infrastruktury. Kritičnost je územně specifická vlastnost, to znamená, že v některém území může u stejné infrastruktury jít o KI a v jiném území to tak být nemusí [3].

Z5					
Z4					
Z3					
Z2					
Z1					
	D1	D2	D3	D4	D5

Obrázek 5: Matice kritičnosti [3]

Z obrázku 5 vyplývá, že v sektoru levém je kritičnost přijatelná, v sektoru pravém je kritičnost nepřijatelná a v prostředním podmíněně přijatelná, tj. vyžaduje se příprava a provedení odezvy.

1.6. Mosty a zemětřesení

Silné zemětřesení vždy poškodí objekty a infrastruktury, které jsou vytvořeny běžnými stavebními postupy. Nejaktivnější seismická zóna v USA je ve státě Kalifornie. Podle práce [8] se zemětřesení Loma Prieta v roce 1989 vyznačilo tím, že pobořilo téměř všechny mosty na dálnicích v Kalifornii. V průběhu krátkého časového období se zde vyskytla katastrofální zemětřesení, a to v roce 1857 a 1906. Účinky obou zemětřesení byly tak silné, že odborníci vyčíslili škody řádově k 400 milionům amerických dolarů. Předmětné ničivé pohromy vedly

ke vzniku seismického inženýrství jako samostatného oboru a díky tomu je nyní nutné počítat se zemětřesením při výstavbě občanských a průmyslových objektů na celém světě. Pro přesnou identifikaci zemětřesení je nutná mezinárodní spolupráce a výměna dat. V Nevadě se nachází mezinárodní světové seismologické centrum (NEIS) kde jsou schraňována všechna data o zemětřeseních zaznamenaných na zaregistrovaných seismických stanicích. Česká Republika disponuje třemi takovými stanicemi, a to v Průhonicích, Kašperských Horách a v Praze. Na základě [6 - 9] je třeba konstatovat, že dosavadní poznatky o seismické problematice neumožňují s dostatečným předstihem spolehlivě předpovídat dobu, místo a intenzitu zemětřesení. Je však možné provádět preventivní opatření, zvýšit připravenost na pohromu a připravit odezvu proti ničivým následkům. Jedná se především o vhodnou výstavbu objektů a výchovu obyvatelstva [9]. Velmi silné zemětřesení se v Kalifornii objevilo v roce 1989, kde díky připravenosti došlo ke zmírnění dopadů, a jaderné elektrárny zůstaly neponičeny. Zemětřesení však poškodilo mosty Bay Bridge a Cypress Street Viaduct, což způsobilo největší ztráty na lidských životech. V důsledku pohromy došlo ke zpřísnění standardů při započítání seismického ohrožení při výstavbě mostů [10].

V České Republice nehrozí katastrofální zemětřesení, je však nutné brát v potaz i menší zemětřesení, která mohou vyvolat velké škody a ztráty na lidských životech [9].



Obrázek 6: Most Cypress Street Viaduct po zemětřesení v Kalifornii v roce 1989 [11]

2. Data pro posouzení ohrožení Nuselského mostu v případě výskytu vybraných pohrom

Jde o posouzení ohrožení pro případ výskytu silného zemětřesení, vichřice a teroristického útoku.

2.1. Popis mostu

Nuselský most je svou délkou 485 metrů jednou z nejvýznamnějších dopravních staveb hlavního města Prahy. O propojení centra města s novými osídlenými celky na Pankráci se hovořilo již v druhé polovině 19. století. První návrh na přemostění navrhl již v roce 1903 inženýr Jaroslav Marjanko, na kterého navázali o patnáct let později inženýr Stanislav Bechyně s architektem Bohumírem Kozákem. Po více než čtyřiceti letech, v roce 1965, byl položen základní kámen mostu. Se samotnou výstavbou se začalo až o dva roky později [12, 13].

V roce 1970 započaly zátěžové zkoušky. První z nich, statické, probíhaly pomocí 66 tanků T55 a 3000 tun štěrkopísku (obrázek 7). Dynamické zatěžkávací zkoušky (obrázek 8) probíhaly až v roce 1974, tedy rok po otevření mostu. Raketové motory měly za úkol rozkmitat mostovku, která se měla otevřít provozu metra. Kvůli zkoušce musel na minutu pražský rozhlas pozastavit vysílání, protože byl zjištěn vliv vysílání na kmit železobetonové výztuže [12, 13].

Stavba, která přivádí do města pražskou radiálu, nejen navazuje na dálnici D1, její součástí je také vnitřní dráha linky C pražského metra. Rozhodnutí o zavedení pražského metra do tubusu mostu přinesla stavba rozsáhlého sídliště Pankrác. V roce 1990 byl most pojmenován „Nuselský most“, zatímco stanice metra byla přejmenována z „Gottwaldova“ na „Vyšehrad“ [12, 13].

V současné době se provádí zvýšení odolnosti mostu [14], a to jednak kvůli zvýšení odolnosti materiálů a konstrukcí, které byly postihnuty stárnutím, a jednak z bezpečnostních důvodů s ohledem na možné úmyslné útoky na poškozené významné dopravní infrastruktury [14].



Obrázek 7: Statická zkouška Nuselského mostu [12]

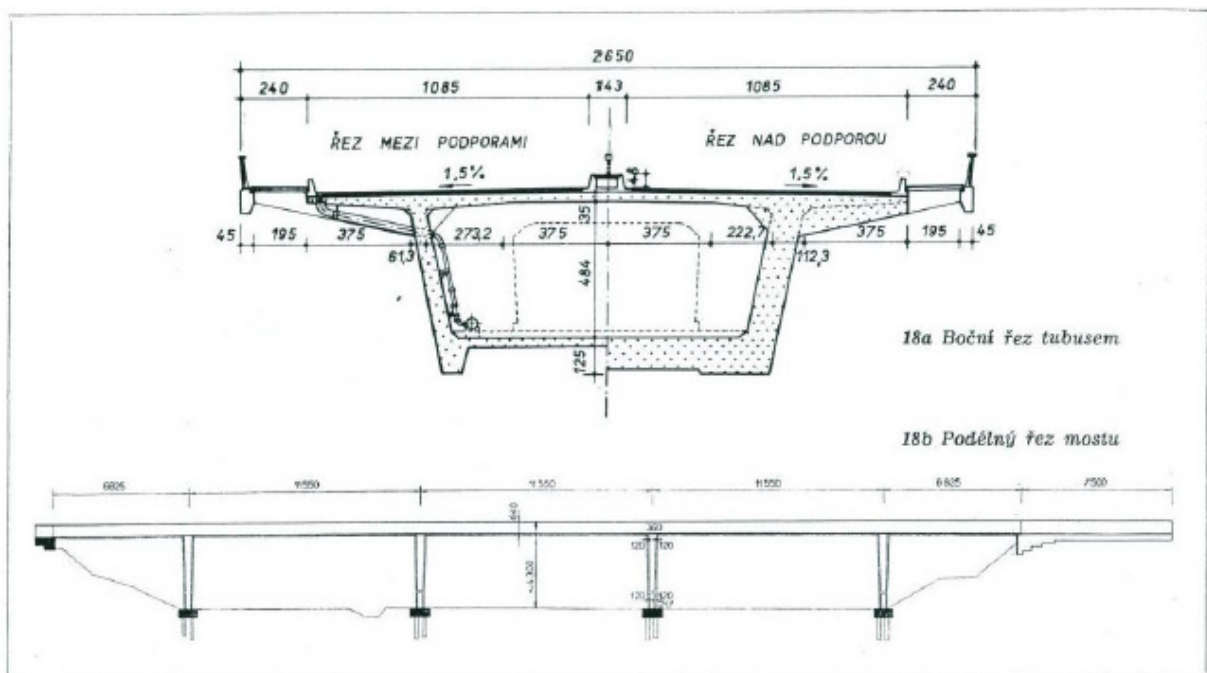


Obrázek 8: Dynamická zkouška Nuselského mostu [12]

2.2. Technické údaje o stavbě mostu

Konzultace s pracovníky ze společnosti Technická správa komunikací hlavního města Prahy [14] poskytla technické informace k Nuselskému mostu. Po statické stránce je Nuselský most spojitým rámem, ve kterém vodorovnou konstrukcí tvoří tubus z předpjatého betonu a pilíře tvoří čtyři samostatné železobetonové listy. Každý pilíř mostu spočívá na soustavě osmi šachtových pilířů, které byly zapaštěny do hloubky až 16 metrů pod okolním terénem. Tubus

mostu o lichoběžníkovém průřezu byl betonován vždy od pilířů oběma směry. Betonovala se horní mostovka, následně stěny a v poslední fázi horní mostovka s trubkami pro předpínací kabely. Spodní mostovka není předpjata, nýbrž železobetonová konstrukce. Horní mostovka byla předpínána příčně a stěny svisle. Předpínání dílu se provádělo jakmile pevnost betonu dosáhla $360 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$. Zhotovení jednoho dílu trvalo přibližně 14 až 21 dní. Prefabrikované železobetonové desky pro chodníky byly pokládány na dodatečně betonované konzoly. Hrubá stavba mostu skončila položením posledního kubíku betonu do nosné konstrukce 20. 12. 1969. Celkem bylo spotřebováno asi 20000 m^3 betonu. Vozovky a chodníky byly prováděny litým asfaltem. Zároveň bylo instalováno i liniové osvětlení umístěné na středním betonovém svodidle oddělujícím oba dopravní proudy. Uvnitř tubusu byla nakonec dodatečně smontována ocelová pomocná konstrukce o váze 800 tun k vyrovnání nápravových tlaků vagonů metra [14]. Na obrázku 9 je vidět boční a podélný řez mostu a v tabulce 13 jsou základní technické údaje o mostu.



Obrázek 9: Boční a podélný řez mostu [14]

Tabulka 13: Technické údaje mostu [14]

Parametr	Hodnota
Délka	485 m
Tloušťka horní mostovky	35 cm
Tloušťka spodní mostovky	30 – 110 cm
Volná šířka horní mostovky	26 m
Výška tubusu	6,42 m
Maximální výška nad terénem	43 m
Šířka vozovky	21 m
Tloušťka stěn tubusu	60 – 110 cm
Objem spotřebovaného betonu	20 000 m ³

2.3. Data o vybraných pohromách (zemětřesení, vichřice, teroristický útok)

2.3.1. Zemětřesení

Pro data o zemětřesení je výchozím materiálem katalog [15]. Předmětný katalog, obsahuje zemětřesení z regionu, který lze pomocí souřadnic vyjádřit jako obdélník ohraničený body 46.7 – 51.5°N, 11 – 24°E, což odpovídá oblasti střední Evropy. Katalog obsahuje data o zemětřesení z období od roku 456 do roku 1996 a ke každému záznamu je uveden čas, místo vzniku a intenzita v MSK-64. Na základě požadavku pro stanovení seismického ohrožení [7] byl vytvořen datový soubor obsahující zemětřesení v kružnici s centrem v Praze a s poloměrem 400km (tabulka 14). Data v tabulce 14 obsahují vybrané relevantní zemětřesení pro oblast Nuselského mostu a jsou seřazené dle následujících parametrů:

1. Pořadové číslo.
2. Souřadnice epicentra zemětřesení.
3. Intenzita zemětřesení vyjádřená ve stupnici MSK-64.

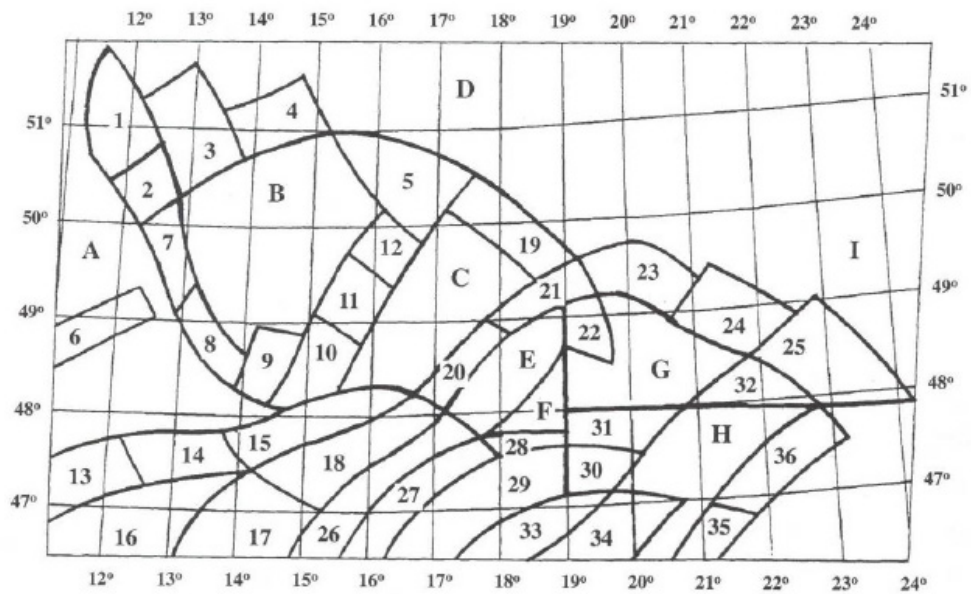
Tabulka 14: Relevantní zemětřesení pro oblast Nuselského mostu [autor]

