

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2019

**RICHARD
FREY**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Zranitelnost distribuční soustavy elektrické energie
Libereckého kraje**

Vulnerability of the Liberec Region's Electricity Distribution System

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

Richard Frey

Kladno, červenec 2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Frey** Jméno: **Richard** Osobní číslo: **474878**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Civilní nouzové plánování**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Zranitelnost distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje

Název diplomové práce anglicky:

Vulnerability of the Liberec Region's Electricity Distribution System

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude zpracování analýzy zranitelnosti distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje jakožto prvku kritické infrastruktury. V teoretické části bude popsána distribuční soustava elektrické energie Libereckého kraje, její technické řešení, specifika a vzájemné vazby s dalšími systémy s ohledem na případné narušení funkčnosti soustavy. V praktické části bude provedena identifikace hrozeb, které mohou narušit účelnost distribuční soustavy s významným dopadem na společnost. Na základě identifikovaných hrozeb bude zpracována analýza rizik pomocí "Metodického postupu ANALÝZA". Na základě výsledků této analýzy budou navržena opatření, která přispějí ke zvýšení odolnosti distribuční soustavy elektrické energie v Libereckém kraji a ke zmírnění dopadů dlouhodobého výpadku dodávek elektrické energie.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŘEHÁK, David, Kritická infrastruktura elektroenergetiky: určování, posuzování a ochrana, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013, ISBN 978-80-7385-126-2
- [2] MAREŠ, Miroslav, REKTOŘÍK, Jaroslav a ŠELEŠOVSKÝ, Jan, Krizový management: případové bezpečnostní studie, Ekopress, 2013, ISBN 978-80-86929-92-7
- [3] HRUBÝ, Zdeněk a LUKÁŠEK, Libor, Energetická bezpečnost České republiky, Karolinum, 2015, ISBN 978-80-246-2974

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **09.07.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2020**

prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student(ka) bere na vědomí, že je povinnen(a) vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

1.8.2019

Datum převzetí zadání


Podpis studentky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Zranitelnost distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití 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), ve znění pozdějších předpisů.

V Jiřetíně pod Bukovou doplňte dne 13.08.2019

.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Mgr. Zdeňkovi Honovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady a trpělivost.

Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům společnosti ČEZ Distribuce, a. s. za jejich ochotu a odborný názor.

Abstrakt

Diplomová práce je věnována analýze zranitelnosti distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje jakožto prvku kritické infrastruktury.

Teoretická část obsahuje charakteristiku vztahu mezi energetikou, elektroenergetikou a dalšími prvky kritické infrastruktury s přihlédnutím k energetické bezpečnosti, základní pojmy používané v elektroenergetice, popis elektrizační soustavy a vzájemných vazeb mezi výrobou, přenosem a distribucí elektrické energie a charakteristiku Libereckého kraje z pohledu geografického, klimatického, demografického, administrativního členění, charakteru výroby, infrastruktury a služeb.

Praktická část diplomové práce je věnována analýze zranitelnosti distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje za využití analýzy rizik podle „Metodického postupu ANALÝZA“, který v sobě zahrnuje klíčové a průřezové aktivity.

Výsledkem praktické části diplomové práce je identifikace nejzranitelnějších prvků distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje, kterými jsou nadzemní vedení, významná technologická zařízení, technická dohledová centra, informační systémy a odborně způsobilý personál. K dosažení tohoto cíle bylo potřeba identifikovat hrozby, analyzovat je a ohodnotit.

Diskuse je věnována výsledkům analýzy zranitelnosti distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje. V diskusi jsou také navržena některá opatření ke zvýšení odolnosti distribuční soustavy elektrické energie v Libereckém kraji a ke zmírnění dopadů dlouhodobého výpadku dodávek elektrické energie.

Klíčová slova

Kritická infrastruktura; energetika; elektroenergetika; elektrizační soustava; distribuční soustava elektrické energie; bezpečnost; analýza; hrozba; riziko; zranitelnost; Liberecký kraj.

Abstract

This master thesis is dedicated to the vulnerability analysis of the power grid supplying the Liberec Region as an element of the critical infrastructure.

The theoretical section contains characteristics of relations between the energy industry, power engineering, and other elements of the critical infrastructure taking into the account the energy safety, basic terms used in power engineering, electrical grid description, and mutual links among the production, transmission, and distribution of power as well as the characteristics of the Liberec Region in terms of its geography, climate, demography, administration structure, production characteristics, infrastructure, and services.

The practical section of this master thesis is dedicated to the vulnerability analysis of the Liberec Region power grid using the risk analysis according to the „ANALÝZA (ANALYSIS) Methodological Procedure“, which includes key and cross-sectional activities.

The result of the practical part of the master thesis consists in the identification of the most vulnerable elements of the power grid of the Liberec Region, which are overhead power grids, significant power technological equipments, technical control centers, information systems and competent specialists. In order to achieve this objective, it was necessary to identify the threats, analyse them and make their assessment.

The discussion is focused to the results of the vulnerability analysis of the power grid within the Liberec Region. In addition, some measures leading to improvements in the robustness of the power grid of the Liberec Region and, consequently, to a mitigation of impacts of long-term power failures, were proposed.

Keywords

Critical infrastructure; energy industry; electricity industry; power system; power grid; safety; analysis; threat; risk; vulnerability; the Liberec Region.

Obsah

1	Úvod	16
2	Současný stav	18
2.1	Energetika.....	18
2.2	Energetická bezpečnost	18
2.3	Právní předpisy v oblasti energetické bezpečnosti.....	19
2.4	Energetická koncepce státu.....	22
2.5	Energetický regulační úřad.....	22
2.6	Kritická infrastruktura v energetice	23
2.6.1	Kritická infrastruktura v elektroenergetice	24
2.6.2	Plán krizové připravenosti.....	25
2.6.3	Styčný bezpečnostní zaměstnanec	25
2.7	Stavy nouze v energetice.....	25
2.7.1	Stav nouze v elektroenergetice	25
2.8	Krizové stavy a energetická bezpečnost	27
2.8.1	Stav nebezpečí.....	27
2.8.2	Nouzový stav	27
2.8.3	Stav ohrožení státu	28
2.8.4	Válečný stav	28
2.9	Elektroenergetika.....	28
2.9.1	Některé pojmy užívané v elektroenergetice.....	30
2.10	Výroba elektrické energie	31
2.10.1	Výroba elektrické energie v České republice.....	33
2.11	Přenosová soustava	34

2.11.1	Přenosová soustava České republiky	34
2.12	Distribuční (rozvodná) soustava	36
2.12.1	Distribuční soustava v České republice	38
2.12.2	Princip a popis distribuční soustavy	38
2.12.3	Úroveň velmi vysokého napětí	39
2.12.4	Úroveň vysokého napětí.....	40
2.12.5	Úroveň nízkého napětí	40
2.12.6	Dispečerský řídicí systém	40
2.12.7	Distribuční síť.....	41
2.12.8	Akumulace elektrické energie.....	43
2.12.9	Specifika distribuční soustavy Libereckého kraje	44
2.13	Liberecký kraj	45
2.13.1	Geografický charakter Libereckého kraje.....	46
2.13.2	Charakter klimatu v Libereckém kraji.....	47
2.13.3	Demografický charakter Libereckého kraje	47
2.13.4	Administrativní členění Libereckého kraje	48
2.13.5	Charakter výroby v Libereckém kraji.....	48
2.13.6	Infrastruktura Libereckého kraje	49
2.13.7	Veřejné služby v Libereckém kraji	50
3	Cíl práce a hypotézy	52
3.1	Cíle diplomové práce.....	52
3.2	Hypotézy	52
4	Metodika.....	54
4.1	Analýza rizik jako nástroj krizové managementu	54

4.2	„Metodický postup ANALÝZA“	55
4.3	Klíčové aktivity	56
4.3.1	Stanovení záměrů	56
4.3.2	Posouzení rizik.....	56
4.3.3	Metody identifikace hrozeb (nebezpečí).....	57
4.3.4	Klasifikace hrozeb (nebezpečí)	58
4.3.5	Metoda analýzy rizik.....	58
4.3.6	Metoda hodnocení rizik	68
4.4	Průřezové aktivity	69
4.4.1	Komunikace a konzultace	69
4.4.2	Monitorování a přezkoumávání.....	69
4.5	Analýza zranitelnosti.....	70
5	Výsledky	71
5.1	Identifikované hrozby (nebezpečí) a jejich klasifikace	71
5.1.1	Naturogenní abiotické hrozby	71
5.1.2	Naturogenní biotické hrozby	73
5.1.3	Naturogenní kosmické hrozby	74
5.1.4	Antropogenní technogenní hrozby	74
5.1.5	Antropogenní sociogenní hrozby	77
5.1.6	Antropogenní ekonomické hrozby	79
5.2	Výsledky analýzy rizik.....	79
5.3	Výsledek hodnocení rizik.....	81
5.3.1	Rizika přijatelná	81
5.3.2	Rizika podmíněčně přijatelná	82

5.3.3	Rizika nepřijatelná	82
5.4	Výsledek analýzy zranitelnosti.....	83
5.4.1	Požár v přírodě	83
5.4.2	Epidemie.....	83
5.4.3	Havárie s únikem nebezpečné látky	84
5.4.4	Narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu.....	84
5.4.5	Zvláštní povodeň.....	84
5.4.6	Výbuch v zástavbě nebo průmyslu	84
5.4.7	Narušení funkčnosti a bezpečnosti kritické informační a telekomunikační infrastruktury	85
5.4.8	Ledovka, námraza	85
5.4.9	Sněhová kalamita.....	85
5.4.10	Kriminální činnost.....	86
5.4.11	Požár v zástavbě a průmyslu (transformovny)	87
5.4.12	Porucha (vč. lidské chyby) a jejich kumulace	87
5.4.13	Atmosférický výboj	87
5.4.14	Větrná bouře, větrné úkazy.....	87
5.4.15	Teroristický útok.....	87
5.4.16	Přírozená/přívalová povodeň	88
5.4.17	Vojenské napadení ČR vč. nasazení zbraní EMP	88
5.4.18	Zranitelné prvky distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje.....	88
6	Diskuze	91
6.1	Zranitelnost nadzemního vedení distribuční sítě	91

6.2	Zranitelnost významných technologických zařízení	94
6.3	Zranitelnost technických dohledových center	96
6.4	Zranitelnost informačních systémů.....	97
6.5	Odborně způsobilý personál jako zranitelný prvek	99
6.6	Odolnost elektrizační soustavy České republiky	101
6.7	Výpadek dodávek elektrické energie	102
7	Závěr	105
8	Seznam použitých zkratk	106
9	Seznam použité literatury	107
10	Seznam použitých obrázků	117
11	Seznamu použitých tabulek	118

1 ÚVOD

Každá živá buňka potřebuje ke svému životu energie a člověk není výjimkou. Energie je fyzikální veličina popisující schopnost hmoty, případně látky nebo pole konat práci. Jednotkou energie je joule. Energie může mít různé formy. Dle zákona zachování energie nelze energii zničit ani vytvořit, je možné ji pouze přeměnit z jednoho druhu na jiný. [1]

Od nepaměti člověk využívá energii nejen k prostému přežití, ale i pro zlepšení svých životních podmínek. Podle archeologických nálezů v jeskyni Wonderwerk se vědci domnívají, že hominidé si tepelně upravovali potraviny již před jedním milionem let. S velkou pravděpodobností lze tvrdit, že *„hlavní příčinou vzniku současné rozvinuté společnosti (včetně vysokého stavu globální populace) byl objev využívání fosilních zdrojů energie.“* *„Prakticky každý proces v současné společnosti včetně dalšího rozvoje demokracie, občanských práv i kulturního dění je na té nejzákladnější úrovni spjat s toky energie.“* [2; 3, str. 582]

V průběhu historie člověk zvyšoval a stále zvyšuje své energetické nároky. K uspokojení svých energetických potřeb využívá řadu zdrojů. S výrobou energie úzce souvisí nutnost získanou energii dopravit na určené místo a následně jí zásobit místa, kde je energie spotřebovávána nebo uchovávána pro odloženou spotřebu. To jsou skutečnosti, které vedly k tomu, že člověk vložil obrovské úsilí do poznání, pochopení a ovládnutí energie.

Za téma své diplomové práce jsem zvolil *„Zranitelnost distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje“*. Důvodů pro tuto volbu bylo několik. Tím hlavním byla skutečnost, že dlouhodobě sleduji debaty ve veřejném prostoru na téma budoucnosti elektrizační soustavy, které jsou někdy ovládány více emocemi než odborností. Dále jsem chtěl zpracovat analýzu rizik, při které bych se naučil dovednostem a znalostem využitelným v mé budoucí profesní kariéře. V neposlední řadě to byla také skutečnost, že závažné narušení účelnosti distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje by mělo následky pro

mou osobu a rodinu s ohledem na to, že žijeme v Jizerských horách a byli bychom nuceni se vyrovnat s následky dlouhodobého výpadku dodávek elektrické energie.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Energetika

Energetika je významným průmyslovým odvětvím zahrnujícím získávání, přeměnu a zásobování všemi formami energie. Je to velmi obsáhlý a komplexní obor, který má přesah do jiných technických a vědních oborů. Ovlivňuje všechny stránky současného života. Ze zeměpisného pohledu má mezinárodní rozměr. Jedná se o činnost, která významně ovlivňuje politické, ekonomické a společenské rozhodování ve vztahu k bezpečnosti. V lidské historii byla řada krizí, konfliktů a válek kvůli ovládnutí energetických zdrojů.

2.2 Energetická bezpečnost

Energetická bezpečnost je pojem, který se vžil do slovníku světové politiky po ropné krizi na počátku 70. let 20. století. Tento pojem nabývá v mezinárodních vztazích stále výraznější podoby. Moc státu je dnes určována jeho ekonomickým potenciálem a schopností ho dále rozvíjet. Zajištění nepřerušené dodávky potřebného množství energie za přijatelnou cenu souvisí s jedním z prvořadých úkolů státu, kterým je zajištění národní bezpečnosti. Nezvládnutím tohoto úkolu by nezbytně přivedilo kolaps takového státu. [4]

V současném světě je pojem energetická bezpečnost používán spíše v obecné rovině pro označení úzce souvisejících, avšak nikoliv totožných jevů jako např. stabilní přístup k energetickým surovinám a jejich tranzit. Země, které jsou závislé na dovozu energetických surovin, nemohou problém energetické bezpečnosti definitivně vyřešit, ale mohou ho zredukovat. Nabízejí se jim tři možnosti.

1. Diverzifikace, která má trojí povahu. Zahrnuje diverzifikaci zdrojů energie (rozvoj alternativních zdrojů energie), diverzifikaci geografickou

(zdroje energetických surovin z maximálního množství zemí) a diverzifikaci tranzitní (využití maximálního množství způsobů a tras pro dovoz energetických surovin).

2. Rezervace představuje vytvoření strategických zásob energetických surovin, tak aby v případě výpadku dovozu, byl zabezpečen nerušený chod hospodářství po určitou dobu.
3. Efektivita představuje maximální využití energie, aby nedocházelo k plýtvání. [4]

Česká republika (dále jen ČR) ve vztahu k energetické bezpečnosti činí řadu kroků a opatření. Jedním ze základních opatření bylo přijetí Státní energetická koncepce.

2.3 Právní předpisy v oblasti energetické bezpečnosti

V právním řádu ČR hraje dominantní úlohu mezi prameny práva právo psané, resp. právní předpisy. Tuto situaci umocňuje členství ČR v Evropské unii (dále jen EU), které své pravomoci vykonává zejména skrze vydávání normativních aktů. Právní předpisy disponují právní silou, což je vlastnost, která spočívá ve vztahu mezi právními předpisy a odpovídá jejich postavení v hierarchii právních předpisů. Právní předpisy s nižší právní silou nesmí odporovat právním předpisům s vyšší právní silou a zároveň právní předpis může být měněn, nebo zrušen pouze právním předpisem stejné nebo vyšší právní síly. V rámci vnitrostátního práva rozlišujeme právní předpisy ústavní, zákonné a podzákonné. Vedle vnitrostátních právních předpisů existují ještě právní předpisy mezinárodní, ale také dokumenty nelegislativního charakteru, které vytyčují určitý směr, kterým by se měla ubírat politika týkající se energetické bezpečnosti. [5]

V této kapitole uvádím jen nejdůležitější právní předpisy ve vztahu k energetické bezpečnosti. Právní rámec bezpečnosti a energetiky vymezuje mnohem větší počet právních předpisů.

1. Ústavní zákony

- Ústavní zákon č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky, ve znění pozdějších předpisů.
- Ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, ve znění zákona č. 300/2000 Sb.

2. Zákony

- Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 189/1999 Sb., o nouzových zásobách ropy, o řešení stavu ropné nouze a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nouzových zásobách ropy), ve znění pozdějších předpisů a další.

3. Podzákoné normy

- Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení některých ustanovení krizového zákona, ve znění pozdějších předpisů.
- Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury, ve znění pozdějších předpisů (ke krizovému zákonu).

- Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu (k energetickému zákonu).
- Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 344/2012 Sb., o stavu nouze v plynárenství a o způsobu zajištění bezpečnostního standardu dodávky plynu (k energetickému zákonu).
- Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 225/2001 Sb., kterou se stanoví postup při vzniku a odstraňování stavu nouze v teplárenství (k energetickému zákonu).
- Vyhláška Správy státních hmotných rezerv č. 165/2013 Sb., o druzích ropy a skladbě ropných produktů pro skladování v nouzových zásobách ropy, o výpočtu úrovně nouzových zásob ropy, o skladovacích zařízeních a o vykazování nouzových zásob ropy (k zákonu o nouzových zásobách ropy) a další.

4. Mezinárodní normy

- Dohoda o Mezinárodním energetickém programu; č. 46/2001 Sb. m. s.
- Dohoda k energetické chartě; č. 372/1999 Sb.
- Smlouva o fungování Evropské unie, která je součástí Lisabonské smlouvy a další.

5. Dokumenty nelegislativního charakteru

- Bezpečnostní strategie České republiky 2015.
- Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030.
- Státní energetická koncepce a další.

2.4 Energetická koncepce státu

Státní energetická koncepce je strategický dokument schválený vládou v roce 2015, formulující politický, legislativní a administrativní rámec, jehož hlavním posláním je zajistit spolehlivou, bezpečnou a k životnímu prostředí šetrnou dodávku energie pro potřeby obyvatelstva a ekonomiky ČR, a to za konkurenceschopné a přijatelné ceny za standardních podmínek. Současně musí zabezpečit nepřerušované dodávky energie v krizových situacích v rozsahu nezbytném pro fungování nejdůležitějších složek státu a přežití obyvatelstva.

Analyzuje stávající energetický systém a stanoví dlouhodobou vizi energetiky ČR. Touto dlouhodobou vizí je spolehlivé, cenově dostupné a dlouhodobě udržitelné zásobování domácností a hospodářství energií. Tato vize určuje tři vrcholné strategické cíle české energetické bezpečnosti a těmi jsou bezpečnost – konkurenceschopnost – udržitelnost. [6]

2.5 Energetický regulační úřad

Energetický regulační úřad (dále jen ERÚ) je ústředním orgánem státní správy pro výkon regulace v energetice, který byl zřízen 1. ledna 2001 zákonem č. 458/2000 Sb. (energetický zákon). V čele ERÚ je kolektivní orgán – Rada ERÚ tvořená pěti členy. Členy rady a jejího předsedu jmenuje a odvolává vláda.

Do působnosti ERÚ patří regulace cen, podpora hospodářské soutěže v energetice, dohled nad energetickými trhy, podpora obnovitelných a druhotných zdrojů energie a kombinované výroby elektřiny a tepla, podpora decentrální výroby elektřiny, ochrana zájmů spotřebitelů, zákazníků a držitelů licencí.

V rámci mezinárodní spolupráce je ERÚ členem dobrovolného sdružení Rady evropských energetických regulátorů a Agentury pro spolupráci energetických regulačních orgánů. Hlavní aktivitou na mezinárodním poli je příprava společných provozních a obchodních pravidel. [7]

2.6 Kritická infrastruktura v energetice

Podle zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů, se rozumí „kritickou infrastrukturou proek kritické infrastruktury nebo systém proků kritické infrastruktury, narušení jehož funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu.“ [8, § 2 písm. g]

Dále se pro potřeby krizového zákona rozumí „prvkem kritické infrastruktury zejména stavba, zařízení, prostředek nebo veřejná infrastruktura, určená podle průřezových a odvětvových kritérií; je-li prvek kritické infrastruktury součástí evropské kritické infrastruktury, považuje se za prvek evropské kritické infrastruktury.“ [8, § 2 písm. i]

Průřezovými kritérii kritické infrastruktury se rozumí soubor hledisek pro posuzování závažnosti vlivu narušení funkce prvku kritické infrastruktury s mezními hodnotami, které zahrnují rozsah ztrát na životech (více než 250 mrtvých), dopad na zdraví osob (více než 2 500 osob s následnou hospitalizací), mimořádně závažný ekonomický dopad (ztráta více jak 0,5 % hrubého domácího produktu) nebo dopad na veřejnost v důsledku rozsáhlého omezení poskytování nezbytných služeb nebo jiného závažného zásahu do každodenního života (postižení více jak 125 000 osob). [9; 10]

Odvětvová kritéria, stejně jako průřezová, stanoví vláda nařízením vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury. Tato právní norma definuje technické nebo provozní hodnoty k určení prvku kritické infrastruktury v energetice, vodním hospodářství, potravinářství a zemědělství, zdravotnictví, dopravě, komunikačních a informačních systémech, finančního trhu a měny, nouzových službách a veřejné správě. [10]

2.6.1 Kritická infrastruktura v elektroenergetice

Elektrizační soustava představuje několik vzájemně propojených systémů, které jsou velmi citlivé na správnou funkci a požadované vzájemné působení jeho jednotlivých prvků, vazeb a toků, které na sebe úzce navazují a vzájemně se ovlivňují. Můžeme ji nazvat systémem systémů. [11]

U kritické infrastruktury v elektroenergetice k průřezovým kritériím přistupují také odvětvová kritéria, která se pro elektřinu dělí na:

1. Kritéria pro výrobní elektřiny

- Výrobní s celkovým instalovaným elektrickým výkonem nejméně 500 MW;
- výrobní poskytující podpůrné služby s celkovým instalovaným výkonem nejméně 100 MW;
- vedení pro vyvedení výkonu a zabezpečení vlastní spotřeby výrobní elektřiny;
- dispečink výrobce elektřiny.

2. Kritéria pro přenosové soustavy

- Vedení přenosové soustavy o napětí nejméně 110 kV;
- elektrické stanice přenosové soustavy o napětí nejméně 110 kV;
- technický dispečink provozovatele přenosové soustavy.

3. Kritéria pro distribuční soustavy

- Elektrická stanice distribuční soustavy a vedení o napětí 110 kV (stanice typu 110/10 kV, 110/22 kV a 110/35 kV a k nim patřící vedení se posuzuje podle strategického významu v distribuční soustavě);
- technický dispečink provozovatele distribuční soustavy. [10; příloha]

2.6.2 Plán krizové připravenosti

Subjekt kritické infrastruktury odpovídá za ochranu prvku kritické infrastruktury. Za tímto účelem je povinen vypracovat plán krizové připravenosti. Plánem krizové připravenosti se rozumí plán, který zpracovává příslušná právnická osoba nebo podnikající fyzická osoba za účelem přípravy na řešení krizových situací. V plánu jsou identifikována možná ohrožení funkce prvku kritické infrastruktury a stanovena opatření na jeho ochranu. Je-li to účelné a má-li prvek kritické infrastruktury více samostatných celků, pak může být zpracován dílčí plán krizové připravenosti pro každý takový celek. [8; 9]

2.6.3 Styčný bezpečnostní zaměstnanec

Subjekt kritické infrastruktury je povinen určit styčného bezpečnostního zaměstnance, který za subjekt poskytuje součinnost při plnění úkolů podle krizového zákona. Takový zaměstnanec musí splňovat zákonem stanovenou odbornou způsobilost. [8]

2.7 Stavy nouze v energetice

V energetice rozlišujeme stav nouze v elektroenergetice, stav nouze v plynárenství, stav nouze v teplárenství a stav ropné nouze.

2.7.1 Stav nouze v elektroenergetice

Stavem nouze v elektroenergetice je stav, který vznikl v elektrizační soustavě v důsledku:

- živelných událostí;
- opatření státních orgánů za nouzového stavu, stavu ohrožení státu nebo válečného stavu;

- havárií nebo kumulace poruch na zařízeních pro výrobu, přenos a distribuci elektřiny;
- smogové situace podle zvláštního předpisu;
- teroristického činu;
- nevyrovnané bilance elektrizační soustavy nebo její části;
- přenosu poruchy ze zahraniční elektrizační soustavy;
- nebo je-li ohrožena fyzická bezpečnost nebo ochrana osob

a způsobuje významný a náhlý nedostatek elektřiny nebo ohrožení celistvosti elektrizační soustavy, její bezpečnosti a spolehlivosti provozu na celém území státu, vymezeném území nebo jeho části. [9]

Provozovatel přenosové soustavy vyhláší přesný čas vzniku či ukončení stavu nouze pro celé území státu. Provozovatel distribuční soustavy vyhláší přesný čas vzniku stavu nouze pro vymezené území nebo jeho část. Vyhlášovatel stavu nouze je povinen neprodleně informovat Ministerstvo průmyslu a obchodu, ERÚ, Ministerstvo vnitra, operátora trhu, krajské úřady (Magistrát hl. m. Prahy) a prostřednictvím hromadných sdělovacích prostředků veřejnost.

Za situace, kdy existuje reálné riziko vzniku stavu nouze, může provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy zavést soubor opatření a činností prováděných k předejití stavu nouze.

Při stavu nouze a předcházení stavu nouze jsou všichni účastníci trhu s elektrickou energií povinni se podřídit opatřením a omezením ve spotřebě elektrické energie nebo změnám v dodávce elektrické energie. Spotřebitelé elektrické energie jsou zařazeni do regulačních stupňů č. 1 až č. 7 podle regulačního plánu. Omezení spotřeby elektrické energie je dáno uplatněním příslušného regulačního plánu, vypínacího plánu, operativním vypnutím části zařízení nebo automatickým působením frekvenčních relé v souladu s frekvenčním plánem v rozsahu nezbytném pro vyrovnaní výkonové bilance

dotčené části elektrizační sítě. Při stavu nouze či předcházení stavu nouze je zákonem vyloučeno právo na náhradu škody. [12; 13]

2.8 Krizové stavy a energetická bezpečnost

Stav nouze v energetice by mohl za nepříznivých okolností přerůst v krizovou situaci, která je mimořádnou událostí podle zákona o integrovaném záchranném systému (dále jen IZS), narušením kritické infrastruktury nebo jiným nebezpečím, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu. Vedle těchto tří krizových stavů existuje ještě jeden a to válečný stav. [9]

2.8.1 Stav nebezpečí

Stav nebezpečí vyhláší s uvedením důvodu jako bezodkladné opatření hejtman nebo primátor hl. m. Prahy pro celé území kraje nebo jeho část na nezbytně nutnou dobu, a však maximálně na 30 dnů. Tato doba může být hejtmanem (primátorem hl. m. Prahy) prodloužena jen se souhlasem vlády. Stav nebezpečí se „*může vyhlásit, jsou-li ohroženy životy, zdraví, majetek, životní prostředí, pokud nedosahuje intenzita ohrožení značného rozsahu a není možné odvrátit ohrožení běžnou činností správních úřadů, orgánů krajů a obcí, složek IZS nebo subjektů kritické infrastruktury.*“ [8, § 3; 14]

2.8.2 Nouzový stav

„*Vláda může vyhlásit nouzový stav v případě živelních pohrom, ekologických nebo průmyslových havárií, nehod nebo jiného nebezpečí, které ve značném rozsahu ohrožují životy, zdraví nebo majetkové hodnoty anebo vnitřní pořádek a bezpečnost.*“ Nouzový stav se vyhláší s uvedením důvodů na dobu určitou, nejdéle však na 30 dnů, a pro část nebo celé území státu. Uvedenou dobu lze prodloužit pouze se souhlasem Poslanecké sněmovny Parlamentu ČR. V případě, že existuje

nebezpečí z prodlení, může vyhlásit nouzový stav předseda vlády a vláda musí jeho rozhodnutí do 24 hodin od vyhlášení schválit nebo zrušit. Vláda o vyhlášení nouzového stavu neprodleně informuje Poslaneckou sněmovnu parlamentu ČR, která může vyhlášení zrušit. [14; 15, Čl. 5 odst. 1]

2.8.3 Stav ohrožení státu

Pokud by v důsledku velmi nepříznivého vývoje došlo k situaci, že původně stav nouze v energetice by vyvrcholil v bezprostřední ohrožení svrchovanosti státu nebo územní celistvosti státu anebo jeho demokratických základů, může Parlament na návrh vlády vyhlásit stav ohrožení státu pro část nebo celé území státu. [14; 15]

2.8.4 Válečný stav

Pravděpodobně v teoretické rovině by mohlo dojít k rozvinutí stavu nouze v energetice až ve válečný stav. Ten by byl vyhlášen Parlamentem ČR při napadení ČR, nebo bylo-li by třeba plnit mezinárodní smluvní závazky o společné obraně proti napadení, pro celé území státu. [16]

2.9 Elektroenergetika

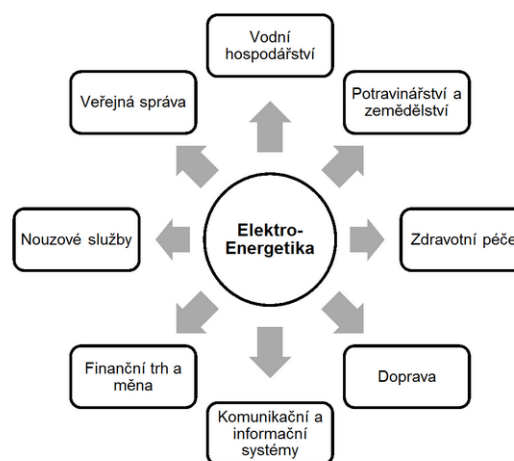
Slovo elektřina je odvozeno od řeckého *elektron* a znamená jantar. Jantar byla látka, u které byly pozorovány silové účinky statické elektřiny. Starší český výraz *elektrčina* zaznamenal Josef Jungmann. Slovo *elektřina* bylo prvně použito v díle *Názvosloví* od P. J. Šafaříka z roku 1853. Výraz *elektřina* je také užíván jako označení pro elektrickou energii, která je energetickou komoditou. [17; 18]

Elektroenergetika je chápána jako elektrotechnický obor, který se zabývá výrobou, přenosem a distribucí elektrické energie. Je základní až mnohdy převládající oblastí v rámci energetické koncepce státu. Je to dáno významem elektroenergetiky, ale i skutečností, že velká část je v rukou státu. Proto se o ni

stát zajímá zvýšenou měrou. Elektroenergetika je strategickým odvětvím pro průmysl a ceny elektrické energie ovlivňují sociální úroveň obyvatelstva. [19]

Na elektrické energii a na její dostupnosti v každém okamžiku je naše moderní civilizace bytostně závislá. Každý ví, co pro něho znamená i jen několikaminutový výpadek dodávek elektrické energie ať už doma, v práci nebo ve výtahu. Propojená elektrizační soustava tvoří fyzikální systém, ve kterém se každý impuls vyvolaný poruchou okamžitě šíří a ovlivňuje frekvenci, napětí i toky výkonů v celé soustavě. [19]

Elektroenergetika má nezastupitelné postavení v rámci kritické infrastruktury. Toto postavení je především dáno závislostí ostatních oblastí kritické infrastruktury na bezpečných dodávkách elektrické energie. Na bezpečných dodávkách elektrické energie je závislá celá řada systémů, které poskytují obyvatelstvu životně důležité služby. Tato skutečnost může v případě narušení dodávek elektrické energie vést ke kaskádovým a dominovým jevům. [20]



Obrázek 1 Schéma provázanosti elektroenergetiky a ostatních oblastí kritické infrastruktury. [20]

„Elektřina je jedinou skutečnou strategickou komoditou, která prakticky umožňuje fungování společnosti. Zastřešuje všechny obory energetiky. Bez tohoto základního zdroje energie by žádný ze strojů nemohl plně vykonávat činnost, ke které byl vytvořen.

Je to energie neskladovatelná, nehmatatelná a v mnohém se tak její problémy liší od problémů surovinových zdrojů.“ [21, str. 55]

2.9.1 Některé pojmy užívané v elektroenergetice

Energetická soustava je soubor výroben energie se zařízením pro rozvod a spotřebu. [22]

Elektrizační soustava je část energetické soustavy obsahující zařízení pro výrobu, rozvod a spotřebu elektrické energie. [22]

Propojená elektrizační soustava je soustava, která vznikla propojením elektrizačních soustav několika zemí se společným operativním řízením. [22]

Výrobní elektrické energie je technologické zařízení, kde dochází k přeměně jiného druhu energie na elektrickou. [22]

Přenosová soustava (sít') je část elektrizační soustavy tvořící přenosovou cestu pro napájení velkých stanic a uzlů zpravidla vyššího napětí. [22]

Rozvodná (distribuční) soustava je část elektrizační soustavy, která slouží pro dodávku elektrické energie odběratelům. [22]

Elektrická část elektrizační soustavy je ta část od alternátorů výroben přes zařízení pro rozvod až k elektrickým spotřebičům. [22]

Uzel je místo elektrizační soustavy, kde jsou propojovány jednotlivé články elektrizační soustavy nebo vedení. [22]

Elektrická síť je soubor všech galvanicky spojených částí vedení téhož napětí, stanic určených k přenosu, přeměně a rozvodu elektrické energie. [22]

Elektrický rozvod je souhrn všech vzájemně propojených elektrických sítí a elektrických stanic. [22]

Elektrické stanice jsou součástí elektrického rozvodu a dělí se na transformovny, spínací stanice a měnírny. [23]

Transformovna je určena pro změnu elektrického napětí stejného kmitočtu a k jeho rozvádění nebo galvanického oddělení jedné části sítě od jiné. [23]

Transformátor je elektrický netočivý stroj přenášející elektrickou energii z jednoho obvodu do jiného pomocí elektromagnetické indukce. Používá se většinou pro přeměnu střídavého napětí nebo pro galvanické oddělení obvodů. [23]

Spínací stanice slouží k rozvádění elektrické energie téhož napětí bez transformace. [23]

Měnič slouží k přeměně druhu proudu nebo ke změně kmitočtu střídavého elektrického proudu. [23]

Elektrické napětí je mírou práce, kterou vykonají síly působící na jednotkový náboj při jeho přenosu po určité dráze. Jednotkou je volt (V). [23]

Elektrický proud je možno považovat za usměrněný tok volných elektronů v materiálu. Existuje stejnosměrný a střídavý elektrický proud. Jednotkou je ampér (A). [23]

2.10 Výroba elektrické energie

Elektrickou energii jako komoditu je třeba vyrobit. Výroba elektřiny je uskutečňována ve výrobě elektrické energie. V určitém primárním zdroji je vázaná energie, která je nejčastěji přeměněna na energii mechanickou a ta následně pohání elektrický generátor. Další možností je využití fotovoltaického jevu nebo termoelektrického jevu.

Podle primárního zdroje vnější energie rozlišujeme několik druhů elektráren.