1.	47.96 16.49	6°	89.	47.7 17.6	6°	177.	47.85 16.37	6,5°	265.	48.14 17.12	7°
2.	47.87 18.83	6°	90.	47.76 18.14	6°	178.	46.98 17.0	6,5°	266.	47.82 16.24	7°
3.	47.91 16.42	6°	91.	47.76 18.14	6°	179.	47.03 17.17	6,5°	267.	49.13 20.44	7°
4.	48.75 19.36	6°	92.	50.25 12.43	6°	180.	47.4 11.8	6,5°	268.	47.8 16.3	7°

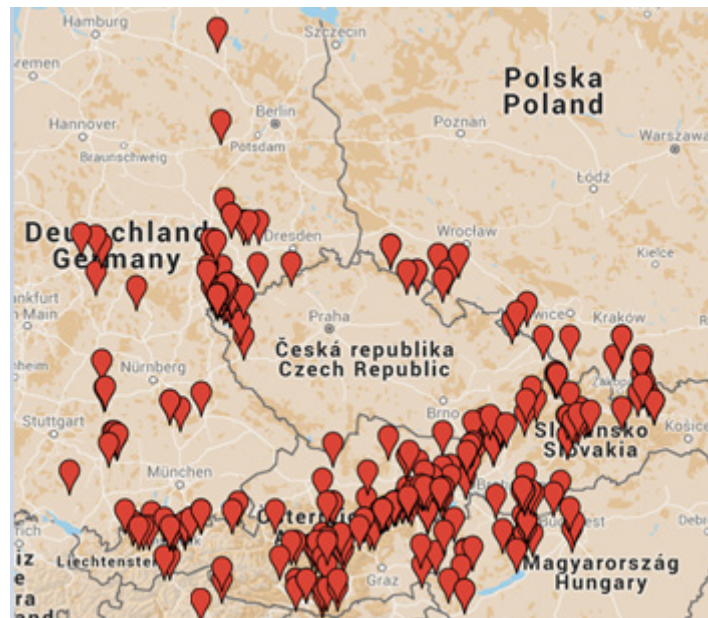
5.	48.72 19.29	6°	93.	50.1 18.2	6°	181.	46.79 16.93	6,5°	269.	48.45 10.4	7°
6.	47.94 17.02	6°	94.	48.48 10.42	6°	182.	47.35 10.7	6,5°	270.	47.8 16.61	7°
7.	48.92 18.36	6°	95.	47.8 18.1	6°	183.	49.9 17.9	6,5°	271.	47.8 16.61	7°
8.	47.0 17.0	6°	96.	47.75 18.16	6°	184.	48.55 17.63	6,5°	272.	46.9 14.3	7°
9.	50.09 12.55	6°	97.	47.76 18.14	6°	185.	47.61 15.67	6,5°	273.	48.45 10.4	7°
10.	50.26 12.34	6°	98.	47.76 18.14	6°	186.	46.47 17.0	6,5°	274.	50.6 13.7	7°
11.	50.24 12.56	6°	99.	47.76 18.14	6°	187.	47.5 12.6	6,5°	275.	50.5 16.1	7°
12.	50.16 12.48	6°	100.	50.4 16.6	6°	188.	48.9 11.4	6,5°	276.	47.38 18.2	7°
13.	50.22 12.37	6°	101.	50.0 18.0	6°	189.	47.3 11.5	6,5°	277.	47.6 14.5	7°
14.	47.14 18.05	6°	102.	49.88 12.75	6°	190.	47.74 15.99	6,5°	278.	47.35 11.7	7°
15.	47.04 18.01	6°	103.	50.55 12.12	6°	191.	47.2 14.3	6,5°	279.	48.75 19.35	7°
16.	47.68 15.84	6°	104.	50.8 15.6	6°	192.	50.4 12.4	6,5°	280.	47.61 15.67	7°
17.	47.1 14.7	6°	105.	47.3 11.4	6°	193.	52.28 12.37	6,5°	281.	49.38 20.37	7°
18.	47.3 15.2	6°	106.	48.36 10.24	6°	194.	53.34 12.3	6,5°	282.	47.82 16.24	7°
19.	47.26 19.05	6°	107.	48.58 17.68	6°	195.	53.34 12.3	6,5°	283.	47.76 18.14	7°
20.	48.8 19.2	6°	108.	47.38 18.2	6°	196.	50.36 12.49	6,5°	284.	46.6 14.0	7°
21.	47.05 14.1	6°	109.	47.38 18.2	6°	197.	50.34 12.47	6,5°	285.	47.78 16.54	7°
22.	47.0 14.2	6°	110.	47.38 18.2	6°	198.	47.51 15.45	6,5°	286.	48.25 17.04	7°
23.	47.45 18.1	6°	111.	47.38 18.2	6°	199.	48.62 17.46	6,5°	287.	50.7 16.9	7°
24.	47.3 11.4	6°	112.	47.38 18.2	6°	200.	50.37 12.42	6,5°	288.	50.48 10.0	7,5°
25.	48.33 17.13	6°	113.	47.3 11.4	6°	201.	50.3 12.2	6,5°	289.	50.92 10.0	7,5°
26.	47.48 11.06	6°	114.	47.38 18.2	6°	202.	49.7 12.8	6,5°	290.	47.1 14.7	7,5°
27.	47.6 12.7	6°	115.	47.73 18.33	6°	203.	49.45 20.4	6,5°	291.	48.0 9.5	7,5°
28.	50.82 10.11	6°	116.	48.6 17.68	6°	204.	51.18 12.56	6,5°	292.	47.35 10.7	7,5°
29.	48.45 15.56	6°	117.	50.2 12.6	6°	205.	50.8 12.2	6,5°	293.	48.58 17.62	7,5°
30.	47.6 15.7	6°	118.	46.8 14.4	6°	206.	50.7 16.5	6,5°	294.	47.53 15.49	7,5°
31.	47.61 15.67	6°	119.	47.6 14.5	6°	207.	51.1 12.9	6,5°	295.	48.32 17.22	7,5°
32.	46.8 16.2	6°	120.	46.5 14.3	6°	208.	50.5 16.7	6,5°	296.	47.3 10.9	7,5°
33.	48.08 16.75	6°	121.	49.4 20.37	6°	209.	50.88 12.23	6,5°	297.	48.62 17.56	7,5°
34.	47.3 11.0	6°	122.	46.47 17.0	6°	210.	50.87 12.18	6,5°	298.	50.5 16.1	7,5°
35.	47.0 14.7	6°	123.	47.76 18.14	6°	211.	47.1 13.7	6,5°	299.	51.1 12.8	7,5°
36.	49.23 18.76	6°	124.	47.51 15.45	6°	212.	47.3 11.5	6,5°	300.	51.1 13.1	7,5°
37.	47.25 17.73	6°	125.	50.2 12.8	6°	213.	51.18 12.56	6,5°	301.	50.8 12.2	7,5°
38.	49.45 19.85	6°	126.	48.64 17.16	6°	214.	47.3 11.4	6,5°	302.	49.7 18.5	7,5°
39.	47.72 18.7	6°	127.	48.63 19.15	6°	215.	50.95 9.72	6,5°	303.	49.7 20.0	7,5°
40.	46.6 16.7	6°	128.	46.5 13.8	6°	216.	49.7 19.0	6,5°	304.	47.76 18.14	7,5°
41.	47.2 18.13	6°	129.	48.46 18.96	6°	217.	47.55 15.56	6,5°	305.	47.74 18.15	7,5°
42.	47.5 13.4	6°	130.	46.6 14.0	6°	218.	48.75 18.16	6,5°	306.	49.22 18.76	7,5°
43.	46.6 12.4	6°	131.	47.76 18.14	6°	219.	50.2 12.4	6,5°	307.	50.86 12.28	7,5°
44.	46.4 14.3	6°	132.	47.6 14.4	6°	220.	47.61 15.67	6,5°	308.	48.0 15.17	7,5°
45.	58.68 11.76	6°	133.	49.22 18.76	6°	221.	47.4 15.1	6,5°	309.	47.3 10.8	7,5°
46.	46.9 11.4	6°	134.	47.4 11.8	6°	222.	50.31 10.77	6,5°	310.	47.75 16.2	8°
47.	47.1 13.8	6°	135.	48.71 18.97	6°	223.	48.46 18.96	6,5°	311.	47.35 19.09	8°
48.	47.61 15.99	6°	136.	48.65 19.05	6°	224.	46.75 12.4	6,5°	312.	48.07 16.58	8°

49.	46.97 16.46	6°	137.	46.5 14.4	6°	225.	48.5 16.6	6,5°	313.	49.0 12.0	8°
50.	47.4 16.8	6°	138.	48.91 18.18	6°	226.	48.73 19.16	6,5°	314.	47.0 18.0	8°
51.	47.3 18.2	6°	139.	47.5 12.0	6°	227.	48.25 15.96	6,5°	315.	49.7 20.	8°
52.	48.9 11.4	6°	140.	47.05 16.18	6°	228.	50.5 15.9	6,5°	316.	47.5 15.4	8°
53.	51.36 12.43	6°	141.	47.5 12.0	6°	229.	47.68 15.94	6,5°	317.	50.8 12.2	8°
54.	47.3 15.3	6°	142.	47.8 18.1	6°	230.	47.78 16.54	6,5°	318.	47.5 16.3	8°
55.	50.3 12.31	6°	143.	48.37 17.16	6°	231.	50.3 12.5	6,5°	319.	48.71 18.94	8°
56.	50.28 12.29	6°	144.	47.65 15.92	6°	232.	50.35 12.48	6,5°	320.	49.0 20.5	8°
57.	50.3 12.3	6°	145.	47.3 11.4	6°	233.	50.3 12.5	6,5°	321.	47.53 19.01	8°
58.	47.6 14.5	6°	146.	48.7 17.5	6°	234.	50.35 12.48	6,5°	322.	47.3 11.4	8°
59.	48.6 17.6	6°	147.	49.1 20.4	6°	235.	50.35 12.48	6,5°	323.	47.5 16.3	8°
60.	48.6 17.6	6°	148.	47.51 15.45	6°	236.	46.6 14.6	6,5°	324.	48.2 15.91	8°
61.	48.6 17.6	6°	149.	47.1 14.4	6°	237.	47.72 16.04	6,75°	325.	49.25 18.75	8°
62.	47.3 11.7	6°	150.	46.5 14.6	6°	238.	47.94 16.74	6,75°	326.	47.3 11.5	8°
63.	47.15 14.4	6°	151.	49.06 10.18	6°	239.	50.14 12.44	7°	327.	47.3 11.4	8°
64.	48.68 17.39	6°	152.	47.4 11.3	6°	240.	48.35 14.5	7°	328.	47.83 16.17	8°
65.	50.27 12.29	6°	153.	46.9 13.5	6°	241.	47.9 14.3	7°	329.	47.75 18.08	8°
66.	50.3 12.6	6°	154.	47.5 10.55	6°	242.	47.63 15.81	7°	330.	47.4 15.1	8°
67.	50.27 12.33	6°	155.	47.51 15.45	6°	243.	50.82 10.11	7°	331.	47.75 18.25	8°
68.	46.9 11.3	6°	156.	48.76 19.4	6°	244.	47.3 11.4	7°	332.	47.51 15.45	8°
69.	48.9 20.6	6°	157.	48.34 17.11	6°	245.	47.8 15.91	7°	333.	48.58 17.46	8,5°
70.	48.37 17.56	6°	158.	48.6 17.8	6°	246.	47.95 16.4	7°	334.	47.75 18.16	8,5°
71.	50.58 13.08	6°	159.	50.5 12.1	6°	247.	47.2 18.13	7°	335.	47.38 18.2	8,5°
72.	47.95 16.4	6°	160.	47.3 11.4	6°	248.	47.2 18.3	7°	336.	47.23 16.62	9°
73.	48.14 16.12	6°	161.	50.3 12.4	6°	249.	47.2 14.65	7°	337.	47.1 14.2	9°
74.	17.3 11.5	6°	162.	50.3 12.5	6°	250.	48.8 11.6	7°	338.	48.2 15.91	9°
75.	49.23 18.73	6°	163.	50.22 12.32	6°	251.	50.34 12.47	7°	339.	46.6 13.8	9°
76.	49.06 18.29	6°	164.	50.2 12.3	6°	252.	51.1 12.8	7°	340.	46.6 13.8	10°
77.	47.98 18.18	6°	165.	47.3 15.0	6°	253.	47.68 16.58	7°	341.	46.3 13.1	10°
78.	47.5 16.3	6°	166.	47.54 15.51	6,25°	254.	49.0 19.0	7°			
79.	49.23 20.37	6°	167.	47.8 16.2	6,25°	255.	48.5 10.3	7°			
80.	48.8 20.0	6°	168.	50.27 12.42	6,5°	256.	47.5 16.3	7°			
81.	48.37 17.56	6°	169.	50.26 12.42	6,5°	257.	47.3 11.4	7°			
82.	49.0 20.3	6°	170.	50.2 12.29	6,5°	258.	48.37 17.56	7°			
83.	47.3 11.4	6°	171.	47.06 18.01	6,5°	259.	47.76 18.14	7°			
84.	50.56 12.4	6°	172.	47.65 15.85	6,5°	260.	47.5 16.3	7°			
85.	48.9 20.6	6°	173.	47.67 15.14	6,5°	261.	47.8 16.2	7°			
86.	48.9 20.6	6°	174.	47.0 14.7	6,5°	262.	48.5 10.35	7°			
87.	48.01 16.24	6°	175.	47.71 16.18	6,5°	263.	49.05 10.15	7°			
88.	50.8 15.6	6°	176.	48.57 17.39	6,5°	264.	49.4 10.1	7°			