1. *Tepelné elektrárny* jsou technologická zařízení, kde dochází k přeměně chemické energie vázané v palivu na elektrickou energii prostřednictvím tepelné energie. Spalované palivo může být fosilní (uhlí, ropa, zemní plyn), biomasa či další vhodná paliva. Kromě elektrické energie mohou dodávat do sítě též tepelnou energii v podobě páry nebo horké vody. [22]

2. *Jaderné elektrárny* jsou technologická zařízení, kde v jaderném reaktoru dochází k přeměně energie vázané v jádrech těžkých prvků na elektrickou energii prostřednictvím štěpné reakce.
3. *Vodní elektrárny* jsou technologická zařízení, kde dochází k přeměně mechanické energie proudící vody na elektrickou energii. Podle charakteru vodního toku rozlišujeme vodní elektrárny průtočné, akumulární, přečerpávací a slapové.
4. *Solární elektrárny* jsou technologická zařízení, která slouží k přeměně energie ze slunečního záření na elektrickou energii prostřednictvím fotovoltaického jevu nebo získané tepelné energie.
5. *Větrné elektrárny* jsou technologická zařízení, která přemění část kinetické energie větru na energii mechanickou, respektive elektrickou.
[24]
6. *Geotermální elektrárny* jsou technologická zařízení, kde je přeměněna tepelná energie zemského jádra na energii elektrickou.

Elektrárny můžeme také dělit z ekologického hlediska na ty, které využívají neobnovitelné nebo obnovitelné zdroje energie. Neobnovitelné zdroje jsou ty, jejichž množství je omezené, regenerace dlouhodobá a hrozí jejich úplné spotřebování v řádu desítek či stovek let. V současnosti je většina elektrické energie vyráběna z neobnovitelných zdrojů v tepelných elektrárnách spalováním fosilních paliv nebo v jaderných elektrárnách štěpnou jadernou reakcí. Obnovitelné zdroje jsou takové, které se samovolně regenerují ze zdrojů s velmi dlouhým časem vyčerpání (např. vyčerpání sluneční energie se odhaduje za několik miliard let). [25]

Budoucnost, s ohledem na stále se zvyšující energetickou potřebu lidstva, si bude žádat nové zdroje elektrické energie. Naděje jsou vkládány do výzkumu v oblasti termonukleární fúze a opětovného využití, z dnešního pohledu, vyhořelého jaderného paliva.

Elektrická energie je vždy stejná bez ohledu na formu energie, ze které byla vyrobena. Zvláštním rysem technologie výroby elektrické energie je těsná vazba mezi výrobou, přenosem a spotřebou. [26]



Obrázek 2 Jaderná elektrárna Temelín. [27]

2.10.1 Výroba elektrické energie v České republice

V období mezi lety 2008 až 2018 se pohybovala výroba elektrické energie v České republice mezi hodnotami 82 250 GWh (2009) a 88 002 GWh (2018). ČR je čistým vývozcem elektrické energie a v letech 2008 až 2018 vývoz představoval podíl mezi 13,1 % a 19,5 %. Čistá spotřeba elektřiny byla mezi 68 % a 74,8 %. Zbytek vyrobené elektrické energie připadl na spotřebu samotnými elektrárnami a na ztráty při rozvodu elektrické energie. Elektrická energie je v ČR vyráběna přibližně ze 60-65 % v tepelných elektrárnách (vč. paroplynových a kogeneračních jednotek), ze 30-35 % v jaderných elektrárnách a zbytek ve vodních, větrných a solárních elektrárnách. Především u elektrické energie vyrobené v solárních elektrárnách došlo mezi roky 2008 až 2018 k nárůstu z 0,01 % na 2,6 % z celkového objemu vyrobené elektřiny. [28]

Vyrobenou elektrickou energii je potřeba následně dopravit ke konečnému spotřebiteli. To je zajišťováno prostřednictvím přenosové a distribuční sítě.

2.11 Přenosová soustava

Moderní systémové zdroje elektrické energie, připojené k přenosové soustavě mívají instalovaný výkon v řádu stovek MW. Vyrobená elektrická energie je z praktického hlediska nepoužitelná pro dálkový přenos z důvodu obrovských ztrát ve vedení. Řešením je zvýšení napětí generátorů pomocí transformátorů na úroveň napětí přenosové soustavy. [29]

Přenosová soustava je tvořena soustavou dlouhých nadzemních vedení velmi vysokého napětí, dále pak kabely, transformátory, odpojovači, vypínači, bleskojistkami, kompenzačními prvky a systémy řízení a regulace sítě. Cílem řízení sítě je udržet neměnné parametry dodávané elektrické energie a nepřerušenu dodávku energie ke spotřebiteli. Přenosové soustavy jsou provozovány s napětími 220 kV, 330 kV, 400 kV, 500 kV, 750 kV a 1150 kV.

Přenosová soustava slouží k přenosu velkých výkonů mezi hlavními uzly. Uzly přenosové soustavy tvoří elektrické stanice, které spínají různé větve soustavy a také obvykle mění elektrickou energii na jiné napětí, většinou na distribuční napětí 110 kV. Z těchto stanic je pak napájena veřejná distribuční síť. [30]

2.11.1 Přenosová soustava České republiky

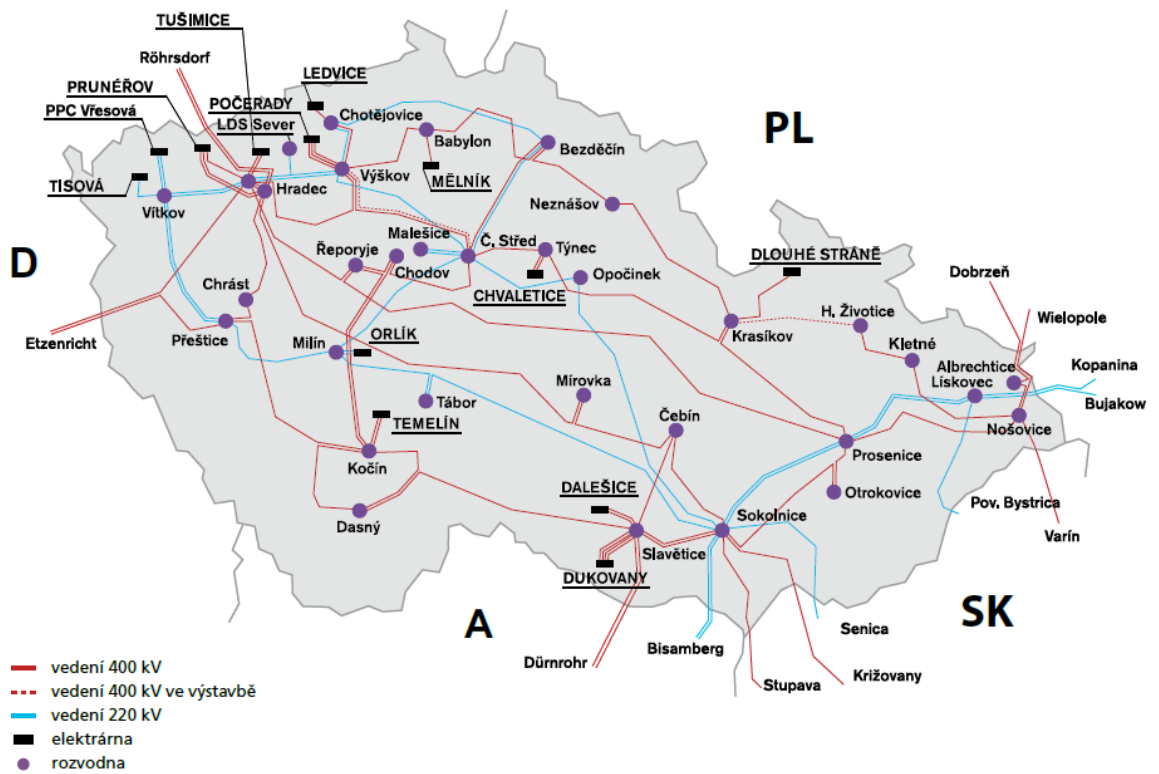
V České republice je výhradním provozovatelem přenosové soustavy, na základě licence na přenos elektrické energie podle zákona č. 458/2000 Sb. (energetický zákon), akciová společnost ČEPS. Ta udržuje, obnovuje a rozvíjí 42 rozveden se 75 transformátory a trasy vedení v soustavě s napětím 400 kV (3 724 km), 220 kV (1 909 km) a 110 kV (85 km). Většina vedení je jednoduchá, ale část je dvojitá nebo dokonce i trojitá. Součástí přenosové soustavy jsou také

elektrické stanice, které jsou křižovatkami nebo místy propojení přenosových vedení. Dělí se na spínací stanice, transformační stanice a měnírny, ale často plní více funkcí. Většina elektrických stanic je bezobslužná a řídí se dálkově z centrálního dispečerského stanoviště. [29; 31]

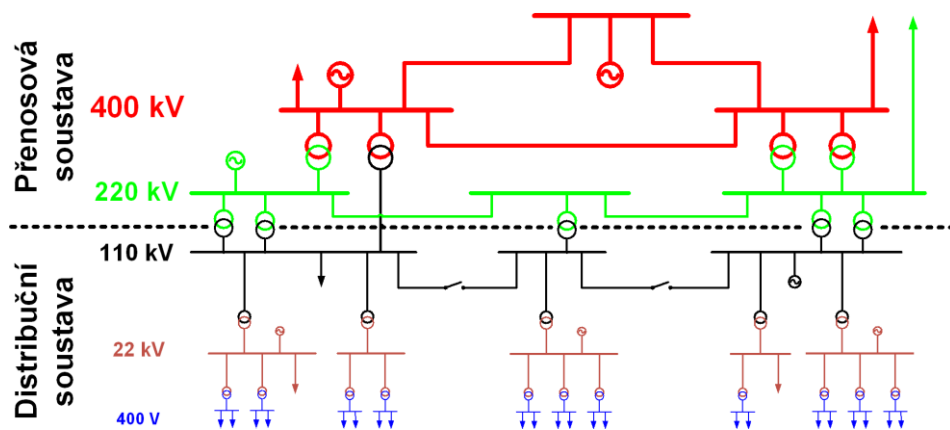
Celá síť je vzájemně propojena, tak aby porucha či odstavení libovolné linky nebo transformátoru nezpůsobilo výpadek elektřiny v zasažené oblasti. Dojde pouze k rekonfiguraci sítě, přičemž původní zátěž postižených částí převezmou ostatní prvky sítě, které zůstaly v provozu. Tzn. že prvky přenosové soustavy splňují obecné bezpečnostní kritérium "N-1", které garantuje zachování chodu a funkčnosti přenosové soustavy i při výpadku jednoho libovolného zdroje, vedení nebo prvku sítě. V konkrétním případě elektrických vedení to prakticky znamená, že elektřina se při výpadku jednoho konkrétního vedení „rozteče“ v souladu s fyzikálními zákony na vedení jiná a systém jako celek zůstane stále plně funkční a spotřebitel tento stav prakticky vůbec nezaregistruje. Pro zvláště důležité sítě a zařízení jako jsou například jaderné elektrárny, se uplatňuje přísnější pravidlo "N-2", kdy soustava musí mít zachovanou funkčnost i při současném výpadku dvou prvků. [32; 33]

Kromě přenosů elektrické energie v rámci republiky umožňuje přenosová soustava ještě propojení s elektrizačními soustavami okolních států. Na napěťové úrovni 400 kV k tomuto účelu slouží 11 přeshraničních vedení, dalších 6 jich je ještě na úrovni 220 kV. Celoevropské propojení přenosových soustav pomáhá při stabilizaci sítě a umožňuje operativně řešit mezistátní dodávky elektrické energie v případech neočekávaných výpadků zdrojů nebo jiných nestandardních stavů většího rozsahu. Společnost ČEPS, a. s. tak zabezpečuje další úkoly, kterými jsou přeshraniční přenosy pro vývoz, dovoz a tranzit elektrické energie. [29]

Schéma sítí 400 a 220 kV



Obrázek 3 Přenosová soustava. Schéma sítí 400 a 220 kV. [34]



Obrázek 4 Schéma propojení přenosové a distribuční soustavy. [34]

2.12 Distribuční (rozvodná) soustava

Součástí elektrizační sítě je také distribuční soustava. Je to soubor vzájemně propojených vedení a technologických zařízení (systémy zajišťující řízení,

ochranu a zabezpečení soustavy, měření parametrů a přenos informací), jehož funkcí je rozvod elektrické energie od rozvodu ke koncovým spotřebitelům. Při distribuci elektrické energie jsou postupně upravovány parametry, především napěťové úrovně, s cílem minimalizovat ztráty. Současně soustava slouží k připojení výroben elektrické energie o malém výkonu.

Úlohou distribuční soustavy je postupné snižování napětí transportované energie prostřednictvím distribučních transformátorů a dalších technologických zařízení a rozdělování přenášeného výkonu do více větví o nižším napětí. Čím je nižší napětí, tím by mělo být distribuční vedení kratší.

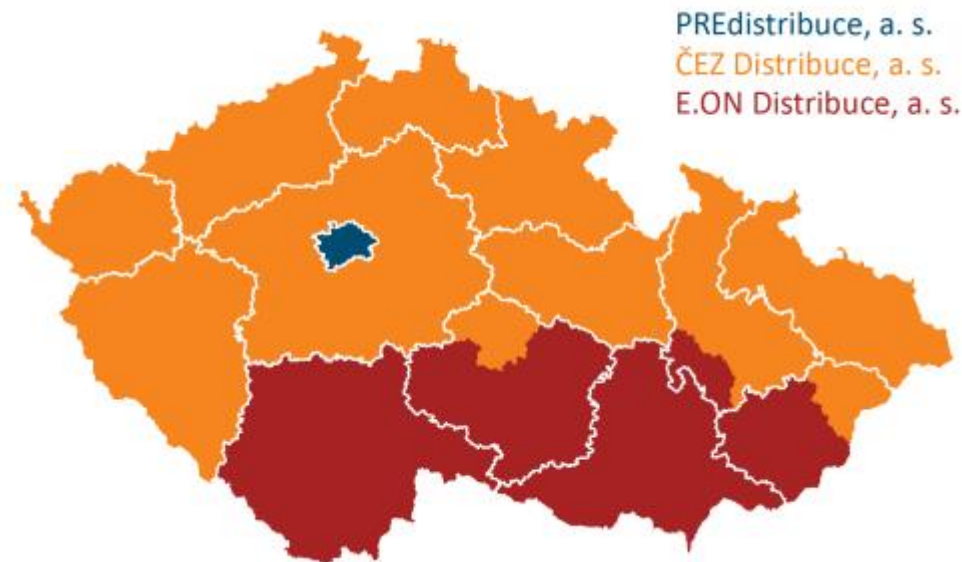
Podle konstrukce rozlišujeme různé typy vedení a distribučních sítí.

1. Vedení napájené z jedné strany je nejjednodušší a nejpřehlednější typ vedení. Řešení ochrany je jednoduché. Nevýhodou je velké kolísání napětí na konci vedení. [35]
2. Síť paprsková radiální, kdy vedení vychází z transformovny a zásobuje jednotlivá odběrná místa. Každý paprsek je samostatný a nelze je spojovat. Tento typ sítě je nejméně ekonomicky náročný a má nejmenší jistotu dodávek. Své využití nachází v malých obcích. [30]
3. Vedení napájené ze dvou stran je spolehlivější než vedení napájené z jedné strany. Řešení ochrany je složitější, kolísání napětí je výrazně menší. [35]
4. Síť okružní je vedena tak, že jednotlivé polosmyčky lze ve spínacích transformátorech sepnout. Tyto sítě jsou finančně náročnější, ale s vyšší jistotou dodávek elektrické energie. Zpravidla se provozují jako rozepnuté a spínají se v případě potřeby. [30]
5. Mřížová síť je vlastně sepnutá okružní síť. Lze jí vytvořit tehdy, kdy jsou ve společné síti zapojeny alespoň dva transformátory. Umožňuje odpojit pojistkami vadný úsek. Používá se převážně u kabelových sítí ve větších městech. [30]

2.12.1 Distribuční soustava v České republice

Elektrickou distribuční soustavu na území ČR provozují tři společnosti.

1. ČEZ Distribuce, a. s., je největší a provozuje 9 845 km vedení VVN, 50 698 km vedení VN a 103 721 km vedení NN.
2. E.ON Distribuce, a. s., která provozuje 3 176 km vedení VVN, 21 754 km vedení VN a 38 837 km vedení NN.
3. PREdistribuce, a. s., která provozuje 202 km vedení VVN, 3 829 km vedení VN a 7 750 km vedení NN. [31]



Obrázek 5 Mapa působnosti distribučních společností. [36]

2.12.2 Princip a popis distribuční soustavy

Distribuce elektrické energie v ČR je založena na sítích třech napěťových úrovních:

1. sítě na úrovni velmi vysokého napětí 110 kV (VVN);
2. sítě na úrovni vysokého napětí 3, 6, 10, 22 a 35 kV (VN);
3. sítě na úrovni nízkého napětí 400/230 V (NN).

2.12.3 Úroveň velmi vysokého napětí

Linky o sdruženém napětí 110 kV zprostředkovávají napojení distribuční soustavy na uzlové transformovny přenosové soustavy a zajišťují tranzit elektrické energie k dalšímu stupni transformace na vysoké napětí.

Síť linek VVN se vyznačuje vysokou mírou spolehlivosti, je dostatečně propojená, zálohovaná a chráněná distančními ochranami. Poruchy vznikají výjimečně a s ohledem na okružní uspořádání sítě zpravidla nezpůsobí přerušování dodávek elektrické energie.

Do základní sítě VVN je vyveden výkon menších zdrojů elektrické energie v řádu desítek MW (např. vodní elektrárny, teplárny s přidruženou výrobou elektrické energie).

Venkovní vedení VVN je většinou tvořeno příhradovými stožáry s porcelánovými izolátory, na kterých jsou v dostatečné výšce zavěšena tři kovová lana o průřezu cca 2 cm². Čtvrté zemnicí lano prochází nejvyšším bodem stožáru a tvoří ochranu vedení před zásahem bleskem. Obvykle vnitřkem zemnicího lana vedou komunikační a informační optické kabely. Jedno třívodičové vedení VVN přenese výkon kolem 100 MW, což stačí k zásobování přibližně 10 000 domácností. Obvykle se vedení projektují a staví jako dvojitá, trojitá nebo dokonce čtyřnásobná. [29]

Vysoko napěťové kabely se na úrovni VVN používají zřídka s ohledem na ekonomickou náročnost. Distribuční řešení vysokonapěťovými kabely se využívá jen tam, kde není jiná možnost. Typicky v centrech velkých měst.