Na obrázku 10 jsou ohniskové (fokální) oblasti [15], které lze charakterizovat jako ohraničená území, ve kterých jsou ohniska zemětřesení. Dalším krokem bylo vyznačení ohnisek zemětřesení do mapy (obrázek 11) [15].



Obrázek 10: Mapa ohniskových oblastí ve střední Evropě [15]



Obrázek 11: Relevantní zemětřesení pro výpočet ohrožení [autor]

2.3.2. Data o vichřici

Údaje uvedené v práci [6] ukazují, že v ČR i v Praze se vyskytují vichřice. Mohutné vichřice a orkány se vyskytují nepravidelně a zřídka v centru Českého masívu, častější jsou v pohraničních horách.

2.3.3. Data o teroristických útocích

Na základě informací ze sdělovacích prostředků jsou dnes teroristické útoky velmi časté. Jde při nich o použití výbušnin s cílem zničit důležité objekty a usmrtit lidi kvůli politickým cílům [6]. Proto dle [3, 4] se provádí preventivní opatření i příprava odezvy u specifických objektů, do kterých dle zákona č. 240/2000 Sb. patří i objekty dopravní infrastruktury. Nuselský most byl otevřen v době, kdy ohrožení plynoucí z teroristických útoků nebylo tak velké. Na základě dostupných údajů předpokládáme použití trhaviny (např. semtex).

3. Metody zpracování dat

3.1. Analýza, syntéza, hodnocení, dedukce

Analýza je myšlenkový (logický) postup poznávání okolního světa a v něm vymezených objektů, jevů, procesů a problémů (reálných i abstraktních) [16]. Její podstata spočívá v praktickém nebo myšlenkovém rozložení celku na jeho jednotlivé části. Rozčlenění celku na jednotlivé části umožňuje poznat jeho strukturu, tj. prvky, vazby a toky mezi prvky a přejít od obtížného na jednodušší poznávání, které spočívá v aplikaci myšlenkově zvládnutelných postupů, jejichž cílem je:

- oddělení podstatných atributů od nepodstatných,
- rozlišení nahodilých jevů od jevů nutných,
- rozpoznání záležitosti obecných a jedinečných.

Naplnění těchto cílů vede k poznání podstaty zkoumaného systému a také poznání jeho zákonitostí. Analýza by měla být všestranná, protože jen tak lze poznat zkoumaný objekt v jeho komplexnosti, a je základem každého správného rozhodovacího procesu nebo události. Dalším krokem po analýze je syntéza. Syntéza je proces sjednocení různých částí, vlastností a vztahů do jednoho celku. Podstata spočívá ve sloučení relevantních a důležitých částí do jednoho uceleného souboru [16].

Hodnocení je metoda stanovení hodnoty sledované entity v dané hodnotové stupnici. Podle konkrétní povahy předmětu hodnocení spočívá ve srovnání s kritériem nebo souborem kritérií, která představují měřítka, určující poznávací a rozlišovací znaky pro srovnání. Hodnocení rizik je možné provést jen na základě konkrétních, pravdivých a ověřených datových souborů o daném jevu. Cílem je zajistit rozhodování ve prospěch věci [16].

Dedukce je logický postup od obecného ke konkrétnímu na základě zákonů logiky. Je to jeden ze základních způsobů úsudku a metod zkoumání. Při aplikaci posuzování variant řešení daného problému umožňuje aplikovat logická pravidla na jednotlivé varianty řešení problému a tím odvodit jejich specifické přínosy a dopady [16].

3.2. What-if analýza

Dle [16] metoda What-if analýza nebo také „Co se stane, když...“ je přístup spontánní diskuse a hledání nápadů, ve které skupina zkušených lidí dobře obeznámených s procesem klade otázky nebo vyslovuje úvahy možných nežádoucích událostí. Účelem této analýzy je identifikovat zdroje rizika, nebezpečné situace nebo určité nehodové události, které mohou způsobit nežádoucí dopady. Základem pro správné využití této metody je základní porozumění účelu procesu a schopnost rozumově kombinovat možné odchylky od zamýšleného účelu, které mohou vést k nehodě. Ve zjednodušené formě pak může mít What-if analýza podobu pouze seznamu otázek a jejich odpovědí na ně. Existují dva možné přístupy k této metodě a to:

- reaktivní: Analýza se realizuje v případě zjištění kritických podmínek v systému. Cílem je, aby systém co možná nejrychleji vyřešil danou kritickou situaci,
- proaktivní: What-if analýza se zabývá kritickými podmínkami, které ještě nenastaly, ale byly na základě odhadu stanoveny. V takovou chvíli je však nutno brát v potaz nejistotu a neurčitost při výpočtu predikce rizika.

Kvalifikovaný postup sledované metody v praxi se skládá z následujících kroků:

- Krok 1: Definice rozsahu What-if analýzy (identifikace a jasná definice hranic rizika, stanovení kvalifikovaného týmu, stanovení místa vzniku možné kritické události),
- Krok 2: Identifikace důležitých a podstatných problémů (analýza a určení chráněných aktiv, stanovení úrovně bezpečnosti),
- Krok 3: Generování What-if otázek (vytvoření otázek pro každou problémovou oblast v rámci hrozby/ohrožení/nebezpečí),
- Krok 4: Odpovědi na What-if otázky (odpověď na stanovené otázky z kroku 3),
- Krok 5: Využití výsledků v rozhodování o riziku (využití nasbíraných dat ke stanovení rizika pro danou oblast) [16].

Při použití nástroje „Co se stane, když...“ se pro řízení bezpečnosti používá standardní model pro stanovení dopadů [16], tj. vyplňuje se tabulka:

1. Možné dopady na životy a zdraví lidí.

2. Možné dopady na bezpečí lidí.
3. Možné dopady na majetek.
4. Možné dopady na veřejné blaho.
5. Možné dopady na životní prostředí.
6. Možné dopady na infrastrukturu a technologie:
 - možné dopady na dodávky energií (elektřina, plyn, teplo),
 - možné dopady na dodávky vody,
 - možné dopady na kanalizační systém,
 - možné dopady na přepravní síť,
 - možné dopady na kybernetickou infrastrukturu,
 - možné dopady na bankovní a finanční sektor,
 - možné dopady na nouzové služby (policie, hasiči, zdravotnictví),
 - možné dopady na základní služby v území (zásobování potravin, likvidace odpadů),
 - možné dopady na státní správu a samosprávu.

V případě, že pro danou oblast stanovujeme možné dopady na chráněné aktivum, využívá se tabulky znázorněné v tabulce 15, kde v levém sloupci je výpis chráněných aktiv, které je třeba na základě řízení bezpečnosti chránit a v pravém sloupci pak výpis možných dopadů pro každé z chráněných aktiv.

Tabulka 15: Tabulka s možnými dopady na chráněná aktiva v dané oblasti [16]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	
Bezpečí lidí	
Majetek	
Veřejné blaho	
Životní prostředí	
Infrastruktura a technologie	

3.3. Matice odpovědnosti

Matice odpovědnosti je nástroj, který se používá při koordinaci současně probíhajících komplexních činností. Slouží k zajištění optimálního řešení problému. Určuje pro každou danou činnost způsob řízení, tj. určuje koordinující resort a podpůrné resorty [16]. K zajištění přehlednosti se sestavují matice odpovědnosti, kde ve sloupcích matice jsou uvedeny názvy resortů, právnických a fyzických osob, a v řádcích jsou uvedeny základní funkce území či jednotlivé činnosti, o jejichž zajištění jde.

3.4. Určení velikosti maximální očekávané pohromy

Podle [4, 9] je teorie extrémních hodnot specifické odvětví matematické statistiky, které se zabývá rozvojem metod a technik pro popis, modelování a predikci neobvyklých nebo málo pravděpodobných jevů. Cílem metody je stanovení velikosti maximální očekávané hodnoty dané pohromy v příslušné oblasti. Proto, abychom hodnotu stanovili, je třeba nejprve zpracovat data, která máme k dispozici do požadovaného tvaru. Vycházíme z faktu, že máme katalog dat, kde ke každé události disponujeme velikostí pohromy. Na základě toho je možné spočítat četnostní rozložení, které je vyjádřené vztahem:

$$\log N_{ci} = a - bM_{oi}, \quad (3.1)$$

kde pro $i = 1, 2, \dots, n$ označuje N_{ci} kumulativní četnost, M_{oi} velikost pohromy a a a b numerické parametry. Parametry a a b jsou zpravidla stanoveny pomocí metody nejmenších čtverců, metody Monte Carlo nebo jiné simulační metody.

Pro zvolený časový interval je pak možné zkoumat hodnoty hladiny pravděpodobnosti nepřekročení (pravděpodobnost, že velikost pohromy M_0 nepřekročí velikost pohromy M_{oi} v časovém intervalu t), je vyjádřena vztahem:

$$R_t(M_0 \geq M_{oi}) = 1 - \left\{ \frac{T}{T + t \cdot P(M_0 \geq M_{oi})} \right\}^{n+1} \quad (3.2)$$

kde T je celkový čas sledování zemětřesení, n je počet pozorovaných zemětřesení, t časová interval, $P(M_0 \geq M_{0i})$ je pravděpodobnost překročení (pravděpodobnost že velikost pohromy M_0 přesáhne hodnotu pohromy M_{0i}) vyjádřená vztahem:

$$P(M_0 \geq M_{0i}) = \frac{e^{-\beta M_{0i}} - e^{-\beta M_{0max}}}{e^{-\beta M_{0min}} - e^{-\beta M_{0max}}} \quad (3.3)$$

kde M_{0min} je minimální hodnota pohromy v dané oblasti a M_{0max} je maximální hodnota pohromy v dané oblasti. Vztah mezi oběma hodnotami je matematicky:

$$M_{0min} \leq M_0 \leq M_{0max}. \quad (3.4)$$

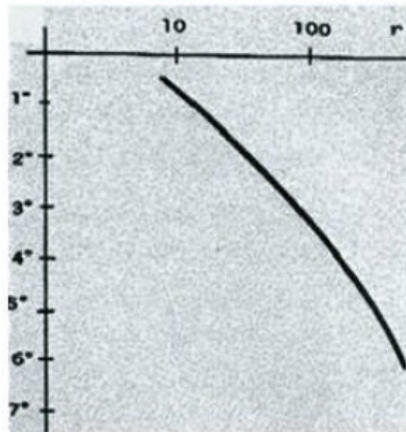
Parametr β vychází z rovnice pro rozdělení četnosti (3.1) a lze ho spočítat jako:

$$\beta = b \ln 10 \quad (3.4)$$

Velikost největší očekávané pohromy M se určí jako průsečík příslušné křivky se zvolenou hladinou významnosti (obrázek 11). Hladina významnosti vyjadřuje, s jakou nepřesností vyslovujeme závěr – nejčastěji se volí $v = 0,05$ nebo $v = 0,01$, což znamená možnost omylu 1% nebo 5%. Pravděpodobnost s jakou je výsledek správný lze spočítat jako:

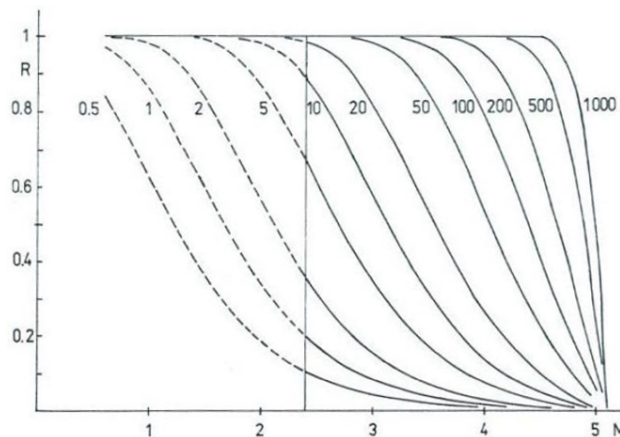
$$p = 1 - v \quad (3.5)$$

Pro určení hodnoty velikosti pohromy v jistém místě je třeba znát velikost útlumu intenzity pohromy od místa vzniku zemětřesení se vzdáleností. Pro zemětřesení v oblasti sledované v práci byla stanovena křivka útlumu dle [4], kde na svislé ose je znázorněna intenzita a na vodorovné ose je vyjádřena vzdálenost od místa vzniku v logaritmickém měřítku.