Sítě VVN jsou v distribuční soustavě rozděleny na samostatně pracující oblasti, které mají vlastní napojení na přenosovou soustavu a zásobují elektřinou vymezenou oblast. Mezi oblastmi existují vazby umožňující přenášet elektrickou energii z jedné oblasti do druhé, což je užitečné v případě výpadku přenosového transformátoru napájejícího danou oblast. [29]

2.12.4 Úroveň vysokého napětí

VVN (110 kV) se v transformačních stanicích snižuje na úroveň vysokého napětí. V různých částech ČR je historicky rozdílná napěťová úroveň linek VN. Převládá napěťová hladina 22 kV, v části severních a východních Čech je napěťová úroveň 35 kV a spíše lokálně se vyskytují distribuční sítě s napětím 3, 6, 10 kV, které již nejsou dále rozvíjeny a při rekonstrukcích jsou nahrazovány standardní úrovní 22 kV. [29]

Topologicky se většinou jedná o paprskové sítě, kdy z transformační stanice vede do všech směrů několik vedení VN, napájejících jeden nebo několik NN distribučních transformátorů pro pokrytí menších oblastí se zástavbou nebo průmyslem. Důležitá vedení VN (tzv. kmenové linky) jsou napájena ze dvou nebo i více transformoven. Z důvodu zajištění distribuce elektrické energie i při nestandardních stavech v síti mohou být tyto linky vzájemně propojeny. Přípojky jednotlivých koncových transformačních stanic na NN se nachází na odbočkách základních kmenových linek. [29]

2.12.5 Úroveň nízkého napětí

Distribuční síť NN tvoří poslední stupeň transformace elektrické energie a slouží přímo k napájení odběrných míst koncových zákazníků. NN vedení nebo kabely vychází většinou paprskově z transformační stanice, kde se elektrická energie transformuje z VN na standardní unifikované napětí 3 x 400/230 V s frekvencí 50 Hz. V městské zástavbě se používá síť NN tvořená systémem podzemních kabelů. [29]

2.12.6 Dispečerský řídicí systém

Dispečink zajišťuje základní řízení provozu distribuční soustavy prostřednictvím vyspělého dispečerského řídicího systému. Systém je schopen zpracovávat stavové a výkonové informace všech prvků všech rozvodů

začleněných do distribuční soustavy. Shromažďuje a vyhodnocuje poruchové a havarijní stavy a další analogové a binární veličiny potřebné pro kvalitní rozhodování. Předzpracovaná data slouží dispečerovi ke kvalitnímu a bezpečnému řízení přidělené části distribuční soustavy. Dispečer má možnost na dálku měnit konfiguraci rozveden a přesměrovat toky elektrické energie podle aktuálních potřeb.

Díky dispečerskému řídicímu systému je možné regulovat distribuční soustavu za účelem odstávek a revizí energetických zařízení. To vede k efektivnímu provozu s vysokou kvalitou dodávek elektrické energie a minimalizuje čas na lokalizaci a odstranění poruch v síti. [29]

2.12.7 Distribuční síť

Transport elektrické energie je zprostředkováván kabelovými nebo venkovními nadzemními vedeními. Kabelové vedení je charakteristické pro rozvod elektrické energie v hustě zastavěných oblastech, kdy kabelové vedení je uloženo v zemi, v drážce nebo na lávce. Venkovní nadzemní vedení dominuje na vesnicích a v malých aglomeracích. U nadřazených distribučních sítí vyšších napětí převládá nadzemní vedení. Nejčastěji jsou vodiče zavěšeny na řadě podpěrných sloupů nebo stožárů. Elektrické vedení vyšších napěťových hladin je řešeno příhradovými ocelovými stožáry. U nižších napěťových hladin jsou používány vedle příhradových ocelových konstrukcí také sloupy z materiálů, jako je železobeton nebo dřevo. Převažují nosné stožáry. Pevné body vedení tvoří kotevní stožáry. Dalšími typy jsou koncové, odbočné, rozvodné nebo křížovatkové stožáry. [37]



Obrázek 6 Rohový stožár VVN. [38]

Jako vodiče jsou používány slitiny nebo kombinace materiálů mědi, hliníku a železe ve formě lan. Trendem posledních let je používání izolovaných vodičů, které lépe odolávají povětrnostním vlivům a nejsou náchylné ke zkratům. Vodiče musí být schopny odolávat nízkým, ale i vysokým teplotám, námraze a větru. [39]



Obrázek 7 Vodič izolovaný 1kV pro nadzemní vedení. [40]

Na distribuční sítě jsou při jejich výstavbě kladeny protichůdné požadavky, takže je třeba hledat kompromis mezi náklady, zajištěním dodávky a kvalitou

elektriny, jednoduchostí rozvoje a bezpečností. Přehlednost sítě je důležitá nejen pro údržbu. Taková síť je jednodušší pro obsluhu a bezpečnější pro pracovníky. Používání jednotných technologických zařízení a vedení minimalizuje chyby při obsluze. Spolehlivost dodávek elektrické energie je jedním z klíčových faktorů distribuce. Výpadky dodávek se minimalizují zálohováním, zdvojnásobováním a výběrem optimálních způsobů zapojení sítě. Důležitý je i výběr kvalitních a spolehlivých technologických zařízení.

Zapojení distribuční sítě má bezprostřední vliv na napěťové poměry. Při větších odchylkách napětí od jmenovité hodnoty nebo výrazné asymetrii napětí klesá kvalita dodávek elektrické energie. Zvýšení kvality dodávek lze dosáhnout úpravou provozu sítě, rekonstrukcí, vhodným umístěním napájecích bodů a posílením vedení. Při zvyšování odběru elektrické energie a připojování dalších odběratelů vyvstává požadavek na další rozvoj distribuční sítě. Ideálním stavem je možnost postupného rozšiřování sítě beze změn již existujících částí.

[29]

2.12.8 Akumulace elektrické energie

Do elektrizační sítě je připojeno několik milionů odběrných míst a každý odběratel má jinou spotřebu v jiném časovém intervalu. Tato nestálost poptávky přináší řadu problémů s ohledem na možnosti zdrojů na ní včas reagovat. Situaci ještě komplikují větrné a fotovoltaické elektrárny s jejich nerovnoměrnou výrobou.

Racionálním řešením vyrovnaní energetické bilance je akumulace energie – uložení vyrobené energie v čase přebytku a její opětovné použití v síti v čase energetických špiček. Podle principu akumulace a formy sekundární energie lze skladovací systémy rozdělit do 5 skupin.

1. Mechanické – přečerpávací elektrárny, masivní setrvačníky.

2. Chemické – výroba vodíku elektrolýzou a jeho skladování ve stlačené nebo zkapalněné formě.
3. Elektrochemické – různé typy akumulátorů, které umožňují opakované nabití a vybití.
4. Elektrické systémy – superkondenzátory, supravodivá magnetická akumulace.
5. Systémy využívající ukládání tepelné energie – akumulace tepla do roztavených solí nebo eutektických slitin. [29]

2.12.9 Specifika distribuční soustavy Libereckého kraje

Je třeba poukázat na fakt, že distribuční soustava elektrické energie na území Libereckého kraje není systémem, který je vymezen správním územím Libereckého kraje. Distribuční soustava Libereckého kraje se technicky a organizačně dělí mezi síť SEVER a síť VÝCHOD společnosti ČEZ Distribuce, a. s.

Síť SEVER pokrývá území okresu Česká Lípa a část okresu Liberec, která přilehá k hranici okresu Česká Lípa (pomyslná hranice mezi oblastmi vede z jihu na sever na linii obcí Janovice v Podještědí, Rynoltice, státní hranice s Německem). Součástí této sítě je i distribuční soustava na území Ústeckého kraje.

Síť VÝCHOD pokrývá území větší části okresu Liberec a okresů Jablonec nad Nisou a Semily, a zahrnuje distribuční sítě na území Královehradeckého a Pardubického kraje.

Každá síť má své technické dohledové centrum. Pro síť SEVER sídlí dohledové centrum v Děčíně. Pro síť VÝCHOD sídlí dohledové centrum v Hradci Králové. Technická dohledová centra plní funkci dispečerského řízení jim podřízených distribučních sítí a komunikují s operačním a informačním střediskem Hasičského záchranného sboru Libereckého kraje (dále jen HZS LK) při řešení mimořádných událostí. To může představovat určitou komplikaci, kdy je potřeba spolupráce mezi složkami IZS (především jednotkami požární

ochrany (dále jen JPO)) a pracovníky provozovatele distribuční soustavy (ČEZ Distribuce, a. s.) v blízkosti hranice mezi sítěmi. Někdy nastávají situace, kdy není jasné, které dohledové centrum je příslušné pro řešení dané mimořádné události. Vzdálenost dohledových center od území Libereckého kraje a s tím spojená malá místopisná znalost jejich pracovníků komplikuje spolupráci při řešení mimořádných událostí.

V každé síti na území Libereckého kraje se nachází elektrická stanice, která plní funkci rozvodny a transformovny. V těchto elektrických stanicích dochází k propojení přenosové a distribuční soustavy. Funkcí těchto stanic je elektrickou energii transformovat na napěťovou hladinu 110 kV a dále jí zásobovat distribuční síť Libereckého kraje. Každá s elektrických stanic se skládá ze dvou částí, kdy jedna je pod správou společnost ČEPS, a. s. a druhá pod správou společnosti ČEZ Distribuce, a. s. Tyto dvě elektrické stanice jsou nejdůležitějšími prvky distribuční soustavy na území Libereckého kraje.

Elektrická stanice nacházející se v okrese Česká Lípa se nazývá Babylón a je mezi obcemi Stvolínky a Zahrádky. Tato stanice je propojena s elektrickými stanicemi Vyškov a Bezděčín a s elektrárnou Mělník prostřednictvím vedení o napětí 400 kV. Důvodem k výstavbě této elektrické stanice byla potřeba zapojení elektrárny Mělník do přenosové soustavy.

Elektrická stanice Bezdečín se nachází v blízkosti stejnojmenné obce v okrese Jablonec nad Nisou. Tato elektrická stanice je propojena prostřednictvím vedení o napětí 400 kV s elektrickými stanicemi Babylón, Neznašov a Čechy Střed a dále vedením o napětí 200 kV s elektrickými stanicemi Čechy Střed a Chotějovice.

2.13 Liberecký kraj

V této kapitole se věnuji stručné charakteristice Libereckého kraje se zaměřením na skutečnosti, které mají nebo mohou mít význam pro

energetickou náročnost, nepřetržitou a bezpečnou dodávku elektrické energie či jsou významné z pohledu řešení výpadku dodávek.

2.13.1 Geografický charakter Libereckého kraje

Liberecký kraj se nachází v severní části České republiky a s rozlohou 3 163 km² zabírá pouze 4 % z celkové rozlohy ČR. S výjimkou hl. m. Prahy je nejmenším krajem. Sousedí s Ústeckým, Středočeským a Královehradeckým krajem, dále sousedí se Spolkovou republikou Německo a Polskou republikou. Území Libereckého kraje má, s ohledem na výškovou členitost, charakter pahorkatiny. Zahrnuje severní část České kotliny, Jizerské hory, východní část Lužických hor, západní Krkonoše s podhůřím, Ještědsko-kozákovský hřbet, Ralskou a Frýdlantskou pahorkatinu. [41]



Obrázek 8 Fyzickogeografická mapa Libereckého kraje. [41]

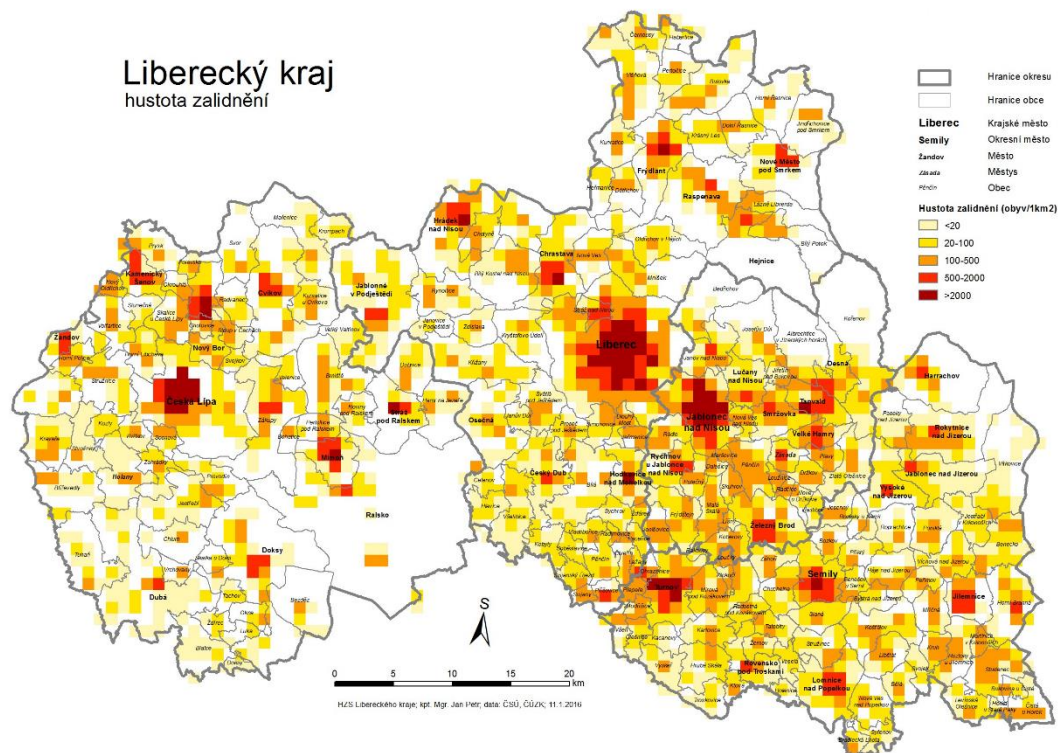
2.13.2 Charakter klimatu v Libereckém kraji

V prostoru Jizerských hor, Krkonoš a Lužických hor převažuje chladné a vlhčí klima. Srážkově nejbohatším územím jsou Jizerské hory. Výška sněhové pokrývky na horách často přesahuje 1 metr, v oblasti Krkonoš se pohybuje 1,5 až 2 metry. Českolipsko a jižní části okresů Liberec a Semily mají parametry mírně teplé oblasti. Na celém území kraje převažuje jihozápadní a severozápadní směr proudění. [41]

2.13.3 Demografický charakter Libereckého kraje

Dle údajů Českého statistického úřadu (dále jen ČSÚ) žilo k 1. lednu 2019 v Libereckém kraji 442 356 obyvatel. Z toho bylo 217 791 mužů a 224 565 žen. Dle tohoto ukazatele je Liberecký kraj druhý nejmenší v ČR. Průměrná hustota 139,5 obyvatel na km² převyšuje republikový průměr. Průměrný věk obyvatel je 41,9 let. Podíl městského obyvatelstva je 77,3 %. Největším městem Libereckého kraje je Liberec se 103 979 obyvateli. Druhým největším městem je Jablonec nad Nisou s více než 45 771 obyvateli. [42]

V roce 2015 bylo, dle statického sledování, 185 382 obydlených bytů v rodinných a bytových domech. [43]



Obrázek 9 Mapa hustoty zalidnění Libereckého kraje. [41]

2.13.4 Administrativní členění Libereckého kraje

Liberecký kraj je vymezen územím okresů Česká Lípa, Liberec, Jablonec nad Nisou a Semily. Sídlo Libereckého kraje je v Liberci. Na území Libereckého kraje se nachází celkem 215 obcí (z toho jsou 2 statutární města, 37 měst, 3 městyse a 173 obcí). Dále je v kraji stanoveno 10 obcí s rozšířenou působností. Jsou to Česká Lípa, Nový Bor, Liberec, Frýdlant, Jablonec nad Nisou, Tanvald, Železný Brod, Turnov, Semily, Jilemnice. Obcí s pověřeným obecním úřadem je 21. [41]

2.13.5 Charakter výroby v Libereckém kraji

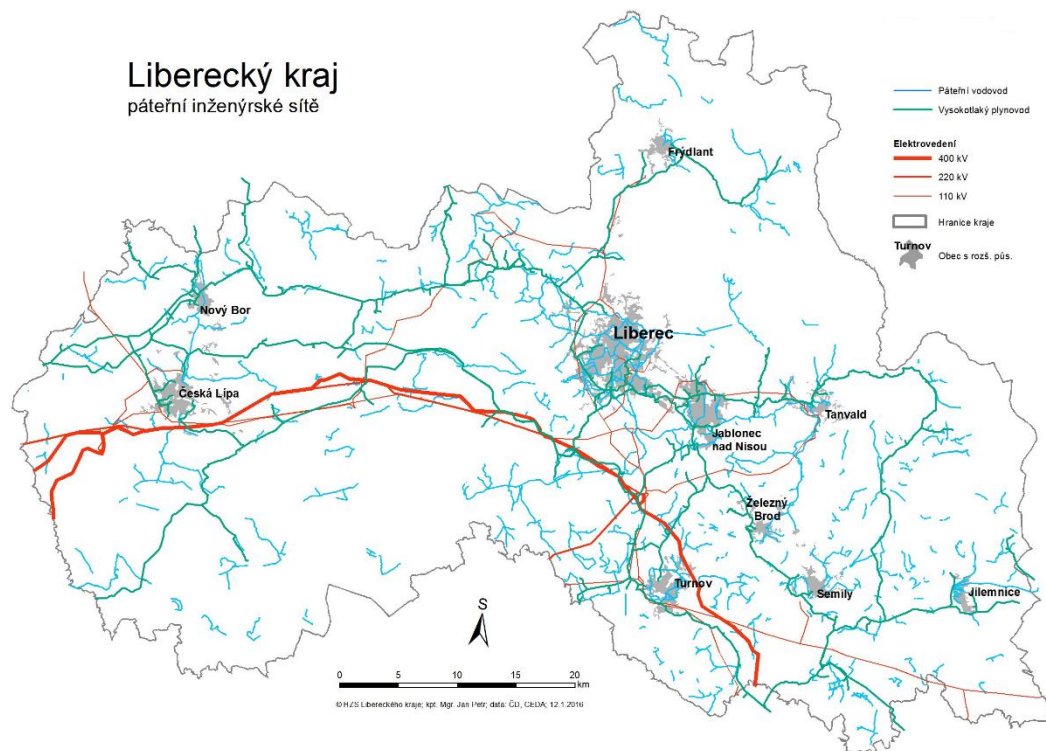
Liberecký kraj má převážně průmyslový charakter zaměřený na výrobu dílů pro automobilový průmysl, výrobu pryžových a plastových výrobků, což jsou odvětví energeticky náročná. Významný podíl má i oblast stavebnictví. Nejvýznamnější podniky se nacházejí ve velkých městských aglomeracích a v průmyslových zónách. Sklářský a textilní průmysl oslabil po ekonomické

recesi z konce roku 2008. Zemědělská výroba je pouze doplňkovým odvětvím se zaměřením na pěstování obiloviny a píce v návaznosti na chov skotu. Nezanedbatelnou součástí ekonomiky Libereckého kraje je cestovní ruch. [41]

2.13.6 Infrastruktura Libereckého kraje

Silniční síť má celkovou délku 2 412 km a je tvořena dálnicí D10 a dále komunikacemi 1., 2. a 3. třídy. Délka železničních tratí je 551 km a všechny tratě jsou jednokolejné a bez elektrifikace. Na území Libereckého kraje se nachází jedno mezinárodní neveřejné letiště, dvě vnitrostátní veřejná letiště a pět sportovních letišť. Osobní vnitrostátní lodní doprava je provozována pouze na Máchově jezeře. Na území Libereckého kraje je provozováno větší množství lanových drah.