Obrázek 12: Útlum intenzity zemětřesení od místa vzniku se vzdáleností [4]

Teoretický průběh pravděpodobnosti nepřekročení dle vztahu 3.2 je na obrázku 13.



Obrázek 13: Průběh funkcí vyjadřujících pravděpodobnost nepřekročení pro časové intervaly 0,5 až 1000 let [4]

Předmětná metoda je použita pouze pro zemětřesení, pro které je k dispozici katalog zemětřesení v požadované kvalitě. Pro další dvě sledované pohromy katalog s danou kvalitou není k dispozici.

3.5. Metoda rekognoskace

Rekognoskace dle slovníku cizích slov znamená detailní průzkum terénu za účelem získat informace o dané oblasti. Abychom mohli pomocí What – if analýzy stanovit dopady na

konkrétní chráněná aktiva, je nejprve třeba v oblasti provést rekognoskaci terénu a najít kritická místa, tj. rozmístění základních veřejných aktiv.

4. Ocenění rizik pro vybrané pohromy

Ve čtvrté kapitole diplomová práce uvádí výsledky stanovení hodnot ohrožení pro sledovaný prvek dopravní infrastruktury a dopady pomocí What - If analýzy pro vybrané pohromy, kterými jsou zemětřesení, vichřice a teroristický útok.

4.1. Ohrožení mostu při velkém zemětřesení

Při výpočtu ohrožení zemětřesením vychází diplomová práce z katalogu dat (tabulka 14). Z bodů, které jsou relevantní pro Nuselský most, se vytvoří četnostní graf, díky kterému se dostaneme k funkci rozdělení četností pro jednotlivé intenzity zemětřesení (3.1). Nejprve se spočte kumulativní četnost pro všechny intenzity s tím, že součet začíná od nejvyšší intenzity (tabulka 16).

Tabulka 16: Kumulativní četnosti intenzit [autor]

Intenzita zemětřesení v epicentru	Kumulativní četnost intenzity zemětřesení v epicentru
6°	341
6,5°	174
7°	103
7,5°	87
8°	65
8,5°	9
9°	6
9,5°	2
10°	2

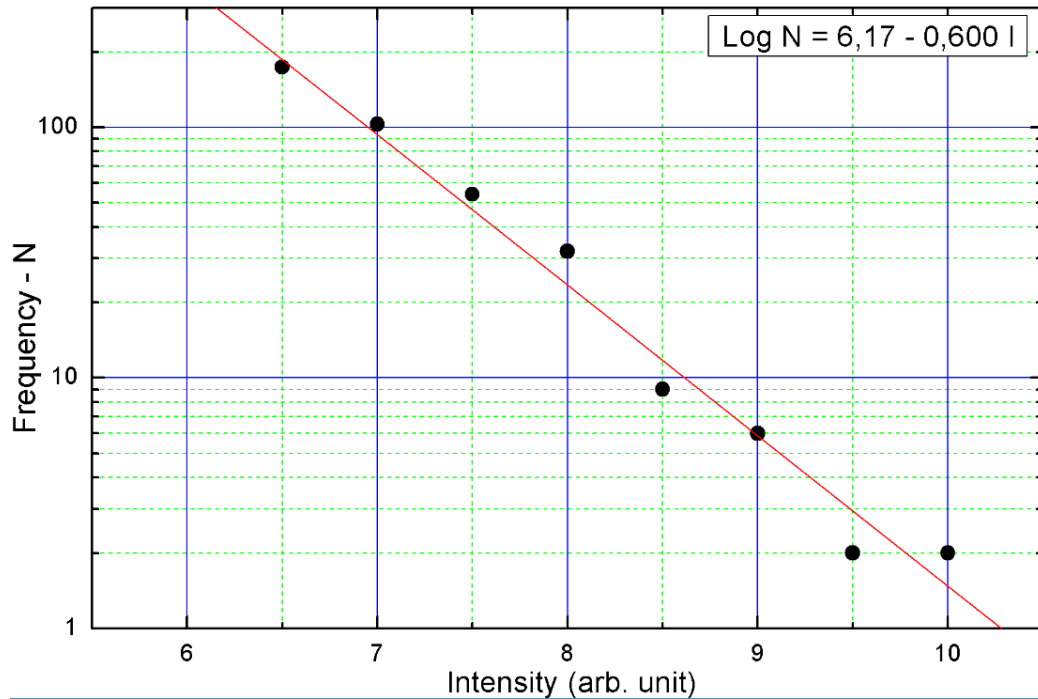
Parametr vyjadřující četnostní závislost je spočten metodou nejmenších čtverců, jde o proložené přímky v logaritmickém měřítku. Výsledek výpočtu je:

$$\log N_c(I_0) = 6,17 - 0,60 I_0.$$

Ze vztahu vyplývají hodnoty:

$$a = 6,17$$

$$b = 0,60$$



Obrázek 14: Četnostní graf [autor]

Pro stanovení hodnoty pravděpodobnosti překročení (3.3) a nepřekročení (3.2) je nutné určit hodnotu parametru β z lineárního koeficientu b dle rovnice (3.4) a výsledný parametr vychází:

$$\beta = 1,3815.$$

Maximální a minimální hodnoty intenzity pro sledovanou oblast jsou dle [15]:

$$I_{0min} = 6^\circ \text{ a}$$

$$I_{0max} = 11^\circ$$

Po dosazení do vzorce (3.3) vyšly hodnoty pravděpodobnosti překročení (tabulka 17).

Tabulka 17: Pravděpodobnost překročení pro jednotlivé intenzity [autor]

i	I_0	$P(I_0 \geq I_{0i})$
1	6°	1,00000
2	6,5°	0,50070
3	7°	0,25045
4	7,5°	0,12503
5	8°	0,06216
6	8,5°	0,03066
7	9°	0,01487
8	9,5°	0,00695
9	10°	0,00298
10	10,5°	0,00100
11	11°	0,00000

Dalším krokem je určení hodnoty hladiny pravděpodobnosti nepřekročení pro jednotlivé intenzity zemětřesení a pro vybrané časové intervaly. Celkový čas sledování T je v daném případě 800 let a časové intervaly jsou v souladu s odbornými požadavky [7] voleny následovně:

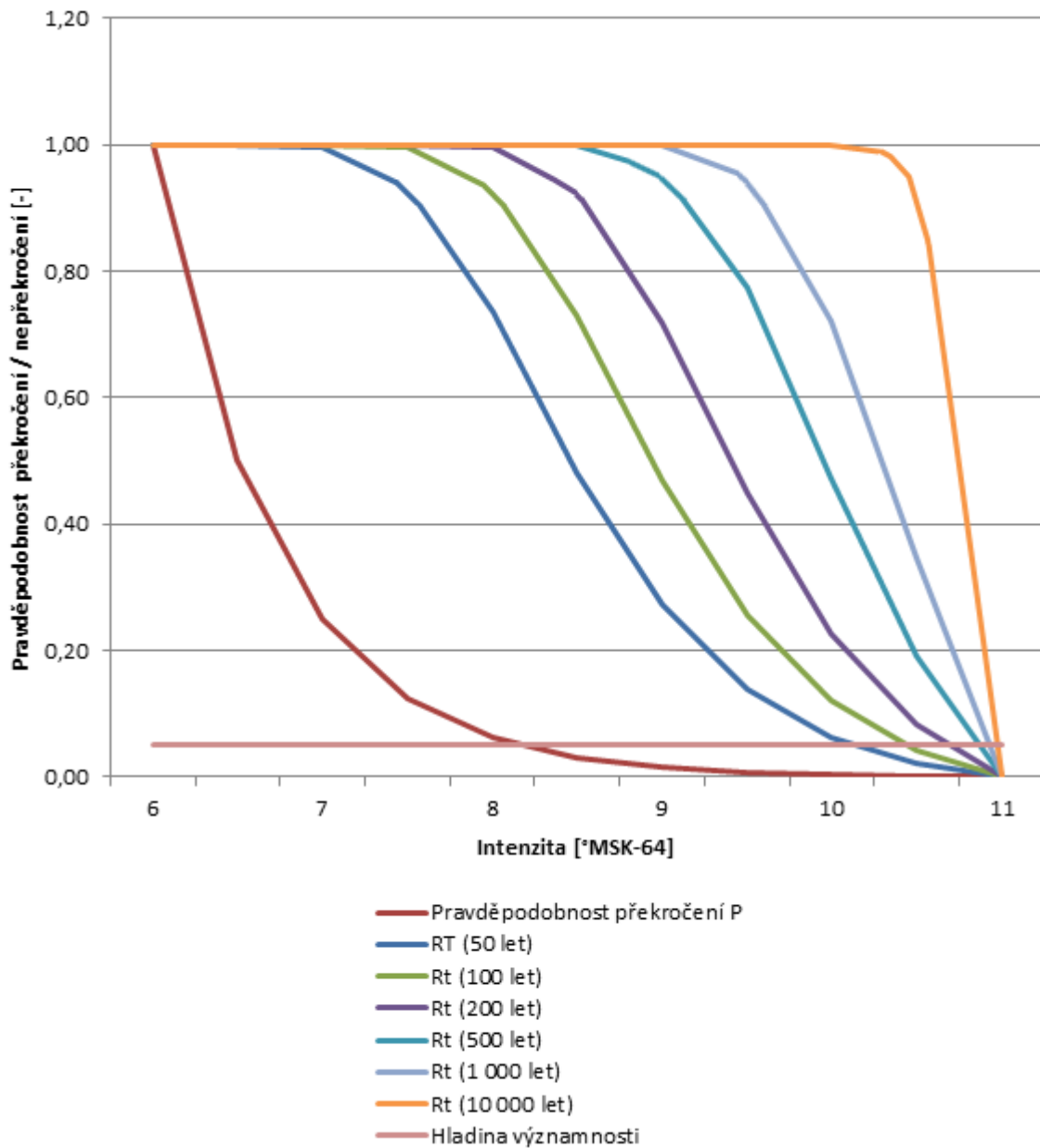
$$t = 50, 100, 200, 500, 1000 \text{ a } 10000 \text{ let.}$$

Výsledné hodnoty pravděpodobnost nepřekročení jsou v tabulce 18.

Tabulka 18: PST nepřekročení pro jednotlivé intenzity a časové intervaly [autor]

I_0	$P(I_0 \geq I_{0i})$	$R_t(I_0 \geq I_{0i})$					
		$t = 50$	$t = 100$	$t = 200$	$t = 500$	$t = 1000$	$t = 10000$
6	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
6,5	0,50070	0,99997	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
7	0,25045	0,99507	0,99997	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
7,5	0,12503	0,93020	0,99503	0,99997	1,00000	1,00000	1,00000
8	0,06216	0,73451	0,92915	0,99488	1,00000	1,00000	1,00000
8,5	0,03066	0,48039	0,72966	0,92655	0,99848	1,00000	1,00000
9	0,01487	0,27212	0,47003	0,71880	0,95770	0,99816	1,00000
9,5	0,00695	0,13805	0,25699	0,44779	0,77296	0,94812	1,00000
10	0,00298	0,06180	0,11977	0,22515	0,47132	0,72016	1,00000
10,5	0,00100	0,02107	0,04170	0,08166	0,19179	0,34670	0,98550
11	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Grafické znázornění průběhu sledované závislosti, kdy se respektují detailnější hodnoty, než ty, které jsou v tabulce 18, je na obrázku 15 a dle požadavků z praxe je použita hladina významnosti $\nu = 0,05$.



Obrázek 15: Křivky pravděpodobnosti nepřekročení hodnoty I v příslušném časovém intervalu [autor]

Velikost největší očekávané pohromy je dle metodiky [7] určena jako průsečík příslušné křivky v čase t se zvolenou hladinou významnosti (tabulka 19). Posledním krokem výpočtu je

pak zahrnutí vlivu vzdálenosti od místa vzniku zemětřesení. Vzdálenost ohniskové oblasti, ve které je možné zemětřesení s největší intenzitou pro oblast Nuselského mostu, je ve vzdálenosti 295 km. Po zvážení vzdálenosti je třeba dle obrázku 12, odečíst od stanovené hodnoty hodnotu intenzity $5,03^\circ$ MSK-64. Příslušné hodnoty největších očekávaných intenzit v Praze, tj. v místě Nuselského mostu, pro jednotlivé časové intervaly jsou uvedeny v tabulce 19.

Tabulka 19: Výsledné hodnoty očekávaných intenzit zemětřesení [autor]

Časový interval	Hodnota největší očekávané intenzity	Hodnota největší očekávané intenzity se započítaným útlumem
$t = 50$	$10,125^\circ$	$5,1^\circ$
$t = 100$	$10,458^\circ$	$5,4^\circ$
$t = 200$	$10,708^\circ$	$5,7^\circ$
$t = 500$	$10,875^\circ$	$5,8^\circ$
$t = 1000$	$10,937^\circ$	$5,9^\circ$
$t = 10000$	$10,979^\circ$	$5,9^\circ$

Jak je uvedeno v první kapitole diplomové práce, perioda opakování silných zemětřesení je ve střední Evropě [7] 420 – 460 let. Proto je potřeba počítat s intervalem $t = 500$ let, tj. s hodnotou intenzity $5,8^\circ$ MSK-64. Na základě platných stavebních předpisů v době výstavby Nuselského mostu byla zvážena intenzita zemětřesení 6° MSK-64.

Dle [7] bylo při stavbě bráno v úvahu zrychlení rovné $1,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, tj. nebyl brán v potaz příspěvek od zemětřesení k celkovému zatížení. Postupem doby došlo ke změně, a hodnotám intenzit byly přiřazeny vyšší hodnoty zrychlení. Dle práce [7] je intenzitě $5,8^\circ$ MSK-64 přiřazena hodnota $3,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, což je hodnota podstatně vyšší, než byla zvažována v době výstavby mostu.

Je nutné brát v potaz současný požadavek Eurokódu [17], že již od 5° MSK-64 se musí brát v celkovém zatížení příspěvek seismického zatížení. Dle [7] dostaneme pro intenzitu zemětřesení $5,8^\circ$ hodnotu zrychlení rovné $2,47 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, což je vyšší než hodnota zrychlení $1,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, na kterou byl most stavěn. Z pohledu dnešního poznání je zřejmé, že most není tak odolný, jak je třeba dle současných normativních požadavků. I když připustíme jisté

bezpečnostní rezervy, technické úpravy a modernizace mostu, tak je stejně třeba počítat s příslušným rizikem, a proto provádíme metodu What If pro identifikaci pohrom mostu.

4.2. Stanovení dopadů pro vybrané pohromy

Na obrázku 18 je znázorněno rozložení aktiv v oblasti pod Nuselským mostem, která jsou ohrožená poškozením nebo prolomením mostu. Graficky jsou na obrázku 18 vyznačena chráněná aktiva a v tabulce 20 je jejich výčet. Pro stanovení chráněných aktiv byla provedena důkladná rekognoskace terénu. Park Folimanka (číslo 1 na obrázku 18) se nachází v severní části pod mostem a byl budován v několika letech po dokončení stavby mostu [18]. Přímo pod mostem v parku se nachází dětské hřiště (číslo 4 na obrázku 18) a také sportovní aréna Folimanka (číslo 3 na obrázku 18), která je domácím stadionem basketbalistek USK Praha, které se o ni dělí s ženským basketbalovým týmem VŠ Praha [19]. Mezi parkem a obytnou částí protéká Botič (číslo 2 na obrázku 18), který je 34,5 km dlouhý a jeho správci jsou hlavní město Praha a povodí Vltavy. Je to nejdelší pražský potok, jehož součástí je rekreační Hostivařská přehrada. V okolí potoka se nachází bohatá fauna a flóra, kde lze mimo jiné spatřit řadu zajímavých vodních živočichů, brouků a motýlů. Břehové porosty jsou tvořeny zejména olšinami a zbytky jasaniny [20]. Přímo pod mostem je situována benzinová pumpa Agip (číslo 5 na obrázku 18 a obrázek 16). V případě vážného poškození až prolomení mostu by její narušení mohlo vést ke vzniku domino efektu – výbuch, požár a rozptýl nebezpečných látek.



Obrázek 16: Čerpací stanice Agip pod Nuselským mostem [autor]

V jižní části pod mostem je podchod (číslo 6 na obrázku 18), který slouží k přechodu železniční tratě (číslo 8 na obrázku 16). Kromě železniční tratě je v oblasti pod mostem také situována tramvajová dráha (číslo 7 na obrázku 18), kde jezdí dle [21] denní linky 6 (Spořilov – Smíchovské nádraží), 7 (Náměstí Bratří Synků – Radlická), 18 (Vozovna Pankrác – Sídliště Petřiny) a 24 (Spořilov – Sídliště Barrandov) a také noční linky 53 (Vozovna Pankrác – Sídliště Ďáblice) a 56 (Spořilov – Sídliště Petřiny). Kancelářské budovy (číslo 9, 10, 11 a 14 na obrázku 18) menších společností jsou umístěny v ulicích přímo pod mostem. V oblasti se také nachází penzion Beta (číslo 15 na obrázku 18), který disponuje deseti pokoji s celkem dvaceti lůžky [22]. Další chráněné aktivum, které bylo rekognoskačím identifikováno, je restaurační zařízení Sport bar Time (číslo 12 na obrázku 18) s kapacitou 40 osob [23]. V okolí Nuselského mostu se nacházejí dvě parkoviště (číslo 16 a 17 na obrázku 18 a obrázek 17), kde by při vážném poškození až prolomení mostu mohlo dojít ke ztrátám na životech a majetku.



Obrázek 17: Parkoviště pod Nuselským mostem [autor]

Tabulka 20: Výčet chráněných aktiv pro oblast pod Nuselským mostem [autor]

1	park Folimanka	9	GPS centrum Garmin
2	potok Botič	10	kancelářská budova
3	sportovní aréna Folimanka	11	kancelářská budova
4	dětské hřiště	12	Sport bar Time

5	benzinová pumpa Agip	14	kancelářská budova Folimanka
6	podchod pod železniční tratí	15	penzion Beta
7	tramvajová dráha	16	parkoviště
8	železniční dráha	17	parkoviště



Obrázek 18: Území postižené zemětřesením s vyznačenými chráněnými aktivy [autor]

Na základě popisu stupnice MSK-64 v [6] jsou dopady při intenzitě 6°MSK-64 na mostě stanoveny takto: Strach lidí a útěk na volné prostranství, tekutiny v nádobách se silně pohybují a obrazy padají ze stěn, na ojediněle stojících domech se objevují trhliny v omítce, ve špatně stavěných domech jsou poškození větší, zemský povrch kolísá tak, že je někdy těžké udržet rovnováhu, neupevněné předměty padají z polic.

4.2.1. Stanovení dopadů pro zemětřesení

Stanovení dopadů silného zemětřesení na chráněná aktiva je provedeno vytvořením tří tabulek, přičemž každá tabulka využívá analýzu What - If pro určení dopadů v konkrétním časovém okamžiku. V tabulce 21 se nacházejí dopady zemětřesení vyvolané bezprostředně po jeho projevu. Tabulka 22 se věnuje dopadům po šesti hodinách a tabulka 23 obsahuje dopady způsobené po třech dnech.

Tabulka 21: Dopady způsobené velkým zemětřesením pro 0 hodin [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none"> • úmrtí nebo vážné zranění osob vyvolané selháním mostu (vážným poškozením až prolomením) • ztráty na životech či poranění v důsledku dopravní havárie v bezprostřední blízkosti mostu • poranění nebo úmrtí obyvatel zasažených uvolněnými částmi mostu, především v místech dětského hřiště, sportovní arény Folimanky a dalších budovách v oblasti pod mostem • úmrtí nebo vážné zranění osob v důsledku výbuchu čerpací stanice nacházející se pod Nuselským mostem
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none"> • panika, stres, šok ze zemětřesení nebo havárie • psychické zhroucení u obyvatel poškozených oblastí
Majetek	<ul style="list-style-type: none"> • poškození majetku osob nacházejících se na mostě nebo v jeho okolí (auta na přilehlých parkovištích, čerpací stanice, budovy nacházející se pod mostem) • poškození samotného mostu nebo přilehlé silnice • poškození objektů pod mostem zasažených úlomky padajícími z poškozeného až prolomeného mostu
Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none"> • neklid mezi občany, narušení veřejného pořádku
Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none"> • devastace parku Folimanka nacházejícího se pod mostem • zamoření ovzduší prachem • přímé znečištění potoka Botiče v důsledku napadaných úlomků a unikajících látek z blízké čerpací stanice

Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none"> • přerušení provozu metra a automobilové dopravy na mostě a v přilehlých oblastech • přerušení tramvajové a železniční dopravy nacházející se pod mostem • vznik kongescí přilehlých dopravních obslužností • narušení elektrického vedení, porušení objektů v bezprostřední blízkosti
------------------------------	---

Z tabulky 21 vyplývá, že zemětřesení způsobí vysoké škody na životech a zdraví lidí nacházejících se na mostě a v jeho bezprostředním okolí. Především pod mostem bude situace kritická. Nejčastějšími příčinami úmrtí budou zasažení uvolněnými částmi mostu a předměty nacházející se na něm. Z pohledu bezpečí lidí a veřejného blaha bude hrát velkou roli panika a stres, které postihnou svědky události. Pod mostem se nachází benzínová pumpa, kde hrozí nebezpečí výbuchu, požáru a rozptylu nebezpečných látek, sídlí zde firmy a restaurace, v provozu jsou dvě větší parkoviště. Ztráty na majetku budou převážně v této oblasti velmi vysoké. V přímém poškození v souvislosti s poškozením životního prostředí budou park Folimanka a potok Botič. Vzhledem k tomu, že Nuselský most představuje páteřní dopravní tepnu Prahy, je velmi pravděpodobné, že dojde k omezení hromadné i osobní dopravy. Přerušena bude doprava nejen na mostě (metro, automobily), ale také pod ním, kde se nachází tramvajová a železniční trať. Kongesce budou vznikat po celém území hlavního města.

Tabulka 22: Dopady způsobené zemětřesením pro 6 hodin [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none"> • nárůst počtu úmrtí a zranění vyvolaných postupným selháváním mostu • úmrtí či zhoršení zdravotního stavu osob na mostě a v jeho okolí z důvodu nedostatku zdravotnického personálu a léků • kritická situace bude především v oblasti pod mostem, kde se nachází občanská vybavenost (kancelářské budovy, Sport bar Time, penzion Beta), sportovní hala Folimanka a dětské hřiště • uvěznění přeživších v podchodu nacházejícím se pod mostem, které může zvýšit počet úmrtí • hrozba udušení nebo zhoršeného dýchání u osob uvězněných v sutinách • v letních měsících zvýšená pravděpodobnost dehydratace a v zimních měsících riziko podchlazení,
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none"> • plné uvědomění si závažnosti situace • prohloubení pocitu beznaděje • obavy o budoucnost • stres z probíhající evakuace • nástup vandalismu v obchodech, restauracích a obytných domech nacházejících se v přilehlé oblasti mostu • obava z možné exploze čerpací stanice

Majetek	<ul style="list-style-type: none"> • rabování nebo poškození majetku způsobené kriminální činností v přilehlé oblasti mostu • nárůst škod na majetku zapříčiněný domino efektem (například postupný únik paliva z čerpací stanice může v kombinaci s poškozením elektrického vedení vést k požáru)
Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none"> • vzrůstající nejistota a obavy z budoucnosti • přerušení významné dopravní tepny a s tím spojené komplikované vypořádání • nedostatek prostředků a sil pro obnovu • občanské nepokoje spojené s přerušením linky C pražského metra a železniční a tramvajové trati nacházející se pod mostem
Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none"> • kontaminace půdy, podzemních vod a ovzduší zapříčiněná velkým počtem dopravních nehod a čerpací stanic • zvýšení hluku v oblasti objízdných tras • kontaminace potoku Botič a jeho povodí (Hostivařská přehrada) a s tím spojený úhyn fauny a flory
Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none"> • přetrvávající problém s nedostatkem elektrické energie v poškozené oblasti • přerušení významné dopravní tepny a s tím spojené komplikované vypořádání s přesměrováním dopravy • kongesce • kolaps hromadné dopravy • velké vytížení nouzových služeb (policie, hasiči, záchranná služba) • narušení plynového potrubí a vodovodů

Z tabulky 22 vyplývá, že po šesti hodinách dojde k nárůstu počtu mrtvých a zhoršení zdravotního stavu u zraněných především z důvodu složité přístupnosti zavalených oblastí. Situace bude nejkritičtější pod mostem. Dojde k plnému uvědomění si situace u svědků události, které může mít za následek jejich psychické zhroucení. Stres z události se bude postupně šířit do celého města. K dalšímu poškození na majetku může dojít domino efekty, a to především v souvislosti s benzínovou pumpou a narušením statiky mostu či přilehlých domů. Přetrvávat budou problémy s hromadnou i osobní dopravou, dojde však ke stanovení objízdných tras a tím k postupnému zlepšování se situace. Může dojít k úhynu fauny a flóry nacházející se v potoce Botič a ke kontaminaci půdy v okolí mostu.