Energetická a technická infrastruktura je tvořena přívody přenosové soustavy a distribuční sítí elektrické energie. Alternativní zdroje elektrické energie v Libereckém kraji mají malý podíl. Plynovodní síť Libereckého kraje je tvořena vysokotlakými, středotlakými a nízkotlakými plynovody a je součástí celorepublikové distribuční soustavy. Plynofikováno je cca 50 % obcí. Na vodovodní síť je napojeno cca 92 % obyvatelstva a na veřejnou kanalizaci je napojeno cca 69 % obyvatelstva. Zásobování teplem je většinou zajišťováno lokálními topidly, pouze ve větších městech je zásobování teplem řešeno centrálně.



Obrázek 10 Mapa páteřních inženýrských sítí na území Libereckého kraje. [41]

Na území Libereckého kraje je provozována celá řada komunikačních a informačních systémů různými subjekty. Dominantním provozovatelem bezdrátového přenosu jsou České radiokomunikace. Základní složky IZS také provozují vlastní rádiové vysílače a retranslační stanice. Významnými poskytovateli mobilního spojení jsou O2 Czech Republic, Vodafone Czech Republic a T-Mobile Czech Republic. [41]

2.13.7 Veřejné služby v Libereckém kraji

Přednemocniční neodkladnou péči zajišťuje na území celého Libereckého kraje Zdravotnická záchranná služba Libereckého kraje. Nemocniční péči zajišťuje 8 nemocnic, z nichž nejvýznamnější je Krajská nemocnice Liberec.

V Liberci sídlí Krajská hygienická stanice Libereckého kraje, která plní funkci orgánu veřejné ochrany zdraví. Veterinární péče je zajišťována prostřednictvím Krajské veterinární správy Státní veterinární správy pro Liberecký kraj.

Na území Libereckého kraje je provozováno 115 zařízení sociálních služeb s kapacitou 2 230 míst.

Vzdělávání na území Libereckého kraje je zajišťováno 237 mateřskými školami, 205 základními školami, 50 středními školami, 6 vyššími odbornými školami a 1 vysokou školou.

Kulturní, společenské a sportovní potřeby obyvatel Libereckého kraje jsou uspokojovány prostřednictvím různých institucí, jako jsou divadla, muzea, knihovny, zoologická a botanická zahrada v Liberci, sportovní zařízení a další.

[41]

3 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

3.1 Cíle diplomové práce

Cílem teoretické části diplomové práce je poukázat na vzájemné vazby mezi energetikou, elektroenergetikou a dalšími prvky kritické infrastruktury. Dalším cílem teoretické části diplomové práce je charakterizovat vztahy mezi jednotlivými částmi elektrizační soustavy, kterými jsou výroba, přenos a distribuce elektrické energie. To zahrnuje i podrobný popis technického řešení a principu distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje.

Hlavním cílem praktické části diplomové práce je analyzovat zranitelnost distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje. K dosažení tohoto cíle praktické části je potřeba nejprve realizovat dílčí cíle.

- Identifikovat hrozby pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje.
- Kvantifikovat jednotlivé identifikované hrozby z hlediska jejich rizikovosti pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje.
- Rozdělit hodnocená rizika do 3 kategorií na rizika přijatelná, rizika podmíněčně přijatelná, rizika nepřijatelná.

3.2 Hypotézy

1. Nejzranitelnější částí distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje je nadzemní vedení, tj. lineární stavby elektrického vedení.
2. Meteorologické jevy jsou hrozbami s nejvyšší úrovní rizika pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje.

3. Žádné posuzované riziko pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje nedosáhne vyšší úrovně rizika R než je stanovený horní limit úrovně rizik, tj. hodnoty 30.

4 METODIKA

4.1 Analýza rizik jako nástroj krizového managementu

Distribuční soustava elektrické energie Libereckého kraje splňuje definici kritické infrastruktury dle krizového zákona. Z toho vyplývá povinnost provozovatele chránit kritickou infrastrukturu před narušením její funkčnosti. A to je jeden z hlavních úkolů krizového managementu.

„Krizový management je ucelený soubor teoretických přístupů, praktických doporučení a metod, uplatněných v hierarchizovaném a funkčně propojeném systému orgánů veřejné správy, právnických a fyzických osob, jehož cílem je minimalizovat (zamezit) možnost vzniku krize nebo (v případě, že krize již nastala) redukovat rozsah škod a minimalizovat dobu trvání krize. Důležitou součástí krizového řízení je i odstraňování následků působení negativních krizových faktorů, obnova systému a jeho návrat do nového (vylepšeného) běžného stavu.“ [44, str. 25-26]

Aby odpovědné osoby mohly přijímat účinná opatření ke zvyšování odolnosti určitého systému, musejí znát jeho slabiny (zranitelnost). K tomu potřebují pravidelně získávat aktuální a zásadní informace o rizicích ohrožujících funkčnost systému. Jedním ze zdrojů těchto informací jsou analýzy rizik. Prostřednictvím analýzy rizik jsou vyhledávány nejvýznamnější hrozby a jejich rizika pro daný systém, které je vhodné eliminovat nebo zcela zamezit jejich vzniku, je-li to možné. Představují možnost, jak zranit (poškodit) daný systém.

Analýzou je myšlen rozbor, zkoumání a posouzení určitých stavů a jevů (hrozeb), které mohou způsobit nežádoucí následky.

Hrozba (nebezpečí) je jakýkoli fenomén (subjekt, událost nebo jev), který má svým působením schopnost poškodit chráněnou hodnotu nebo zájem jiného subjektu. Má potenciál ohrozit životy a zdraví osob, majetek, životní prostředí, ekonomickou či politickou stabilitu systému. Může mít obsah globální, politický, případně vojenský. [44; 45]

Rizikem se rozumí pravděpodobnost vzniku nežádoucího specifického účinku, ke kterému dojde během určité doby nebo za určitých okolností. [46]

Zranitelnost je vlastnost určitého systému nebo slabina na úrovni fyzické, logické nebo administrativní bezpečnosti, která může být zneužita hrozbou.

4.2 „Metodický postup ANALÝZA“

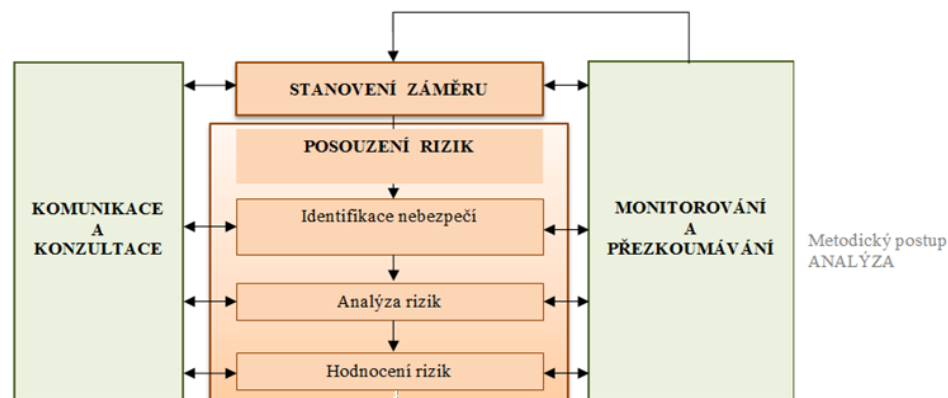
Vzhledem k značné šíři, rozsahu a komplexnosti bezpečnostní problematiky nelze použít jednu univerzální analytickou metodu. Je však nutné hledat a nalézat optimální metodu či metody, což obvykle představuje kombinaci více metod nebo jejich částí.

Pro diplomovou práci jsem pro analýzu rizik zvolil „Metodický postup ANALÝZA“, který vychází z postupů uplatněných v Analýze hrozeb pro Českou republiku. Tato analýza byla zpracována na základě úkolu daného Konceptí ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030. [47]

Důvodů, proč jsem zvolil tento metodický postup, je několik. Je to metoda vytvořená pro analýzy rizik na úrovni krajů a obcí s rozšířenou působností. Je to metoda jednoduchá, nenáročná na podmínky a nevyžadující sofistikované nástroje. V neposlední řadě to je metoda, kterou bych použil za předpokladu, že bych byl příslušník HZS LK zařazený na úseku ochrany obyvatelstva, krizového řízení a civilní nouzové připravenosti, pro které byla vytvořena.

„Metodický postup ANALÝZA“ zahrnuje klíčové a průřezové aktivity.

- Klíčové aktivity jsou
 - stanovení záměrů a
 - posouzení rizik.
- Průřezové aktivity jsou
 - komunikace a konzultace;
 - monitorování a přezkoumávání. [48]



Obrázek 11 Schéma „Metodického postupu ANALÝZA“. [48]

4.3 Klíčové aktivity

4.3.1 Stanovení záměrů

Záměrem je zpracování analýzy rizik pro distribuční soustavu Libereckého kraje. A jejím prostřednictvím identifikovat zranitelná místa distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje.

Dílčí cíle jsou identifikace jednotlivých hrozeb, které mají potenciál narušit účelnost distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje, jejich klasifikace, analýza a hodnocení.

4.3.2 Posouzení rizik

Druhou klíčovou aktivitou „Metodického postupu ANALÝZA“ je posouzení rizik, které v sobě zahrnuje tři na sebe navazující kroky:

1. identifikaci hrozeb (nebezpečí);
2. analýzu rizik;
3. hodnocení rizik.

4.3.3 Metody identifikace hrozeb (nebezpečí)

V rámci identifikace hrozeb jsem nalézal a rozpoznával hrozby a nebezpečí, které mohou představovat riziko pro distribuční soustavu Libereckého kraje. Při jejich identifikaci jsem měl na paměti, že distribuční soustava Libereckého kraje je nedílnou součástí elektrizační soustavy, a využil k tomu metodu brainstormingu.

Brainstorming je analytická metoda, kterou vytvořil reklamní pracovník Alex Faickney Osborn v roce 1939. Cílem této tvůrčí skupinové metody je vytvořit co nejvíce nápadů na dané téma. Základním předpokladem je, že osoby účastnící se brainstormingu vymyslí více nápadů za využití asociací, tj. že jeden nápad inspiruje k dalšímu. Metoda brainstormingu má několik zásad k odstranění veškerých omezení pro tvorbu nových myšlenek.

- Všichni účastníci brainstormingu jsou si rovni, vzájemně se povzbuzují.
- Neexistují žádná omezení.
- Kritika se odkládá na pozdější dobu, aby negativně neovlivňovala tok myšlenek.
- Kvantita námětů převažuje nad kvalitou (nehledí se na reálnost, logiku či racionalitu nápadu).
- Je důležité vytvořit tvůrčí prostředí, aby se účastníci mohli plně věnovat brainstormingu. [49]

Vedle výše uvedené metody jsem využil během identifikace hrozeb (nebezpečí) také odbornou literaturu zabývající se bezpečností elektrizační soustavy, data ze statistického sledování událostí HZS LK a podněty z jednotného registru hrozeb vytvořeného v rámci analýzy rizik pro ČR.

4.3.4 Klasifikace hrozeb (nebezpečí)

Identifikované hrozby a nebezpečí jsem následně klasifikoval a zařazoval. Odborná literatura rozlišuje tyto základní klasifikace hrozeb:

- *Asymetrické hrozby* jsou takové hrozby, kdy protivník použije takové prostředky a způsoby, kterým nelze stejným způsobem čelit. Obvykle se za tyto prostředky a způsoby považují teroristické a kriminální metody.
 - *Věcné hrozby* se třídí na hrozby
 - naturogenní (přírodní), které se dále člení na abiotické, biotické a kosmické;
 - antropogenní (ovlivněné lidskou činností), které se dále člení na technogenní, sociogenní, ekonomické.
 - *Vnitřní (interní, subjektivní) hrozby* mají svůj původ uvnitř vlastního systému a *vnější (externí) hrozby* mají svůj původ mimo vlastní systém.
- [44; 50]

Pro klasifikaci hrozeb jsem použil třídění dle věcných hrozeb, tj. na naturogenní (abiotické, biotické a kosmické) a antropogenní (technogenní, sociogenní, ekonomické).

4.3.5 Metoda analýzy rizik

V této podkapitole popisuji metodu multikriteriální analýzy pro posouzení úrovně rizik jednotlivých identifikovaných typů hrozeb (nebezpečí) pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje. V rámci multikriteriální analýzy jsem provedl jednotlivé dílčí kroky a výpočty jednotlivých koeficientů, potřebné k dosažení výsledku, tj. kvantitativního vyjádření úrovně rizika pro danou hrozbu (nebezpečí).

Postup pro určení jednotlivých dílčích koeficientů je založen na odhadním stanovení hodnot kvantitativních kritérií pro jednotlivé typy hrozeb (nebezpečí), s jejichž pomocí lze popsat podstatu a chování jednotlivých veličin vstupujících do definice rizika. Jednotlivá kritéria vycházejí z přílohy č. 1 „Metodického postupu ANALÝZA“. Při jejich tvorbě byly využity matematické modely, které nacházejí uplatnění při manažerském rozhodování a řešení ekonomických úloh. [48, příloha č. 1]

V procesu multikriteriální analýzy rizik jsem se snažil provádět výběr optimální varianty. A to tak, abych co nejvíce potlačil případné subjektivní zatížení. Toto jsem prováděl prostřednictvím průřezové aktivity – komunikace a konzultace.

Vzhledem ke skutečnosti, že zpracovávaná analýza rizik se vztahuje k distribuční soustavě elektrické energie Libereckého kraje, tak i odhadní stanovení hodnot kvantitativních kritérií pro jednotlivé typy hrozeb jsem se snažil provádět pouze ve vztahu k této soustavě. Příklad uvedu na následující modelové situaci: Zvláštní povodeň na vodním díle Josefův Důl by pravděpodobně usmrtila desítky a možná stovky osob (srovnej s protržením hráze na řece Bílá Desná v roce 1916, kdy přišlo o život 67 osob). V rámci analýzy rizik pro Liberecký kraj (ORP Tanvald) by byla stanovena hodnota dílčího koeficientu K_{01} na hodnotu 6 případně 7. Ale u analýzy rizik, která se čistě vztahuje k distribuční soustavě, je odhad ztrát na životech pracovníků distribuční soustavy mnohem nižší. Pravděpodobně by se jednalo o jednotlivce, tzn. že dílčí koeficient K_{01} bych stanovil na hodnotu 1 maximálně 2.

Při analýze rizik určité hrozby (nebezpečí), která doposud na území Libereckého kraje nenastala, jsem zohlednil zkušenosti z jiných regionů a aplikoval je pro území Libereckého kraje. V rámci multikriteriální analýzy jsem vždy uvažoval s tzv. nejhorším možným případem daného typu hrozby (nebezpečí).

Výstupem vlastní analýzy rizik je kvantifikace jednotlivých identifikovaných hrozeb (nebezpečí) z hlediska jejich rizikovosti pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje – veličina „úroveň rizika“. [48, příloha č. 1]

Pro určení úrovně rizika jsem využil následující základní rovnici:

$$R = F \times N$$

- R (Riziko) je výsledné stanovené riziko pro daný typ hrozby.
- F (Frekvence) je koeficientem četnosti možné aktivace konkrétního typu hrozby.
- N (Následky) jsou souhrnným vyjádřením nepříznivých účinků (dopadů) události či jevu schopného poškodit chráněné zájmy. [48, příloha č. 1]

Koeficient četnosti F (Frekvence) možné aktivace nebezpečí

Hodnotu koeficientu F pro určitý typ hrozby (nebezpečí) jsem stanovil kvalifikovaným odhadem: „Jak často může taková událost velkého rozsahu (tzv. nejhorší případ) nastat?“ Odhad jsem prováděl především na základě zkušeností a znalostí existence velkých událostí daného typu v nedávné historii.

Při kvantifikaci koeficientu četnosti jsem použil bodovací metodu podle stupnice v rozsahu 1 až 10 bodů dle následující tabulky. [48, příloha č. 1]

Tabulka 1 Koeficient četnosti F (Frekvence) možné aktivace hrozby (nebezpečí). [48, příloha č. 1]

ČASOVÉ ÚDOBÍ FREKVENCE MOŽNÉ AKTIVACE NEBEZPEČÍ	F
1 x za několik měsíců (cca 1-6 měsíců a častěji)	10
1 x za více měsíců až 1 rok (cca 7 až 12 měsíců)	9
1 x za několik málo let (cca 2-4 roky)	8
1 x za více let (cca 5-10 let)	7
1 x za několik málo desetiletí (cca 2-3 desetiletí = cca 1 generace)	6
1 x za více desetiletí (cca 4-9 desetiletí = cca 2-3 generace)	5
1 x za cca 100 let	4
1 x za několik málo století (cca 2-4 století)	3
1 x za více století	2
1 x za 1000 let a více	1

Souhrnné kvantifikované vyjádření nepříznivých následků N

V případě detailní multikriteriální analýzy je N (Následky) sdruženou veličinou, vyjádřenou za využití následujícího vztahu:

$$N = (K_O \times VK_O) + (K_{\text{ŽP}} \times VK_{\text{ŽP}}) + (K_E \times VK_E) + (K_S \times VK_S)$$

- K_O je koeficient dopadů na životy a zdraví osob.
- VK_O je váhový koeficient dopadů na životy a zdraví osob.
- $K_{\text{ŽP}}$ je koeficient dopadů na životní prostředí.
- $VK_{\text{ŽP}}$ je váhový koeficient dopadů na životní prostředí.
- K_E je koeficient ekonomických dopadů.
- VK_E je váhový koeficient ekonomických dopadů.
- K_S je koeficient společenských dopadů.
- VK_S je váhový koeficient společenských dopadů. [48, příloha č. 1]

Hodnoty jednotlivých koeficientů dopadů jsou stanoveny expertním odhadem. Kdy jsem provedl výběr ze škály 0 až 10, přičemž hodnota 0 má u každého koeficientu význam neexistujícího nebo zanedbatelného dopadu na daný chráněný zájem. V některých případech nemusí mít hodnoty ve stupnici 0 až 10 odpovídající vyjádření. Ovšem i tyto hodnoty se daly použít u hraničních případů, kdy jsem nemohl přesně rozhodnout. [48, příloha č. 1]

S ohledem na společenské a kulturní zvyklosti na území ČR je zřejmé, že dominantním chráněným zájmem jsou životy a zdraví osob. Pro vyjádření různého významu jednotlivých oblastí chráněných zájmů reprezentovaných koeficientem dopadu je třeba do výpočtu zavést váhové koeficienty. Tyto váhové koeficienty byly stanoveny za využití Fullerovy metody (tzv. Fullerových trojúhelníků), což je jedna z metod párového porovnání. Výsledné vyjádření dílčích váhových koeficientů pro určitý chráněný zájem je uvedeno v následující tabulce. [48, příloha č. 1]

Tabulka 2 Dílčí váhové koeficienty dopadů pro určení následků N. [48, příloha č. 1]

CHRÁNĚNÝ ZÁJEM	VÁHOVÝ KOEFICIENT	
	označení	hodnota
životy a zdraví osob	VK _O	0,4
životní prostředí	VK _{ŽP}	0,2
ekonomika (majetek)	VK _E	0,2
společenská stabilita	VK _S	0,2

Koeficient dopadu na životy a zdraví osob K_O

Tento koeficient je stanoven jako složenina dvou dílčích koeficientů vyjadřujících smrtelné dopady (K_{O1}) a ohrožení osob (K_{O2}). Oba dílčí koeficienty jsou započteny do výsledné hodnoty stejnou vahou, tedy:

$$K_O = (K_{O1} + K_{O2}) / 2$$

Za smrtelné dopady (K_{O1}) se považuje počet osob, které zemřely v přímé souvislosti s danou událostí či jevem. Východiskem pro stanovení hodnot dílčího koeficientu smrtelných dopadů je definice mimořádné události s hromadným úmrtím dle zákona o zdravotních službách, za kterou se považuje událost s úmrtím více než 10 osob. Tento počet je postaven jako rozhraní úrovně 3 a 4 v následující tabulce. [48, příloha č. 1; 51]

Tabulka 3 Dílčí koeficient smrtelných dopadů K_{O1} [48, příloha č. 1]

SMRTELNÉ DOPADY	K _{O1}
bez úmrtí	0
jednotlivci (1 – 2 mrtví)	1
3 – 5 mrtvých	2
6 – 10 mrtvých	3
11 – 20 mrtvých	4
21 – 50 mrtvých	5
51 – 100 mrtvých	6-7
101 – 500 mrtvých	8
> 500 mrtvých	9-10

Za ohrožené osoby (K_{O2}) se považují osoby, vůči kterým je nutno činit neodkladná opatření jako např. záchranné práce, zdravotnické ošetření,

evakuace apod. Společnost ČEZ Distribuce, a. s. zaměstnává dle výroční zprávy za rok 2018 cca 4 500 zaměstnanců. Tuto hodnotu jsem zařadil na úroveň 9. [48, příloha č. 1; 52]

Tabulka 4 Dílčí koeficient ohrožení osob K_{O_2} . [48, příloha č. 1]

OHRŮŽENÍ OSOB	K_{O_2}
bez ohrožení osob	0
1 – 10 ohrožených osob	1
11 – 25 ohrožených osob	2
26 – 50 ohrožených osob	3
51 – 100 ohrožených osob	4
101 – 250 ohrožených osob	5
251 – 500 ohrožených osob	6
501 – 1 000 ohrožených osob	7
1 001 – 2 500 ohrožených osob	8
2 501 – 5 000 ohrožených osob	9
> 5 000 ohrožených osob	10

Koeficient dopadu na životní prostředí K_{ZP}

Tento koeficient reflektuje dopad na vybrané složky životního prostředí. Jako jsou vodní toky, vodní plochy včetně vodárenských nádrží, ochranná pásma vodních zdrojů včetně chráněných oblastí přirozené akumulace vod, zvláště chráněná území přírody, přírodní stanoviště a ostatní biotické prostředí.

Za zvláště chráněná území přírody jsou považována území chráněná v souladu se zákonem o ochraně přírody a krajiny. Jsou to národní parky, chráněné krajinné oblasti, národní přírodní rezervace, národní přírodní památka, přírodní rezervace a přírodní památka. Natura2000 jsou území stanovená v souladu se zákonem o ochraně přírody a krajiny. Jedná se např. o evropsky významné lokality, ptačí oblasti, místa rozmnožování nebo odpočinku druhů vyžadujících přísnou ochranu. Za ostatní biotické prostředí je považován soubor flory a fauny na určitém území včetně vazeb mezi ekosystémy mimo uvedené kategorie. Jedná se např. o louky, lesy, pole, sady. [48, příloha č. 1; 53]

Při odhadu konkrétního dopadu je třeba mít na zřeteli, že uvedené příklady jsou pouze informativní a slouží k orientaci při stanovování hodnoty koeficientu. Koeficient dopadů na životní prostředí je roven maximální zjištěné hodnotě pro jednotlivou složku životního prostředí $K_{\text{ŽP}_i}$. [48, příloha č. 1]

$$K_{\text{ŽP}} = \max (K_{\text{ŽP}_i})$$

Tabulka 5 Koeficient dopadu na životní prostředí $K_{\text{ŽP}_i}$. [48, příloha č. 1]

POŠKOZENÍ A OHROŽENÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	$K_{\text{ŽP}_i}$
Bez poškození a ohrožení.	0
Malé poškození a ohrožení, např.: <ul style="list-style-type: none"> • ostatní biotické prostředí do 1 ha; • vodní toky v délce do 2 km; • vodní plochy (mimo vodárenských nádrží) do 1 ha. 	1-2
Střední poškození a ohrožení, např.: <ul style="list-style-type: none"> • ostatní biotické prostředí 1 – 3 ha; • chráněné oblasti přirozené akumulace vod; • vodní toky v délce 2 – 5 km; • vodní plochy (mimo vodárenských nádrží) více než 1 ha. 	3-5
Velké poškození a ohrožení, např.: <ul style="list-style-type: none"> • zvláště chráněná území přírody a NATURA2000 o rozloze do 0,5 ha; • ostatní biotické prostředí 3 – 100 ha; • ochranná pásma vodních zdrojů včetně vodárenských nádrží; • vodní toky v délce 5 – 10 km. 	6-8
Velmi velké poškození a ohrožení, např.: <ul style="list-style-type: none"> • zvláště chráněná území přírody a NATURA2000 o rozloze větší než 0,5 ha; • ostatní biotické území větší než 100 ha; • vodní toky (mimo významné vodní toky) v délce více než 10 km; • vodárenské nádrže. 	9-10

Koeficient ekonomických dopadů K_E

Koeficient ekonomických dopadů zahrnuje jednak přímé škody způsobené danou událostí včetně dopadů na zvířata, ale také náklady na obnovu území a náklady na zásah. V tabulce uvedená škála odráží výši ekonomických aktiv společnosti ČEZ Distribuce, a. s., která je dle výroční zprávy za rok 2018, cca 143 mld. Kč. Tuto částka jsem dal na 9. [48, příloha č. 1; 52]

Tabulka 6 Koeficient ekonomických dopadů K_E – Přímé škody a náklady. [48, příloha č. 1]

PŘÍMÉ ŠKODY A NÁKLADY	K_E
do 1 mil. Kč	1
1,1 – 10 mil. Kč	2
10,1 – 100 mil. Kč	3
100,1 – 500 mil. Kč	4
500,1 mil. – 1 mld. Kč	5
1 – 5 mld. Kč	6
5 – 10 mld. Kč	7
10 – 50 mld. Kč	8
50 – 150 mld. Kč	9
> 150 mld. Kč	10

Koeficient společenských dopadů K_S

Tento koeficient je stanoven jako složenina tří dílčích koeficientů. Všechny tři dílčí koeficienty jsou započteny do výsledné hodnoty stejnou vahou, tedy dle vzorce:

$$K_S = (K_{S1} + K_{S2} + K_{S3}) / 3$$

- K_{S1} je dílčí koeficient počtu omezených osob.
- K_{S2} je dílčí koeficient předpokládané doby trvání omezujícího stavu.
- K_{S3} je dílčí koeficient úrovně celkového omezení společnosti.

Za omezené osoby (K_{S1}) se považují osoby dotčené omezujícím stavem. Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury, definuje rozsáhlé omezení poskytování nezbytných služeb nebo

jiného závažného zásahu do každodenního života postihujícího více než 125 000 osob jako jedno z průřezových kritérií. Tato hodnota byla postavena na úroveň 7. Počet obyvatel Libereckého kraje k 1. lednu 2019 byl podle ČSÚ cca 442 356. Tomuto počtu obyvatel byla přiřazena nejvyšší hodnota koeficientu K_{S1} . [10; 48, příloha č. 1]

Tabulka 7 Dílčí koeficient omezení osob K_{S1} . [48, příloha č. 1]

OMEZENÍ OSOB	K_{S1}
bez omezení osob	0
do 100 omezených osob	1
101 - 1 000 omezených osob	2
1 001 - 5 000 omezených osob	3
5 001 - 10 000 omezených osob	4
10 001 - 50 000 omezených osob	5
50 001 - 100 000 omezených osob	6
100 001 - 200 000 omezených osob	7
200 001 - 300 000 omezených osob	8
300 001 - 400 000 omezených osob	9
> 400 000 omezených osob	10

Trvání omezujícího stavu (K_{S2}) je doba, po kterou jsou prováděny záchranné a likvidační práce v případě mimořádné události a provádění základních obnovovacích prací pro obnovení základních služeb. Základním obnovením služeb je myšleno např. zprůjezdnění silnic, obnova dodávek energií, výstavba provizorních mostů apod. Tuto dobu lze připodobnit k době trvání krizového stavu (pokud byl vyhlášen). Ale je třeba mít na paměti, že se nejedná o dobu potřebnou pro kompletní obnovu postiženého území a dobu, po kterou je zajištěno náhradní ubytování osobám, které přišly o přístřeší (např. výstavba povodňových domků). [48, příloha č.1]

Tabulka 8 Dílčí koeficient předpokládané doby trvání omezujícího stavu K_{S2} . [48, příloha č.1]

ČASOVÉ OBDOBÍ PŘEDPOKLÁDANÉ DOBY TRVÁNÍ OMEZUJÍCÍHO STAVU	K_{S2}
bez omezujícího stavu	0
několik hodin (až půl dne)	1
až 1 den	2
několik málo dnů (cca 2-3 dny)	3
více dnů (cca 4 dny až 1 týden)	4
několik týdnů (až 1 měsíc)	5
více měsíců (do půl roku)	6
až 1 rok	7
více let (až 5 let)	8
mnoho let (až 25 let)	9
více než čtvrtstoletí (více než jedna generace)	10

Omezením společnosti (K_{S3}) je myšleno přechodné snížení kvality životního stylu obyvatelstva a výskyt omezujících situací v důsledku nepříznivé události nebo jevu (např. přerušení dodávek energií, omezení v dopravě, výpadky telekomunikačních a informačních systémů atd.). [48, příloha č. 1]

Tabulka 9 Dílčí koeficient omezení společnosti K_{S3} . [48, příloha č. 1]

OMEZENÍ SPOLEČNOSTI	K_{S3}
Bez omezení.	0
Velmi malé: bez pocívaných výrazných dopadů; z pohledu obyvatelstva nedojde k významnějším omezením v poskytování veřejných služeb; jsou dotčeny jen jednotlivé osoby.	1
Malé: dojde k minimálnímu omezení poskytování veřejných služeb; lehké znepokojení veřejnost.	2-3
Střední: částečné omezení poskytování některých veřejných služeb, např. dopravní obslužnost (výpadky v hromadné dopravě); omezení dostupnosti základních komodit (např. ropa, energie, potraviny, voda); výpadky telekomunikačních a informačních systémů; narušení pocitu bezpečí občanů.	4-5
Závažné: významné omezení poskytování některých veřejných služeb; možné páchaní trestné činnosti (např. rabování); možné regionální občanské nepokoje; regionální nezaměstnanost.	6-7

Velmi závažné: velmi významné omezení poskytování veřejných služeb; páčání rozsáhlé trestné činnosti, velké občanské nepokoje; výrazné omezení základních lidských práv (např. právo nedotknutelnosti osoby, jejího soukromí, právo vlastnit majetek a nedotknutelnosti obydlí, svoboda pohybu a pobytu).	8-9
Extrémní: politická destabilizace země; narušení demokratických základů státu a svrchovanosti ČR.	10

4.3.6 Metoda hodnocení rizik

Smyslem dílčího kroku hodnocení rizik je identifikace prioritních rizik, kterým je potřeba dále věnovat pozornost, a která ukazují na zranitelnost distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje.

Identifikace prioritních rizik vychází ze stanovených limitních hodnot úrovně rizik:

- spodní limitní hodnota úrovně rizik je 10;
- horní limitní hodnota úrovně rizik je 30.

Na základě stanovených limitních hodnot jsem rozdělil rizika pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje do tří základních kategorií.

1. *Rizika přijatelná* (úroveň rizika 0–10) je kategorie, pro kterou se nepředpokládá přijetí mimořádných opatření. Zpravidla se jedná o situace zvládnutelné běžnými prostředky provozovatele distribuční soustavy a složek IZS.
2. *Rizika podmíněčně přijatelná* (úroveň rizik 11–30) je kategorie, kde se předpokládá přijetí opatření vedoucí k jejich eliminaci. Pro tuto kategorii rizik jsou obvykle připravována řešení mimořádných událostí pomocí havarijních plánů a typových činností.
3. *Rizika nepřijatelná* (úroveň rizika vyšší než 30) je kategorie, pro kterou se přijímají opatření vedoucí k jejich eliminaci. Tato kategorie spadá

do oblasti přípravy na řešení krizových situací a zahrnuje především krizové plánování. [48]

4.4 Průřezové aktivity

4.4.1 Komunikace a konzultace

Komunikace a konzultace jsou aktivity, které se provádějí v užší součinnosti a spolupráci zpracovatele analýzy s dalšími aktéry, kteří do procesu přípravy na řešení mimořádných událostí a krizových situací vstupují. Smyslem je koordinace jednotného přístupu k aplikaci daného metodického postupu. Z těchto důvodů je vhodné pořádat pracovní schůzky a odborné semináře. Průřezové aktivity se provádějí po celou dobu realizace „Metodického postupu ANALÝZA“. [48]

V rámci diplomové práce jsem se s těmito aktivitami vypořádal formou komunikace a konzultací s příslušníkem HZS LK ve služební hodnosti vrchní komisař, který je metodikem zařazeným na oddělení Ochrany obyvatelstva a krizového řízení. Další komunikace a konzultace probíhala s pracovníci ČEZ Distribuce, a. s.

I přes uvedené skutečnosti si uvědomuji, že tato průřezová aktivita trpí určitým hendikepem, který spočívá v poměrně úzkém okruhu odborníků, se kterými jsem danou problematiku konzultoval. Obvykle je při takovéto analýze pracovní tým větší.

4.4.2 Monitorování a přezkoumávání

Monitorování a přezkoumávání spočívá v periodické obnově celého procesu analýzy rizik. Identifikované hrozby (nebezpečí) jsou revidovány s ohledem na aktuální bezpečnostní situaci. Nově identifikované hrozby (nebezpečí) jsou následně podrobeny hodnocení rizik.

Aktualizace procesu analýzy rizik se provádí při souhrnné aktualizaci plánovací dokumentace, nejpozději však ve čtyřletých cyklech. V případech zásadních změn v bezpečnostní situaci je doporučena aktualizace mimo standardní cyklus. [48]

Vzhledem ke skutečnosti, že analýza rizik pro distribuční soustavu Libereckého kraje je součástí praktické části diplomové práce, jsem tuto analýzu zpracoval jednorázově s možností budoucího využití při případné periodické aktualizaci.

4.5 Analýza zranitelnosti

Hrozby, u kterých je úroveň rizika vyšší než 10 ($R > 10$), tj. zařadil jsem je do kategorie *podmínečně přijatelná rizika* nebo *nepřijatelná rizika*, jsem podrobil následné analýze, protože mohou ukazovat na potencionálně zranitelná místa v systému distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje a tím je identifikovat.