Tabulka 23: Dopady způsobené zemětřesením pro 3 dny [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none"> • úmrtí v nemocnici v důsledku vážných poranění • přetrvávající dýchací problémy obyvatel v přilehlých oblastech • problémy se zásobováním, především pitnou vodou a léky • zvýšení pravděpodobnosti dopravních nehod vyvolaných zahuštěním dopravy (zejména kamionové) na objízdných trasách • zhoršení hygienické situace (výskyt krys, narůstající odpad)
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none"> • stále přetrvávající pocit beznaděje • ohrožení bezpečí lidí v důsledku zvýšené kriminality v postižené oblasti
Majetek	<ul style="list-style-type: none"> • ztráta zisku obchodů a restaurací z důvodu výpadku zásobování a úbytku zákazníků • dodatečné narušení statiky budov na poškozeném území, které vedou k částečné či úplné demolici • zhoršení stavu pozemních komunikací na objízdných trasách • přetrvávající stav rabování a krádeží
Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none"> • zhoršení životní úrovně obyvatel žijících na objízdných trasách • přetrvávající obtíže s dopravní obslužností postižených oblastí • pokračují obavy obyvatel o budoucnost
Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none"> • hromadící se odpad v poškozené oblasti jako následek ztížené dopravní obslužnosti • přetrvávající problém s kontaminací ovzduší, půdy, podzemních vod a Botiče
Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none"> • stále přetrvávající problém s nedostatkem elektrické energie v poškozené oblasti • přetížení oblastí objízdných tras • kongesce • pokračující obtížná situace se zásobováním a dopravní obslužností postiženého místa

Z tabulky 23 vyplývá, že situace bude závažná také po třech dnech od události. Ke ztrátám na životech bude docházet výhradně v nemocnicích v důsledku závažných poranění. Dojde ke zhoršení hygienické situace v okolí mostu, a to kvůli ztížené dopravní obslužnosti daného místa a přetrvávajícím problémům s dodávkou elektrické energie do poškozené oblasti. Postižená oblast bude také místem častého rabování a zvýšené kriminality. Objízdné trasy budou přetížené, což zapříčiní nárůst stresu mezi obyvateli.

4.2.2. Stanovení dopadů pro vichřici

K stanovení dopadů vichřice na most je využita stejná metoda jako pro zemětřesení, a to analýza What – If. Jednotlivé tabulky odpovídají bezprostřednímu okamžiku po zasažení vichřicí (tabulka 24), 6 hodinám po vichřici (tabulka 25) a 3 dnům po vichřici (tabulka 26).

Tabulka 24: Dopady způsobené vichřicí pro 0 hodin [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none">• ztráty na životech či poranění v důsledku dopravní havárie na mostu• poranění nebo úmrtí obyvatel pohybujících se na mostě po zasažení uvolněnými předměty (hrazení, dopravní značky), nebo dezorientací způsobenou zvýšenou prašností• ohrožení statiky mostu• pád vozidla z mostu a tím způsobené vážné zranění nebo úmrtí osob nacházejících v autě a v dopadové zóně
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none">• panika, stres, šok z vichřice nebo havárie• psychické zhroucení lidí nacházejících na mostě (v autě, v metru, chodci)
Majetek	<ul style="list-style-type: none">• poškození majetku v důsledku automobilové havárie nebo uvolněných předmětů• poškození domů či automobilů z důvodu pádu automobilu z mostu
Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none">• beznaděj svědků a poškozených osob vichřice• šířící se panika osob na mostě
Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none">• zamoření ovzduší prachem
Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none">• přerušení provozu metra a automobilové dopravy na mostě a v přilehlých oblastech• vznik kongescí a narušení elektrického vedení• porušení statiky mostu

Z tabulky 24 vyplývá, že k největším ztrátám na lidských životech dojde v důsledku uvolnění předmětů na mostě nebo dopravní havárií. Při velmi silné vichřici může dojít ke slabšímu narušení statiky mostu a tím tak k uvolnění některých částí, což může vést k ohrožení chráněných aktiv nacházejících se pod mostem. Bezprostředně po zásahu pohromy dojde k panice a šoku zúčastněných lidí. Z pohledu životního prostředí je velmi důležitým aspektem zamoření ovzduší prachem. Postupně dojde ke vzniku kongescí vyvolaných přerušenu automobilovou dopravou i linky metra C.

Tabulka 25: Dopady způsobené vichřicí pro 6 hodin [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none"> • úmrtí nebo zhoršení zdravotního stavu lidí u poraněných osob • respirační problémy lidí • ohrožení statiky mostu
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none"> • obavy z dopadu vichřice na statiku mostu • panika lidí obávajících se ze selhání části mostu vlivem vichřice • stres a šok
Majetek	<ul style="list-style-type: none"> • dodatečné škody na budovách a infrastrukturách způsobené uvolněnými částmi mostu či padajícími předměty
Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none"> • přetrvávající beznaděj svědků a poškozených osob vichřice • přerušení významné dopravní tepny a s tím spojené komplikované vypořádání
Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none"> • přetrvává zamoření ovzduší prachem
Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none"> • přetrvávající problém s nedostatkem elektrické energie v poškozené oblasti • přerušení významné dopravní tepny a s tím spojené komplikované vypořádání s přesměrováním dopravy • kongesce • kolaps hromadné dopravy

Z tabulky 25 vyplývá, že po šesti hodinách od události bude z pohledu životů a zdraví lidí největším problémem uvíznutí v sutinách spojené s respiračními problémy. Uvolněné objekty mohou dodatečně poškodit majetek pod Nuselským mostem. Rychle se šířící zpráva o pohromě bude vést k narůstajícímu stresu a panice z pohromy. Dopravní situace v celém hlavním městě bude kritická a na objezdných trasách se budou tvořit kongesce.

Tabulka 26: Dopady způsobené vichřicí pro 3 dny [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none"> • úmrtí v nemocnici v důsledku vážných poranění • přetrvávající dýchací problémy obyvatel v přilehlých oblastech
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none"> • obavy lidí žijící v postižené oblasti o stabilitu mostu • rabování • snížená ochrana majetku vlivem výpadu bezpečnostních hlásičů
Majetek	<ul style="list-style-type: none"> • znehodnocení potravin v postižené oblasti v důsledku výpadku elektrické energie • škody na budovách a technologiích vlivem narušení statiky • ztráta zisku v poškozené oblasti
Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none"> • snížená úroveň hygieny • narušení zásobování

Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none"> • narušení přírodních ekosystémů • hromadící se odpad v poškozené oblasti jako následek ztížené dopravní obslužnosti
Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none"> • přetrvávající problém s nedostatkem elektrické energie v poškozené oblasti • přerušení významné dopravní tepny a s tím spojené komplikované vypořádání s přesměrováním dopravy • kongesce

Z tabulky 26 vyplývá, že ztráty na životech po třech dnech budou hlavně v nemocnicích. S tlakem médií bude docházet k prohlubování obav o stabilitu mostu v postižené oblasti a bude docházet k rabování. Dojde ke znehodnocení potravin v důsledku výpadku elektrické energie a společnosti v okolí Nuselského mostu budou mít problémy se ztrátou zisku. Z důvodu špatné dopravní obslužnosti dojde k hromadění odpadků a s tím spojeným zhoršením hygienických standardů. Z pohledu infrastruktury bude stále přetrvávající problém s kongescemi vznikajícími na objízdných trasách.

4.2.3. Stanovení dopadů pro teroristický útok

Předpokládáme, že teroristický útok bude proveden na mostě výbuchem trhaviny. Výsledky analýzy What – If jsou bezprostředně po teroristickém útoku v tabulce 27, 6 hodin po teroristickém útoku v tabulce 28 a 3 dny po teroristickém útoku v tabulce 29.

Tabulka 27: Dopady způsobené teroristickým útokem pro 0 hodin [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none"> • úmrtí či vážná zranění osob po kontaktu s chemickými látkami (rozsah poranění a úmrtí závisí na typu použité chemické látky) • úmrtí, vážná zranění osob vyvolaná selháním mostu po bombovém výbuchu • ztráty na životech či poranění v důsledku dopravní havárie na mostu a v jeho bezprostřední blízkosti • poranění nebo úmrtí obyvatel zasažených uvolněnými částmi mostu, především v místech dětského hřiště, sportovní arény Folimanka a dalších budov v oblasti pod mostem • úmrtí nebo vážná zranění osob v důsledku výbuchu čerpací stanice nacházející se pod Nuselským mostem
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none"> • panika, šok z útoku a následného šíření chemických látek • psychické zhroucení a paralýza svědků událostí • chaos a stres při evakuaci
Majetek	<ul style="list-style-type: none"> • poškození majetku osob nacházejících se na mostě nebo v jeho okolí (auta na přilehlých parkovištích a v ulicích, čerpací stanice, budovy pod mostem)

	<ul style="list-style-type: none"> • poškození samotného mostu nebo přilehlé silnice
Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none"> • bezprostřední obavy z dalšího možného útoku • beznaděj svědků události • šířící se panika osob uvězněných na mostě
Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none"> • zamoření ovzduší prachem • zamoření ovzduší chemickými látkami • intoxikace fauny a flóry • přímá kontaminace půdy v okolí v důsledku úniku chemických látek • přímé znečištění potoka Botiče v důsledku úniku chemických látek • přímé znečištění potoka Botiče v důsledku úniku paliva z přilehlé čerpací stanice • devastace a zamoření parku Folimanka
Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none"> • přerušení dopravy na mostě (automobilová doprava, metro) • přerušení tramvajové a železniční dopravy pod mostem • vznik kongescí • narušení statiky mostu • narušení elektrického vedení

Z tabulky 27 vyplývá, že oproti předchozím pohromám je hlavní rozdíl ve skutečnosti, že při teroristickém útoku může být použita nebezpečná chemická látka, která má vlastní dopady na zdraví lidí a životní prostředí. Na mostě i v jeho okolí nastane panika a beznaděj a svědci budou mít obavy z dalšího možného útoku. Stejně jako u zemětřesení dojde k vážným poraněním, ztrátám na životech a majetku z důvodu narušení objektu. V závislosti na použité chemické látce dojde k zamoření ovzduší, intoxikaci fauny a flóry, či znečištění potoku Botiče. Dojde k výpadkům elektrické energie a přerušení dopravy což bude mít za důsledek vznikající kongesce.