Zranitelnost distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje jsem hledal prostřednictvím metody *Co – když analýzy (WHAT – IF ANALYSIS)*. Což je jednoduchá analytická metoda sloužící k hledání možných škodlivých následků různých jevů a stavů, které mají schopnost narušit funkčnost a bezpečnost systému. Jedná se o systematickou, ale ne přísně strukturovanou analytickou techniku, kdy zkušení lidé hledají potenciální problémy (vazby mezi hrozbami – riziky – zranitelností) a opatření k jejich nápravě. Její využití je zcela univerzální a jejím výstupem je popis potenciálních problémů včetně doporučení, jak jim předcházet (prevence). [54]

5 VÝSLEDKY

5.1 Identifikované hrozby (nebezpečí) a jejich klasifikace

V této podkapitole jsem uvedl jednotlivé hrozby pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje, které jsem identifikoval. Jedná se o výsledky identifikace hrozeb (nebezpečí) jakožto dílčího kroku klíčové aktivity posouzení rizik dle „Metodického postupu ANALÝZA“ Dále jsem tyto hrozby krátce charakterizoval a rozřídil do kategorií na naturogenní (abiotické, biotické a kosmické) a antropogenní (technogenní, sociogenní a ekonomické).

5.1.1 Naturogenní abiotické hrozby

Přírozená/přívalová povodeň je jev, kdy dojde k přechodnému výraznému zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Přívalová povodeň je specifická v tom, že vzniká následkem rychlého povrchového odtoku způsobeného přívalovými srážkami, který se v členitém terénu rychle koncentruje do říční sítě. Přívalové povodně se mohou vyskytnout prakticky kdekoli, a to i mimo síť trvalých vodních toků. [9; 55]

Krupobití je poměrně běžný jev doprovázející bouřky. Jedná se o jeden z druhů atmosférických srážek, kdy na zemský povrch dopadají kroupy. Což jsou ledové či sněhové hrudky pokryté vrstvou či několika vrstvami zmrzlé vody. Jejich průměr je různý od 5 mm až do několika cm (průměr krup nad 5 cm se vyskytuje výjimečně). [44]

Sněhová kalamita je situace, kdy jsou sněhové srážky vydatné a dlouhodobé. Následkem toho vzniká vysoká sněhová pokrývka. Tato situace může zasáhnout celé území nebo jen část. Její výskyt je omezen na zimní období. Situaci komplikuje zejména vítr, který tvoří závěje a sněhové jazyky.

Ledovka, námraza jsou jevy, kdy na prochladlý podklad dopadá mrznoucí déšť či přechlazené kapičky mlhy, které vytvářejí homogenní vrstvu ledu nebo námrazy. Výskyt těchto jevů je omezen na zimní období a častěji se vyskytuje v horských oblastech. [56]



Obrázek 12 Námraza na stožáru typu „SEDLÁK“ venkovního vedení 1 x 110 kV. [57]

Sněhová lavina, skalní řízení či *sesuv půdy* jsou jevy, kdy dochází k náhlému neočekávanému posunu velkého objemu materiálu (sníh, kamení, skála, zemina) ze svahu dolů. [44]

Zemětřesení je jev, kdy dochází k rychlým a krátkodobým otřesům, které se šíří ve vlnách zemským nitrem nebo podél povrchu zemské kůry. Rozlišujeme zemětřesení přirozená a umělá. [44]

Sopečná erupce je pojem, který zahrnuje širokou škálu vulkanických projevů, od klidných výlevů magmatu, po explozivní výbuchy sopečných plynů a pyroklastického materiálu. Na území ČR se nenachází žádná aktivní sopka. Avšak při silné sopečné erupci může být do atmosféry vyvrženo velké množství popela, které vlivem vzdušného proudění může zasáhnout území ČR potažmo území Libereckého kraje. [58]

Extrémně dlouhé sucho je období, kdy dostupnost vody klesne pod statistické požadavky pro danou oblast. [44]

Větrná bouře a větrné úkazy jsou jevy, kdy vítr dosahuje vysoké rychlosti a v daném místě může způsobit podstatné škody. V Beaufortově stupnici větru jde přibližně o stupně 9 až 12, tedy vichřice až orkán, případně o větrné úkazy jako je tornádo. Může postihovat různě velké území a trvat různě dlouho v závislosti na příčinách. [59]

Extrémní mráz je stav, kdy průměrná denní teplota vzduchu je nižší než $-7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Takové počasí se dle klasifikace L. A. Čubukova užívaného na území ČR nazývá krutě mrazivé. [59]

Atmosférický výboj (blesk) je elektrický výboj, který vzniká mezi centry kladných a záporných nábojů jednoho nebo více oblaků, mezi oblakem a zemí a vzácně mezi oblakem a stratosférou. Účinky blesku jsou především elektrické a z nich vyplývají účinky světelné, akustické, tepelné, mechanické a chemické. [59]

Extrémně vysoké teploty je stav vznikající v létě za suchého počasí při vysoké teplotě vzduchu za intenzivního přímého slunečního záření a slabého proudění vzduchu. [59]

Dlouhodobá inverzní situace je situace, kdy v delším časovém úseku dochází ke zhoršení rozptylových podmínek. Je omezeno vzdušné proudění a dochází ke kumulaci škodlivých látek v přízemní atmosféře.

Požár v přírodě je mimořádná událost, kterou se rozumí „každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí a nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy“. [60, § 1 písm. m]

5.1.2 Naturogenní biotické hrozby

Epidemie (epidemický výskyt choroby) označuje hromadný výskyt infekčního onemocnění osob na určitém území po určitou dobu. [44]

5.1.3 Naturogenní kosmické hrozby

Impakt mimozemského tělesa je událost, kdy dojde ke srážce dvou astronomických objektů (jedním z nich je Země) s měřitelnými následky. Během dopadu se uvolňuje velké množství energie. Následky se odvíjejí od velikosti tělesa, rychlosti nárazu, hustoty materiálu tělesa a úhlu dopadu. Menší mimozemská tělesa do průměru cca 1 metru obvykle shoří v atmosféře. Větší tělesa mají kinetickou energii jako několik atomových bomb. Podle vědecké komunity byl příčinou vymírání druhů před 66 miliony let dopad tělesa o průměru 10 km. Čeljabinský meteorit v roce 2013, který se rozpadl během průletu atmosférou vyvolal explozi o síle 500 000 tun trinitrotoluenu (dále jen TNT), tj. 30x silnější než hirošimská bomba. Těleso takové velikosti dopadá na Zemi 1x za 75 let. [61]

Sluneční erupce je prudký výbuch ve sluneční atmosféře s energií srovnatelné miliardě megatun TNT. Velmi silná sluneční erupce vyvolá geomagnetickou bouři. [62]

5.1.4 Antropogenní technogenní hrozby

Zvláštní povodní se rozumí povodeň, způsobená poruchou či havárií (protržením) vodního díla vzdouvajícího nebo akumulujícího vodu, nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle. V Libereckém kraji tato situace může nastat u vodních děl Souš, Josefův Důl, Mšeno, Harcov, Bedřichov, Fojtka, Stráž pod Ralskem, Horní rybník na Svitávce, Radvanecký rybník a Novozámecký rybník. [63]

Požár v zástavbě nebo *v průmyslu* je mimořádná událost, kterou se rozumí „každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí a nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy“. [60, § 1 písm. m]

Havárie s únikem nebezpečné látky (chemické, biologické nebo radioaktivní látky) je mimořádná událost, kdy dojde k úniku nebezpečné látky v souvislosti s provozem technických zařízení a budov, při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a při jejich přepravě nebo při nakládání s nebezpečnými odpady. [9]

Výbuch (exploze) v zástavbě a v průmyslu je fyzikální jev, kdy dojde k náhlému uvolnění energie ve spojení se zvýšením teploty a tlaku. K uvolnění energie dochází velmi rychle (v tisícině sekundy). Prudká změna tlaku se šíří do okolí ve formě rázové vlny. Rozlišujeme výbuch fyzikální (mechanický), chemický a elektrický.

Nehoda v dopravě (silniční, letecké, drážní a vodní) je mimořádná událost, ke které došlo v souvislosti s provozováním silniční, letecké, drážní nebo vodní dopravy, a která ohrozila nebo narušila bezpečnost silniční, letecké, drážní nebo vodní dopravy, bezpečnost osob, bezpečnou funkci staveb nebo zařízení nebo životní prostředí. Hrozba pro distribuční soustavu se odvíjí od charakteru nehody. Silniční doprava je nejrozšířenější a nejintenzivnější. Na území Libereckého kraje je poměrně málo kilometrů komunikací, které by měly celorepublikový nebo evropský význam pro silniční dopravu. Letecká doprava na území Libereckého kraje spočívá především v provozování leteckého sportu na sportovních letištích a v omezené osobní letecké dopravě (pouze jedno letiště na území Libereckého kraje je mezinárodní a dvě jsou pro vnitrostátní dopravu). Nelze zcela vyloučit pád trosk většího letadla, které by letělo v leteckém koridoru nad územím Libereckého kraje. V Libereckém kraji není vhodné letiště pro nouzové přistání většího dopravního letadla. Železniční doprava na území Libereckého kraje je realizována po jednokolejných tratích, které nejsou elektrifikovány. Vodní osobní doprava je provozována pouze na Máchově jezeře. [9; 41]

Narušení dodávek zemního plynu velkého rozsahu je situace, kdy dojde k významnému a náhlému poklesu dodávek zemního plynu do ČR. ČR je závislá na dovozu zemního plynu (těžba v ČR pokrývá jen cca 1 % vlastní spotřeby),

který představuje cca 20 % primární spotřebované energie v ČR. Strategické zásoby zemního plynu pokrývají cca 39 % roční tuzemské spotřeby. V Libereckém kraji je plynofikováno cca 50 % obcí. [41; 64]

Narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu je krizová situace s rozsáhlými dopady na všechny oblasti života, včetně ohrožení životů a zdraví osob. Příčin je celá řada (extrémní klimatické jevy, nestabilita přenosové soustavy, chyba operátora, porucha, havárie, teroristický útok s dopadem na klíčové prvky přenosové soustavy apod.). Pravděpodobnost vzniku blackoutu se zvyšuje v případě kombinace působení výše uvedených faktorů. Tato krizová situace má potenciál vyvolat i další domino-efekty. [65]

Narušením dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu se rozumí „významný a náhlý pokles dodávek ropy nebo ropných produktů do České republiky, Evropské unie nebo států Mezinárodní energetické agentury, bez ohledu na to, zda bylo vydáno mezinárodní rozhodnutí.“ [66, § 1a písm. k]

Narušení funkčnosti a bezpečnosti kritické informační a telekomunikační infrastruktury je krizová situace, spojená se zasažením informačních a komunikačních systémů prvku kritické infrastruktury (v tomto případě distribuční soustavy Libereckého kraje) vlivem jak neúmyslného selhání technologií nebo lidského faktoru, tak i vlivem úmyslného napadení informačních nebo komunikačních systémů (kybernetický útok). V současnosti, kdy převažující část řídicích, kontrolních a ovládacích činností je realizována prostřednictvím moderních informačních a komunikačních technologií, takové narušení funkčnosti představuje významnou hrozbu. [65]

Nerovnováha mezi nabídkou a poptávkou elektrické energie je situace, kdy náhle a neočekávaně dojde k rozkolísání rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektrické energie. Příčina může nastat jak na straně zdrojů elektrické energie, tak na straně odběratelů. Příkladem příčiny nerovnováhy způsobené na straně zdrojů je živelný rozvoj OZE, kdy se v Německu během několika minut mohou zapojit výrobní zdroje o ekvivalentu 20 temelínských jaderných bloků. Příkladem

rozkolísání soustavy na straně spotřeby elektrické energie je masivní používání klimatizace v daný okamžik. Nerovnováha mezi výrobou a spotřebou elektrické energie vede k výkyvům frekvence. [33]

Porucha (vč. lidské chyby) a jejich kumulace na technologických zařízeních elektrizační soustavy je situace nebo stav, kdy dojde k úplné nebo částečné ztrátě schopnosti prvku nebo technologického zařízení elektrizační soustavy (distribuční soustavy). Poruchy lze třídit podle časového průběhu (na náhlé, postupné a občasné), podle podmínek vzniku (na závislé a nezávislé), podle období užívání soustavy (na časné, náhodné a dožitím) a podle stupně rozsahu (na úplné a částečné). Kombinací poruchy náhlé a úplné vzniká porucha katastrofální, kombinací poruchy postupné a částečné vzniká porucha degradační. Hlavní vedení distribuční soustavy jsou řešena tak, aby splňovala bezpečnostní kritérium N-1 (u některých důležitých objektů je realizováno bezpečnostní kritérium N-2). Chyba pracovníka rozvodné sítě je lidské konání nebo jeho nedostatek, které překračuje některé limity akceptovatelnosti, kde jsou limity lidského konání definovány systémem. Zahrnuje jednání operátorů nebo manažerů, které může přispívat k narušení funkce soustavy nebo jej vyvolat. V užším vymezení mluvíme o lidské chybě, pokud jednání operátorů technických systémů způsobí nezbytný příspěvek k rozvoji chyb a poruch. I přes velký podíl automatizace je lidský faktor stále přítomen. Je to dáno tím, že dokáže lépe reagovat na nestandardní situace. Ale zároveň představuje hrozbu pro systém. [33; 67; 68]

5.1.5 Antropogenní sociogenní hrozby

Teroristický útok představuje v současném světě aktuální bezpečnostní hrozbu, přesto neexistuje jednotný náhled odborné veřejnosti na tento termín. Trestný čin teroristického útoku je ukotven v trestním zákoníku. V § 311 zákona č. 40/2009 Sb., trestní zákoník, je pamatováno i na činy, které mají za cíl narušit bezpečné dodávky elektrické energie. Např. zničení nebo poškození energetického

zařízení, narušení či přerušení dodávek elektrické energie nebo útok proti počítačovému systému, jehož narušení by mělo závažný dopad na zajištění základních životních potřeb obyvatel. Teroristické útoky mohou mít různý charakter a cíle. Mohou cílit na řídicí a technologické prvky distribuční soustavy prostřednictvím výbušnin, žhářského útoku nebo i výhružkou útoku. Teroristický útok se od kriminální činnosti liší především motivací, která je zpravidla ideologická, náboženská či politická. [69]

Kriminální činnost je významnou hrozbou pro elektrizační soustavu z hlediska vnější bezpečnosti. Jedná se o úmyslné jednání s cílem poškodit nebo zničit prvky distribuční soustavy, dále pak násilná a majetková trestná činnost. Může se jednat např. o trestné činy krádeže, obecného ohrožení, sabotáže, poškozování a ohrožování provozu obecně prospěšného zařízení, poškozování a zneužití záznamu na nosičích informací, poškozování cizí věci apod. Motivací obvykle bývá majetkový prospěch pachatele. [69]

Vojenské napadení ČR vč. nasazení zbraní na principu elektromagnetického pulzu (dále jen EMP) je situace, kdy ČR čelí vojenské agresi jiného státu. V takovém případě rozhoduje Parlament ČR o vyhlášení válečného stavu. Parlament ČR může vyhlásit válečný stav také za situace, je-li třeba plnit mezinárodní smluvní závazky o společné obraně proti napadení. V případě vojenského napadení ČR by byla elektrizační soustava jedním z primárních cílů útočníka. Současný vojenský výzkum se zabývá zbraněmi na principu EMP. Zbraň tohoto typu je zařízením schopným vygenerovat velmi silný elektromagnetický pulz v krátkém časovém úseku. Následkem čehož dojde k poškození polovodičových součástek. Je to ideální zbraň k vyřazení elektrizační soustavy z provozu v době asymetrických konfliktů. Údajně byla zbraň tohoto typu použita v roce 1999 v Jugoslávii. [16; 33; 70]

5.1.6 Antropogenní ekonomické hrozby

Hrozby ekonomické charakteru pro distribuční soustavu mohou mít řadu příčin. V konečném důsledku obvykle znamenají podfinancování provozu a investic do modernizace a rozvoje distribuční soustavy. To může vést k nedostatku nebo nižší kvalitě odborných pracovníků, k odkládání oprav, modernizace a rozvoje distribuční soustavy.

5.2 Výsledky analýzy rizik

Následující tabulka obsahuje výsledky analýzy rizik jakožto dílčího kroku klíčové aktivity posouzení rizik podle „Metodického pokynu ANALÝZA“. Tj. bodové ohodnocení jednotlivých koeficientů (vč. dílčích) pro jednotlivé identifikované hrozby. Součástí tabulky jsou i výsledky výpočtu úrovně rizika pro jednotlivé hrozby podle výše popsané metodiky.

Pro lepší rozlišení jsem barevně odlišil hrozby s úrovní rizika do hodnoty 10 (zelené řádky) a hrozby s úrovní rizika vyšší než hodnota 10 (oranžové řádky).

Tabulka 10 Bodové ohodnocení jednotlivých (vč. dílčích) koeficientů u jednotlivých hrozeb.