Tabulka 28: Dopady způsobené teroristickým útokem pro 6 hodin [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none"> • nárůst úmrtí kvůli obtížnému přístupu ke zraněným (na mostě, v sutinách pod ním) • stoupající počet zraněných, mrtvých zasažených chemickými látkami • respirační problémy obyvatel z důvodu vysoké prašnosti • psychické újmy svědků a zraněných
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none"> • přetrvávající šok z události a ztráta pocitu bezpečí • obavy z dalšího možného útoku v metropoli, exploze čerpací stanice a šířící se toxické látky
Majetek	<ul style="list-style-type: none"> • nárůst škod způsobený domino efektem (výbuch čerpací stanice v kombinaci s narušeným elektrickým vedením může vést k požáru, narušení statiky domů a jejich následné zřícení)

	<ul style="list-style-type: none"> škody způsobené rabováním v obchodech, restauracích či na benzínové pumpě pod mostem vykrádání bytů v poničených domech
Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none"> narůstající obavy z nedostatečného zabezpečení města proti teroristickým útokům ochromení důležité dopravní tepny a s tím spojené obtíže (přerušení provozu metra C, neprůjezdnost mostu, přerušení provozu tramvajové a železniční dopravy pod mostem) složitá dopravní dostupnost oblasti pod Nuselským mostem
Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none"> poškození půdy jako důsledek úniku toxických látek rozsáhlé znečištění potoku Botič a jeho povodí (Hostivařská přehrada) jako důsledek úniku toxických látek úhyn fauny a flóry (převážné v parku Folimanka a v potoce Botič) prach v ovzduší
Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none"> stále trvající přerušení dopravy na mostě a pod ním vznik kongescí na objízdnych trasách a kolaps hromadné dopravy zvýšená pravděpodobnost dopravních nehod na objízdnych trasách přetrvávající problém s nedostatkem elektrické energie velké vytížení nouzových složek (policie, hasiči, záchranná služba)

Z tabulky 28 vyplývá, že velký problém je ochrana lidí před působením chemických látek. Bezpečí lidí v celé metropoli je velmi ohrožené a přetrvává panika a stres z dalšího útoku a šíření toxické látky. Stále přetrvává obava z narušení statiky mostu a s tím spojené ohrožení obyvatel i majetku nacházejících se na mostě i pod ním. Stále přetrvávající narušení životního prostředí v oblasti Nuselského mostu (Folimanka, Botič, intoxikace fauny a flóry). Dochází k velkému vytížení nouzových složek a stejně jako u předchozích pohrom dochází k přerušení elektrické energie a dopravnímu kolapsu.

Tabulka 29: Dopady způsobené teroristickým útokem pro 3 dny [autor]

Chráněné aktivum	Možné dopady
Životy a zdraví lidí	<ul style="list-style-type: none"> úmrť zapříčiněná kontaktem s toxickou látkou úmrť v nemocnici v důsledku vážného poranění zvýšená pravděpodobnost dodatečné intoxikace obyvatelstva respirační problémy
Bezpečí lidí	<ul style="list-style-type: none"> přetrvávající obavy z dalšího možného útoku přetrvávající ztráta pocitu bezpečí, nejistota z budoucnosti plné uvědomění si závažnosti situace (první velký teroristický útok v ČR)
Majetek	<ul style="list-style-type: none"> ohromné ztráty zisku obchodů a restaurací z důvodu výpadku zásobování a úbytku zákazníků, který je zapříčiněn obavou z intoxikace zhoršení stavu pozemních komunikací na objízdnych trasách

Veřejné blaho	<ul style="list-style-type: none"> • neobyvatelnost postižené oblasti zapříčiněná možným výskytem toxických látek • přetrvávající obtíže s dopravní obslužností postižených oblastí • pokračují obavy obyvatel o budoucnost • zhoršení životní úrovně obyvatel žijících na objízdných trasách • zhoršení životní úrovně obyvatel v náhradních domovech • nedostatek prostředků a sil na obnovu postižené oblasti
Životní prostředí	<ul style="list-style-type: none"> • další případy kontaminace ovzduší, půdy, podzemních vod • složitá situace s dekontaminací vodních toků a ploch, které jsou v povodí potoku Botiče • narůstající ztráty v oblasti fauny a flóry
Infrastruktura a technologie	<ul style="list-style-type: none"> • neustávající vytížení nouzových složek (policie, hasiči, záchranná služba) s vyšší pravděpodobností jejich chybovosti (únava, stres) • zhoršující se situace na objízdných trasách (kongesce, stav vozovky)

Z tabulky 29 vyplývá, že největším zdrojem vážných zranění a úmrtí je po třech dnech styk s toxickou látkou a také úmrtí vyvolaná v důsledku vážného poranění. Lidé si uvědomují, že se jedná o první velký teroristický útok a obavy z dalšího útoku stále neopadají. Přetrvává pocit nejistoty a zhoršení životní úrovně obyvatel. Dochází k ohromným ztrátám na zisku z důvodu výpadku zásobování. Přibývají ztráty v oblasti fauny a flóry. Vytížení nouzových složek je stále větší a dochází k větší chybovosti z důvodu únavy. Situace na objízdných trasách je stále velmi nepříjemná a vznikají zde kongesce.

5. Plán řízení rizik

Dalším logickým krokem v úseku bezpečnosti je vypořádat se s riziky a navrhnout přiměřená opatření, která mohou minimalizovat nepříjemné dopady na chráněná aktiva, na základě konceptu integrální bezpečnosti, tedy zaměření se na několik nesouměřitelných chráněných aktiv.

5.1. Návrh obecných opatření pro konkrétní dopady

Výsledky uvedené v kapitole 4 ukazují, že při zemětřesení může dojít k vážnému poškození až prolomení mostu a na základě toho k nepříjemným dopadům na chráněná aktiva, která se nachází na mostě a v jeho okolí. Proto je třeba provést určitá opatření. Výčet základních opatření je shrnut v tabulce 30.

Tabulka 30: Opatření pro zvládnutí silného zemětřesení [autor]

Nepříjemný dopad z W-I	Návrh opatření
Uvolnění částí mostu	<ul style="list-style-type: none">• technická opatření ochranného charakteru• včasné varování• rychlá reakce nouzových služeb• odstranění trosk
Stres a panika	<ul style="list-style-type: none">• komunikace s veřejností
Výbuch benzinové pumpy	<ul style="list-style-type: none">• technická opatření ochranného charakteru• rychlá odezva• zabránění šíření požáru• odstranění trosk
Přerušování dopravy	<ul style="list-style-type: none">• technická opatření• zajištění náhradní dopravní obslužnosti
Zvýšená kriminalita	<ul style="list-style-type: none">• zefektivnění práce policie• posílení zabezpečení na úseku veřejné bezpečnosti (armáda, vězeňská služba)

Z tabulky 30 vyplývá, že pro zemětřesení je velkou hrozbou porušení statiky mostu a uvolnění částí mostu. Je třeba provést technická opatření ke zrychlení obnovy stability mostu. Pro snížení ztrát a škod pomůže též včasné varování obyvatel na mostě a pod ním. Lidé budou panikařit. Je nutná příprava veřejné správy na to, že v případě výbuchu benzinové pumpy a s tím spojeného požáru a rozptylu nebezpečných látek je třeba rychle zajistit ukrytí lidí. Zcela jistě dojde k přerušení dopravy na mostě, a to jak silniční tak železniční. Musí být připraven plán náhradní dopravy a jasně stanovené objízdne trasy. Je třeba počítat s tím, že po výskytu pohromy bude zvýšená kriminalita. Opatření pro případ výskytu vichřice jsou uvedeny v tabulce 31.

Tabulka 31: Opatření pro zvládnutí vichřice [autor]

Nepříjemný dopad z W-I	Opatření
Zásah uvolněnými předměty	<ul style="list-style-type: none"> • technická opatření ochranného charakteru • rychlá reakce nouzových služeb
Zamoření ovzduší prachem	<ul style="list-style-type: none"> • komunikace s veřejností a uklidnění obyvatel
Dopravní havárie	<ul style="list-style-type: none"> • rychlá odezva IZS
Přerušení dopravy	<ul style="list-style-type: none"> • technická opatření • zajištění náhradních dopravních tras

Z tabulky 31 vyplývá, že při vichřici dojde k uvolňování předmětů nacházejících se na mostě (dopravní značky, hrazení). V okolí dojde k zamoření ovzduší prachem, což způsobí újmu na životním prostředí a zdraví lidí. Kombinace výše zmíněných nepříjemných dopadů bude mít za důsledek zvýšenou pravděpodobnost dopravní nehody na Nuselském mostě, kde bude třeba rychlá reakce složek IZS. Stejně jako tomu bylo u zemětřesení, dojde k přerušení dopravy automobilů na mostě i metra linky C uvnitř mostu. Bude třeba zajistit objízdne trasy. V tabulce 32 jsou opatření pro teroristický útok.

Tabulka 32: Opatření pro zvládnutí teroristického útoku [autor]

Nepříjemný dopad z W-I	Opatření
Kontakt občanů s chemickými látkami	<ul style="list-style-type: none">• technická opatření ochranného charakteru• včasné varování• rychlá reakce nouzových služeb
Uvolnění části mostu	<ul style="list-style-type: none">• technická opatření ochranného charakteru• včasné varování• rychlá reakce nouzových služeb
Stres, panika a obavy z budoucnosti	<ul style="list-style-type: none">• plán komunikace s veřejností
Intoxikace fauny a flóry	<ul style="list-style-type: none">• rychlá reakce nouzových služeb• zabránění šíření intoxikace
Přerušování dopravy	<ul style="list-style-type: none">• technická opatření• zajištění náhradních dopravních tras

Z tabulky 32 vyplývá, že u teroristického útoku je stěžejní identifikace nebezpečné chemické látky, která byla použita. Kontakt s danými látkami může mít ničivý efekt na lidské zdraví, životy lidí, majetek i životní prostředí. Je tedy důležité mít připravené technické řešení pro zjištění povahy látky a nejrychlejší možné vypořádání s ní. Proto je nutné mít plán odezvy a prostředky pro včasné varování obyvatel v poškozené oblasti. Stejně jako u zemětřesení může dojít k uvolnění částí mostu a přerušování dopravy. Proto je třeba provést akce na zvýšení zajištění veřejného pořádku a veřejné bezpečnosti, aby se předešlo výraznému zhoršení atmosféry mezi obyvateli v postižené oblasti.

5.2. Plán řízení rizik pro vybrané pohromy

Pro potřeby řízení rizik je třeba u každého rizika stanovit pravděpodobnost výskytu v dané oblasti, ocenění výše dopadu a navrhnout opatření pro zmírnění rizika. Pravděpodobnosti výskytu a míra velikosti dopadů jsou převzaty z prací [6, 24]. Stupně pravděpodobnosti jsou: malá – jednou za 50 let, střední – jednou za 5 let, velká – jednou za půl roku. Stupně škod jsou: malé – škody menší než 500 000 Kč, střední – škody od 500 000 Kč do 5 000 000 Kč a ztráty na životech menší než 5, velké – škody větší než 5 000 000 Kč a ztráty na životech větší než 5. Plán řízení rizik pro vybrané pohromy je v tabulce 33.

Tabulka 33: Řízení rizik pro vybrané pohromy [autor]

Pohroma	Oblast rizika	Popis rizika	Pravděpodobnost výskytu / dopady	Opatření na zmírnění rizika
Zemětřesení, teroristický útok, vichřice	Organizace odezvy	Velké časové zpoždění nouzových služeb (IZS)	Malá / velké	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pravidelné cvičení IZS 2. Příprava a trénink speciálních plánů dle charakteru pohromy
Zemětřesení, teroristický útok, vichřice	Veřejná správa	Velké časové zpoždění v realizaci varování (selhání veřejného rozhlasu, sirén, apod.)	Malá / střední	<ol style="list-style-type: none"> 1. Příprava a trénink veřejné správy v provedení speciálních plánů pro případ příslušné pohromy 2. Připravený text k provedení varování 3. Pravidelné testování rozhlasu 4. Zajištění nevládní organizace pro varování hluchých obyvatel
Zemětřesení, teroristický útok, vichřice	Špatná reakce veřejné správy	Zpožděná evakuace	Malá / střední	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zajistit výcvik veřejné správy 2. Pravidelně procvičovat součinnost veřejné správy a IZS 3. Zajistit pravidelné kontroly obecních úřadů, zda jsou připraveny na evakuace, tj. zda mají smlouvy na objekty, do kterých provedou evakuaci, a na autobusy kterými provedou evakuaci. 4. Mít připravené texty zpráv pro zahájení evakuace 5. Zajistit informovanost obyvatel.

Zemětřesení, teroristický útok, vichřice	Ztráta zkušených pracovníků ochodem do zahraníčí	Ztráta odbornosti	Malá / velké	1. Nabídka perspektivního zaměstnání 2. Finanční a firemní benefity
Teroristický útok	Podcenění možnosti teroristického útku	Selhání zpravodajských služeb	Malá / střední	1. Pravidelná kontrola činností zpravodajských služeb, zda jsou efektivní nebo ne. 2. Parlament bude kontinuálně sledovat zda pracují efektivně

Z tabulky 33 vyplývá, že existují ve sledované oblasti prioritní rizika, a že všechna patří do oblasti řízení, a to hlavně odezvy (tj. vyvolávají tzv. organizační havárie). Pravděpodobnost jejich realizace je malá, ale dopady jsou střední až velké. Proto je třeba věnovat péči výcviku veřejné správy a bezpečnostních složek, a je třeba mít akceschopné složky, právní postupy odezvy a rezervy pro odezvu.

5.3. Matice odpovědnosti pro odvrácení nebo zvládnutí odezvy na teroristický útok

V práci byla studována závažná rizika pro Nuselský most. Pro zemětřesení bylo zpracováno velmi podrobné hodnocení, které ukázalo, že sice nejsou zvaženy požadavky současné normy (Eurokód 8), ale probíhá zodolnění mostu. Jelikož v současné době (listopad 2015) je velké nebezpečí výskytu teroristického útoku, je pro zajištění optimálního řešení pro odvrácení či efektivní zvládnutí teroristického útoku stanovena obecná matice odpovědnosti (tabulka 34). V matici se pro každou činnost stanovuje způsob řízení, tj. koordinující resort – P a podpůrné resorty – S. Podpůrné resorty se dále číslují dle důležitosti v případě, že jich u jedné činnosti figuruje více najednou.

Tabulka 34: Matice odpovědnosti pro odvrácení nebo zvládnutí teroristického útoku [autor]

Odpovědné složky Činnosti	Předseda parlamentu	Předseda vlády	Hejtmán	Starosta obce s rozšířenou působností	Starosta obce
Systém řízení bezpečnosti zahrnující ochranu proti pohromám včetně teroristického útoku	P	S1	S2	S3	S4
Realizace monitoringu úrovně bezpečnosti	P	S1	S2	S3	S4
Správné rozhodování ve prospěch bezpečí a rozvoje občanů a státu v krátkodobém i dlouhodobém časovém intervalu	P	S1	S2	S3	S4

Z tabulky 34 jasně vyplývá, že Parlament ČR by měl být vysoce akceschopný a vytvořit fungující systém řízení bezpečnosti, aby ČR plnila základní funkce státu za všech podmínek.

Závěr

Základní funkcí státu je zajistit bezpečí chráněných veřejných zájmů a udržitelný rozvoj státu. Bezpečnost dopravy i kritické dopravní infrastruktury je velmi zásadní, protože doprava uspokojuje základní potřeby obyvatelstva, tj. přemísťování lidí a hmotných statků.

Nuselský most patří k nejvýznamnějším dopravním stavbám v Praze a v případě jeho vážného poškození až zničení by došlo k nepřijatelným dopadům na chráněná aktiva celé Prahy. Proto je mu věnována zvláštní péče od výstavby až do dneška. Předložená práce posoudila zabezpečení mostu pomocí metod a přístupů rizikového inženýrství. V bezprostředním okolí mostu byla provedena rekognoscace terénu s cílem vymezit konkrétní kritická místa, která by v případě pohromy byla v největším ohrožení. Na základě provedené analýzy byly stanoveny dopady na životy a zdraví lidí, majetek, veřejné blaho, životní prostředí, bezpečí lidí a technologie a infrastrukturu pro vybrané pohromy (zemětřesení, teroristický útok a vichřice).

Výsledky práce ukazují, že při velkém zemětřesení a teroristickém útoku je možné vážné porušení až prolomení mostu, s čímž jsou spojené odpadávající úlomky do oblasti pod mostem a selhání dopravní obslužnosti. Proto v případě výskytu jmenovaných pohrom je nutné rychle zajistit ukrytí obyvatel a efektivní evakuaci postižené oblasti. U teroristického útoku je navíc stěžejní rychlá identifikace použité nebezpečné chemické látky a zajištění příslušných ochranných opatření pro občany v postižené oblasti.

Protože sledované pohromy jsou možné a jejich velikosti jsou takové, že způsobí vážné škody, ztráty a újmy, byl sestaven plán řízení rizik, která jsou spojena s odezvou na kritické situace (tabulka 33). Jelikož výcvik IZS a dalších bezpečnostních složek je na dobré úrovni, předmětná tabulka ukazuje, že velké úkoly stojí před veřejnou správou.

Závěrem je třeba zdůraznit, že pro opatření v řízení bezpečnosti dopravních staveb, dopravní infrastruktury, dalších infrastruktur a celého státu musí zajistit Parlament ČR vhodné podmínky, a to v rámci prevence, připravenosti odezvy a obnovy. Jde především o řešení problému na úrovni technické, protože na ní je úspěšnost až 80%. K tomu je nutné dbát na technickou vzdělanost a podporovat úsilí technických škol a univerzit.

Seznam použité literatury

- [1] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Analýza a řízení rizik*. Praha: České vysoké učení technické, 2011, 405 s. ISBN 978-80-01-04841-2.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012, 318 s. ISBN 978-80-01-05103-0.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013, 223 s. ISBN 978-80-01-05245-7.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství, 2015, 208 stran. ISBN 978-80-01-05771-1.
- [5] What is a disaster? *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* [online]. [b.r.] [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <https://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/>
- [6] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Rizika spojená s pohromami a inženýrské postupy pro jejich zvládnutí*. Praha: České vysoké učení technické, Fakulta dopravní, Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství, 2013, 234 s. ISBN 978-80-01-05479-6.
- [7] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 25 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-022-7.
- [8] PROCHÁZKOVÁ, Dana. Zemětřesení v Kalifornii. *Vesmír*. 1990, 3.
- [9] PROCHÁZKOVÁ, Dana a Kateřina DEMJANČUKOVÁ. *Earthquakes, hazards and principles for trade-off with risks*. Plzeň: University of West Bohemia, 2012, 215 s. ISBN 978-80-261-0170-3.
- [10] Encyclopedie Britannica. *San Francisco - Oakland earthquake of 1989*. [Online] 2015. <http://www.britannica.com/event/San-Francisco-Oakland-earthquake-of-1989>.
- [11] ARATON, Harvey. The New York Times. *When the Earth Shook and the Series Stood Still*. [Online] 2014. http://www.nytimes.com/2014/10/26/sports/baseball/when-the-earth-shook-and-the-series-stood-still.html?_r=0.
- [12] Jamrtal. *Historie projektu*. [Online] 2012. <http://www.jamrtal.com/nuselsky-most/#!>.
- [13] DAHINTER, Karel. EARCH. *Nuselský most - 40 let od uvedení do provozu*. [Online] 2014. <http://www.earch.cz/cs/architektura/nuselsky-most-40-let-od-uvedeni-do-provozu>.
- [14] Semecký, Antonín. *Ústní sdělení*. Technická správa komunikací hl. m. Prahy, 2014-10-20.

- [15] PROCHÁZKOVÁ, Dana a Pavel ŠIMŮNEK. *Fundamental data for determining seismic hazard for localities in Central Europe*. Praha: Ústav mezinárodních vztahů, 1998, 132 s. ISBN 80-238-2661-1.
- [16] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. Praha: České vysoké učení technické, 2011, 369 s. ISBN 978-80-01-04842-9.
- [17] 1998-1, ČSN EN. *Eurokód 8: navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení. Část 1: Obecná pravidla, seismická zatížení a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [18] Praha zelená. Park Folimanka. [Online] 2014. <http://www.prahazelena.cz/park-folimanka.html>.
- [19] Praha sportovní. Sportovní hala Folimanka. [Online] [b.r.]. http://www.prahasportovni.cz/sportovni-hala-folimanka_a6841.
- [20] Pražská příroda. Botič. [Online] [b.r.]. <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-toky/botic/>.
- [21] Pražská integrovaná doprava. Map IDOS. [Online] 2015. <http://mapy.idos.cz/pid/?context=PEMgeDI9IjAiIGQxY3I9IjIwMTUtMTEtMDIUMDk6NTk6MDAiIGRhGVTdHI9IiIgdGltZVN0cj0iLiBwNj0iMCIgcDg9IjAiIHxMD0iMCI.PGYgaUxpc3RJR00iMzAxMDAzIiBpSXRlbT0iMTYyMyIgc05hbWU9Ik9zdHLEjWl3b3ZvIG7DoW3Em3N0w60iIC8.PC9DPg--&id=&lng=c>.
- [22] Hotel Beta. Penzion Beta. [Online] [b.r.]. <http://www.hotelbeta.cz/penzion/>.
- [23] Pražskej Rej. Sport Bar Time. [Online] 2012. <http://www.prazskejrej.cz/podnik-82-sport-bar-time/?back=4ey0p>.

Seznam obrázků

- Obrázek 1:** Schéma komplexního systému řízení bezpečnosti zpracováno dle [2]
- Obrázek 2:** Schéma systému systémů s vyznačenými toky a vazbami, zpracováno dle [4]
- Obrázek 3:** Úrovně řízení a vypořádání rizik, zpracováno dle [4]
- Obrázek 4:** Schéma rozdělení pohrom zpracováno dle [6]
- Obrázek 5:** Matice kritičnosti [3]
- Obrázek 6:** Most Cypress Street Viaduct po zemětřesení v Californii v roce 1989 [11]
- Obrázek 7:** Statická zkouška Nuselského mostu [12]
- Obrázek 8:** Dynamická zkouška Nuselského mostu [12]
- Obrázek 9:** Boční a podélný řez mostu [14]
- Obrázek 10:** Mapa ohniskových oblastí ve střední Evropě [15]
- Obrázek 11:** Relevantní zemětřesení [autor]
- Obrázek 12:** Útlum intenzity zemětřesení od místa vzniku se vzdáleností [4]
- Obrázek 13:** Průběh funkcí vyjadřující pravděpodobnost nepřekročení pro časové intervaly 0,5 až 1000 let [4]
- Obrázek 14:** Četnostní graf [autor]
- Obrázek 15:** Křivky pravděpodobnosti nepřekročení hodnoty I v příslušném časovém intervalu [autor]
- Obrázek 16:** Čerpací stanice Agip pod Nuselským mostem [autor]
- Obrázek 17:** Parkoviště pod Nuselským mostem [autor]
- Obrázek 18:** Území postižené zemětřesením s vyznačenými chráněnými aktivy [autor]

Seznam tabulek

Tabulka 1: Seznam základních pojmů [1]

Tabulka 2: Přírodní pohromy [6]

Tabulka 3: Pohromy v životním prostředí [6]

Tabulka 4: Neúmyslné poruchy chování [6]

Tabulka 5: Úmyslné činy lidí [6]

Tabulka 6: Nehody, skoronehody a havárie [6]

Tabulka 7: Selhání infrastruktur [6]

Tabulka 8: Selhání technologií [6]

Tabulka 9: Pohromy vyvolané odezvou planety a životního prostředí na antropogenní činnosti [6]

Tabulka 10: Pohromy vyvolané změnami ve stabilitě lidské společnosti [6]

Tabulka 11: Klasifikace zemětřesení dle intenzity a zrychlení [6]

Tabulka 12: Beaufurtova stupnice síly větru [6]

Tabulka 13: Technické údaje mostu [14]

Tabulka 14: Relevantní zemětřesení pro oblast Nuselského mostu [autor]

Tabulka 15: Tabulka s možnými dopady na chráněná aktiva v dané oblasti [16]

Tabulka 16: Kumulativní četnosti intenzit [autor]

Tabulka 17: Pravděpodobnost překročení pro jednotlivé intenzity [autor]

Tabulka 18: PST nepřekročení pro jednotlivé intenzity a časové intervaly [autor]

Tabulka 19: Výsledné hodnoty očekávaných intenzit zemětřesení [autor]

Tabulka 20: Výčet chráněných aktiv pro oblast pod Nuselským mostem [autor]

Tabulka 21: Dopady způsobené velkým zemětřesením pro 0 hodin [autor]

Tabulka 22: Dopady způsobené zemětřesením pro 6 hodin [autor]

Tabulka 23: Dopady způsobené zemětřesením pro 3 dny [autor]

Tabulka 24: Dopady způsobené vichřicí pro 0 hodin [autor]

Tabulka 25: Dopady způsobené vichřicí pro 6 hodin [autor]

Tabulka 26: Dopady způsobené vichřicí pro 3 dny [autor]

Tabulka 27: Dopady způsobené teroristickým útokem pro 0 hodin [autor]

Tabulka 28: Dopady způsobené teroristickým útokem pro 6 hodin [autor]

Tabulka 29: Dopady způsobené teroristickým útokem pro 3 dny [autor]

Tabulka 30: Opatření pro zvládnutí silného zemětřesení [autor]

Tabulka 31: Opatření pro zvládnutí vichřice [autor]

Tabulka 32: Opatření pro zvládnutí teroristického útoku [autor]

Tabulka 33: Řízení rizik pro vybrané pohromy [autor]

Tabulka 34: Matice odpovědnosti pro odvrácení nebo zvládnutí teroristického útoku [autor]