Bodové ohodnocení jednotlivých (vč. dílčích) koeficientů u jednotlivých hrozeb												
KATEGORIE NEBEZPEČÍ	TYPY NEBEZPEČÍ	F	K _o		K _{žp}	K _E	K _s			N	R	
			K _{o1}	K _{o2}			K _{s1}	K _{s2}	K _{s3}			
naturogenní	abiotické	Přírozená/přívalová povodeň	7	2	2	4	4	6	5	5	3,47	24,27
		Krupobití	8	0	1	0	2	2	3	4	1,20	9,60
		Sněhová kalamita	8	1	1	0	3	4	4	4	1,80	14,40
		Ledovka, námraza	7	1	1	0	3	6	4	4	1,93	13,53
		Sněhová lavina, skalní řízení či sesuv půdy	7	0	0	1	2	2	3	4	1,20	8,40
		Zemětřesení	5	0	0	1	3	2	3	4	1,40	7,00
		Sopečná erupce	5	0	0	0	2	5	4	4	1,27	6,33
		Extrémně dlouhé sucho	7	0	0	0	2	0	0	1	0,47	3,27
		Větrná bouře, větrné úkazy	8	1	1	1	3	6	4	4	2,13	17,07

		Extrémní mráz	7	0	0	0	2	3	3	3	1,00	7,00	
		Atmosférický výboj (blesk)	9	1	1	1	3	5	2	3	1,87	16,80	
		Extrémně vysoké teploty	7	0	0	0	2	2	2	3	0,87	6,07	
		Dlouhodobá inverzní situace	8	0	0	0	2	0	0	1	0,47	3,73	
		Požár v přírodě	8	0	1	1	2	2	2	3	1,27	10,13	
	<i>biotické</i>	Epidemie	5	3	4	0	3	0	0	1	1,67	10,33	
	<i>kosmické</i>	Impakt mimozemského tělesa	2	2	4	4	4	8	5	6	4,07	8,13	
		Sluneční erupce	3	0	1	0	5	10	6	7	2,73	8,20	
	<i>antropogenní</i>	<i>technogenní</i>	Zvláštní povodeň	4	2	2	4	4	4	4	5	3,27	13,07
			Požár v zástavbě nebo průmyslu (transformovny)	7	1	1	1	3	5	4	5	2,13	14,93
Havárie s únikem nebezpečné látky			7	1	1	1	2	3	3	3	1,60	11,20	
Výbuch v zástavbě nebo průmyslu			7	1	1	1	3	3	3	4	1,87	13,07	
Nehoda v dopravě (silniční, letecké, drážní a vodní)			6	0	1	1	3	3	3	3	1,60	9,60	
Narušení dodávek plynu velkého rozsahu			7	0	0	0	2	0	0	1	0,47	3,27	
Narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu			7	0	0	0	3	10	3	5	1,80	12,60	
Narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu			5	0	0	0	2	0	0	1	0,47	2,33	
Narušení funkčnosti a bezpečnosti kritické informační a telekomunikační infrastruktury			7	0	0	0	3	9	4	6	1,87	13,07	
Nerovnováha mezi nabídkou a poptávkou el. energie			9	0	0	0	2	4	2	3	1,00	9,00	
Porucha (vč. lidské chyby) a jejich kumulace		7	1	1	1	3	9	3	5	2,33	16,33		
<i>sociogenní</i>		Teroristický útok	6	3	3	1	5	9	5	7	3,80	22,80	
		Kriminální činnost	8	1	1	1	2	5	3	4	1,80	14,40	
		Vojenské napadení ČR vč. nasazení zbraní EMP	5	4	5	4	6	10	6	7	5,33	26,67	

	<i>ekonomické</i>	Hrozby ekonomického charakteru	6	0	0	0	3	3	3	3	1,20	7,20
--	-------------------	--------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------	------

5.3 Výsledek hodnocení rizik

Tato podkapitola obsahuje výsledky hodnocení rizik jakožto dílčího kroku klíčové aktivity posouzení rizik dle „Metodického postupu ANALÝZA“. Jednotlivé hrozby jsem rozdělil do 3 kategorií podle dosažené úrovně rizika R.

1. Rizika přijatelná ($R < 10$);
2. rizika podmíněčně přijatelná ($10 < R < 30$);
3. rizika nepřijatelná ($R > 30$).

5.3.1 Rizika přijatelná

Mezi hrozby s přijatelným rizikem jsem na základě analýzy rizik zařadil (řazeno od nejnižší hodnoty R k nejvyšší):

- narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu ($R = 2,33$);
- narušení dodávek plynu velkého rozsahu ($R = 3,27$);
- extrémně dlouhé sucho ($R = 3,27$);
- dlouhodobá inverzní situace ($R = 3,73$);
- extrémně vysoké teploty ($R = 6,07$);
- sopečná erupce ($R = 6,33$);
- zemětřesení ($R = 7,00$);
- extrémní mráz ($R = 7,00$);
- hrozby ekonomického charakteru ($R = 7,20$);
- impakt mimozemského tělesa ($R = 8,13$);
- sluneční erupce ($R = 8,20$);
- sněhová lavina, skalní řízení či sesuv půdy ($R = 8,40$);
- nerovnováha mezi nabídkou a poptávkou el. energie ($R = 9,00$);

- nehoda v dopravě (silniční, letecké, drážní a vodní) (R = 9,60);
- krupobití (R = 9,60).

5.3.2 Rizika podmíněně přijatelná

Mezi hrozby s podmíněně přijatelným rizikem jsem na základě analýzy rizik zařadil (řazeno od nejnižší hodnoty R k nejvyšší):

- požár v přírodě (R = 10,13);
- epidemie (R = 10,33);
- havárie s únikem nebezpečné látky (R = 11,20);
- narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu (R = 12,60);
- zvláštní povodeň (R = 13,07);
- výbuch v zástavbě nebo průmyslu (R = 13,07);
- narušení funkčnosti a bezpečnosti kritické informační a telekomunikační infrastruktury (R = 13,07);
- ledovka, námraza (R = 13,53);
- sněhová kalamita (R = 14,40);
- kriminální činnost (R = 14,40);
- požár v zástavbě a průmyslu (transformovny) (R = 14,93);
- porucha (vč. lidské chyby) a jejich kumulace (R = 16,33);
- atmosférický výboj (R = 16,80);
- větrná bouře, větrné úkazy (R = 17,07);
- teroristický útok (R = 22,80);
- přirozená/přívalová povodeň (R = 24,27);
- vojenské napadení ČR vč. nasazení zbraní EMP (R = 26,67).

5.3.3 Rizika nepřijatelná

Žádná z identifikovaných hrozeb při hodnocení rizik nedosáhla úrovně rizika R vyšší než 30. Z tohoto důvodu jsem žádnou hrozbu nezařadil do kategorie

nepřijatelných rizik. Nejbližší k hraniční hodnotě 30 se přiblížila hrozba vojenského napadení ČR vč. nasazení zbraní EMP.

5.4 Výsledek analýzy zranitelnosti

Tato podkapitola obsahuje výsledky analýzy zranitelnosti distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje metodou *Co – když analýzy (WHAT – IF ANALYSIS)*, kterou jsem zpracoval u hrozeb zařazených do kategorie podmíněčně přijatelná rizika.

5.4.1 Požár v přírodě

Riziko požár v přírodě pro distribuční soustavu elektrické energie se odvíjí od jeho charakteru (např. rozsah, charakter hořící vegetace, terén apod.). Pokud vypukne požár v přírodě, tak ohrožuje především nadzemní vedení distribuční sítě (hlavně VN a NN). Je to dáno rozsahem nadzemního vedení, které se počítá na tisíce kilometrů a také tím, že stožáry a sloupy jsou poměrně nízké (blíže k vegetaci, tj. hořlavému materiálu). Vedle nadzemního vedení může požár v přírodě narušit funkčnost transformovny VN/NN, protože tyto bývají umístěny blíž k vegetaci.

5.4.2 Epidemie

Epidemie (epidemický výskyt choroby) představuje riziko pro zaměstnance společnosti ČEZ Distribuce, a. s. případně pro zaměstnance dodavatelů. Velice záleží na charakteru dané choroby (mortalita, infekčnost, průběh apod.). Velká nemocnost zaměstnanců může způsobit situaci, kdy je na pracovišti nedostatečný počet odborně způsobilých pracovníků nebo když jsou zaměstnanci přepracováni (vlivem přesčasů za nemocné kolegy). Zranitelnost spočívá v nedostatku odborně způsobilých pracovníků.

5.4.3 Havárie s únikem nebezpečné látky

Havárie s únikem nebezpečné látky (chemické, biologické nebo radioaktivní látky) je hrozbou a rizikem pro odborně způsobilé pracovníky distribuční soustavy elektrické energie, případně i pro některá technologická zařízení distribuční soustavy (rozvodna, transformovna apod.) za předpokladu, že se ocitnou v nebezpečné zóně mimořádné události s únikem nebezpečných látek.

5.4.4 Narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu

Narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu ohrožuje technologická zařízení distribuční soustavy elektrické energie v okamžiku výpadku dodávek elektrické energie (z přenosové soustavy) a při jejich obnově. Při výpadku dodávek nebo jejich obnově dochází k zatěžování technologického zařízení (pojistné mechanismy a zařízení v transformovnách), což může vyvolat dominoefekt nebo poškodit transformátor. Příčiny narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu zpravidla leží mimo distribuční soustavu. Vyšší pravděpodobnost je, že příčina vznikne v přenosové soustavě elektrické energie.

5.4.5 Zvláštní povodeň

Zvláštní povodeň svým charakterem (velké množství vody rychle tekoucí údolím) ohrožuje nadzemní vedení distribuční sítě (narušení stability stožárů a sloupů, zkrat na vedení) a transformovny VN/NN umístěné v blízkosti říčního koryta. Významnější technologická zařízení distribuční soustavy elektrické energie bývají umístěna mimo záplavová území.

5.4.6 Výbuch v zástavbě nebo průmyslu

Výbuch v zástavbě nebo průmyslu může poškodit nadzemní i kabelové vedení distribuční soustavy a technologická zařízení nacházející se u epicentra

výbuchu. Pokud by došlo k výbuchu v blízkosti technického dohledové centra, byli by ohroženi jeho pracovníci i technologie pro řízení distribuční soustavy elektrické energie.

5.4.7 Narušení funkčnosti a bezpečnosti kritické informační a telekomunikační infrastruktury

Narušení funkčnosti a bezpečnosti kritické informační a telekomunikační infrastruktury představuje pro distribuční soustavu elektrické energie velké riziko s ohledem na skutečnost, že v současnosti se provádí řídicí, kontrolní a ovládací činnost prostřednictvím moderních informačních technologií. Ohrožena je především kybernetická bezpečnost, která dnes již souvisí se vším. Ale také informační toky důležité pro řízení distribuční soustavy.

5.4.8 Ledovka, námraza

Ledovka, námraza představují riziko především pro nadzemní vedení distribuční sítě. Pokud by došlo k vytvoření dostatečně silné vrstvy ledu na vodičích může dojít pod jeho vahou k destrukci (přetržení) vodičů nebo i destrukci stožárů a sloupů, které podpírají nadzemní vedení. Další ohrožení představují stromy a větve, které pod tíhou ledu padají na vodiče nadzemního vedení. Námraza má také schopnost zkratovat neizolované vodiče nadzemního vedení distribuční sítě elektrické energie.

5.4.9 Sněhová kalamita

Při sněhové kalamitě často dochází k destrukci stromů a jejich částí v blízkosti nadzemního vedení distribuční sítě (případně i stavebních konstrukcí) pod vahou sněhové pokrývky. Následně pak dochází k poškození vodičů a poruchám dodávek elektrické energie. Sněhová pokrývka (závěje, sněhové

jazyky, namrzlé komunikace) komplikuje odstranění poruch na vedení a ohrožuje bezpečnost pracovníků, kteří je odstraňují.



Obrázek 13 Pád stromu pod tíhou sněhu na nadzemní vedení distribuční sítě.

[zdroj nrap. Karel Bukvic HZS LK ÚO Jablonec nad Nisou, st. Tanvald]

5.4.10 Kriminální činnost

Kriminální činnost může ohrozit všechny prvky distribuční soustavy. Záleží na charakteru trestné činnosti (krádež, obecné ohrožení, sabotáž, poškozování a ohrožování provozu obecně prospěšného zařízení, poškozování a zneužití záznamu na nosičích informací, poškozování cizí věci apod.). Nejdostupnější pro trestnou činnost je nadzemní a kabelové (na povrchu) vedení, rozvodny a transformovny VN/NN. Zajištění jejich fyzické bezpečnosti je problematické s ohledem na množství a umístění. Ohrožení trestnou činností mohou být také pracovníci provozovatele distribuční soustavy, technická a technologická zařízení.

5.4.11 Požár v zástavbě a průmyslu (transformovny)

Požár v zástavbě a průmyslu (transformovny) ohrožuje především technologická zařízení (rozvodny a transformovny) a technická dohledová centra. Za určitých okolností může požár v zástavbě ohrozit vedení distribuční sítě.

5.4.12 Porucha (vč. lidské chyby) a jejich kumulace

Porucha (vč. lidské chyby) a jejich kumulace jsou jevy, které ohrožují především technologická zařízení a informační sítě distribuční soustavy elektrické energie. Jsou to prvky nejcitlivější na poruchu či chybu obsluhy. Při kumulaci poruch pak také dochází k přetěžování ostatních vedení (která jsou ještě v provozu) a hrozí narušení jejich funkce. [33]

5.4.13 Atmosférický výboj

Udeří-li atmosférický výboj (blesk) do distribuční sítě, vyvolá přepětí, které se šíří distribuční soustavou a namáhá její prvky (izolátory, informační sítě, technologická zařízení) a může způsobit zkrat vedení.

5.4.14 Větrná bouře, větrné úkazy

Větrná bouře, větrné úkazy velmi často vyvrací a poškozují stromy či různé konstrukce (např. stavební). Následně může dojít k pádům vyvrácených stromů a jiných trosek na vodiče nadzemního vedení distribuční soustavy, což způsobuje jejich poškození a narušení dodávek elektrické energie.

5.4.15 Teroristický útok

Aby byl teroristický útok co nejefektivnější, tak bude mířit na technická dohledová centra, informační technologie a elektrické stanice, které zajišťují propojení přenosové a distribuční sítě (v Libereckém kraji by to byly stanice

Babylón a Bezděčín). Útok na tyto prvky distribuční soustavy by měl velmi vážné následky. Oproti tomu útok na nadzemní vedení by byl jednodušší, ale následky by nebyly tak zničující.

5.4.16 Přírozená/přívalová povodeň

Rizikem při přírozené/přívalové povodni je možnost zaplavení technologických zařízení distribuční soustavy (např. rozvodny a transformovny) a následný elektrický zkrat. Poškozeno může být i nadzemní vedení, přesněji stožáry a sloupy, které ho nesou.

5.4.17 Vojenské napadení ČR vč. nasazení zbraní EMP

Při vojenském napadení ČR vč. nasazení zbraní EMP by byla elektrizační soustava vč. distribuční soustavy jedním z primárních cílů útočníka. Případný útočník by se snažil o co nejcitelnější úder. Dá se předpokládat, že by útoky (ve vztahu k distribuční soustavě) směřovaly na technická dohledová centra, informační technologie a elektrické stanice, které zajišťují propojení mezi přenosovou a distribuční sítí. Útoky, které by směřovaly na jiné cíle by neměly takový účinek a následky. Nasazení zbraní na principu EMP je rizikem pro všechny součástky s polovodiči (prakticky každé elektronické zařízení má takové součástky). Takový to typ útoku by vyřadil z provozu především informační technologie nutné k řízení a kontrole distribuční soustavy. To by představovalo hrozbu také pro distribuční soustavu LK, která je nedílnou součástí elektrizační soustavy. [33]

5.4.18 Zranitelné prvky distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje

Prostřednictvím metody *Co – když analýzy (WHAT – IF ANALYSIS)* jsem identifikoval následující zranitelné prvky distribuční soustavy. Jsou mezi nimi

rozdíly z pohledu možnosti napadení či narušení, následků, možností jejich ochrany a zvýšení odolnosti.

1. *Nadzemní vedení distribuční sítě elektrické energie* je, co se týká možnosti napadení či narušení, nejzranitelnější. Je to dáno jeho charakterem, kdy představuje stovky a tisíce kilometrů vedení a stovky a tisíce stožárů a sloupů. Jeho fyzická ochrana je v podstatě nemožná (se současnou technologií). Na druhou stranu jsou následky přerušení nadzemního vedení distribuční sítě poměrně rychle a snadno opravitelné. Je to nejčastěji narušený nebo napadený prvek distribuční soustavy.
2. Technologická zařízení typu transformovny a rozvodny jsou prvky, které v sobě do určité míry spojují dvě nežádoucí vlastnosti. A to velký počet těchto zařízení v distribuční soustavě a s tím spojené obtíže s fyzickou ochranou. Ale také poměrně závažnější následky při napadení či narušení jejich funkčnosti oproti nadzemnímu vedení. *Významná technologická zařízení*, jakými jsou např. transformovny VVN/VVN nebo VVN/VN, při jejichž napadení či narušení hrozí velmi závažné následky mají obvykle zajištěnu fyzickou ochranu (oplocením, kamerovým systémem, elektronickým zabezpečovacím systémem, stabilním hasicím zařízením (dále jen SHZ) apod.). Počet takto významných transformoven v celé distribuční soustavě společnosti ČEZ Distribuce, a. s. je 289. Méně významné transformovny VN/NN, kterých je velké množství (v distribuční soustavě provozované ČEZ Distribuce, a. s. jich je přes 59 000), zase nepředstavují tak výrazné riziko pro bezpečnost dodávek elektrické energie. Při narušení jejich funkce se projeví výpadek dodávek elektrické energie u omezeného počtu odběratelů. [52]
3. *Technická dohledová centra*, které zajišťují dispečerskou činnost v rámci distribuční soustavy, jsou prvky, při jejichž napadení nebo narušení

hrozí riziko velmi závažných následků. Z tohoto důvodu jsou technická dohledová centra zabezpečena prvky fyzické ochrany (bezpečnostní a kamerové systémy, ostraha objektu apod.) a jedná se o tzv. režimová pracoviště, kam má přístup pouze vymezený okruh osob. Pro distribuční soustavu Libereckého kraje se nacházejí technická dohledová centra v Děčíně a Hradci Králové.

4. *Informační systémy* sloužící k řízení a dohledu nad distribuční soustavou elektrické energie souvisejí s technickými dohledovými centry. Často se nacházejí ve stejné budově. U těchto systémů je nutné zabezpečit fyzickou ochranu, ale především kybernetickou bezpečnost. Což je soubor opatření, které zajišťují ochranu informací a majetku před krádeží, zneužitím, nebo přírodní katastrofou, přičemž informace a majetek musí zůstat přístupné a produktivní pro oprávněné uživatele. Napadení či narušení informačních systémů může představovat velmi závažné následky.
5. *Odborně způsobilý personál* je prvkem distribuční soustavy, na který by se nemělo při ochraně zapomínat. V dnešní době se stále častěji mluví o automatizaci a robotizaci, která je velkým pomocníkem, ale stále jsou situace a úkoly, které může zvládnout pouze člověk. Pracovníci provozovatele distribuční soustavy, kteří zajišťují její chod po technické stránce, jsou často vystaveni různým rizikům (pracovního úrazu, nemoci z povolání, stresu apod.). Jejich odborná kvalifikace není jednoduše a rychle nahraditelná. Což představuje zranitelnost pro distribuční soustavu.

6 DISKUZE

Fungování dnešního moderního světa si nedovedeme bez elektrické energie představit. Tento druh energie nás v podstatě doprovází na každém kroku. Závažný a dlouhodobý výpadek v dodávkách elektrické energie má potenciál ochromit naši společnost.

V diplomové práci jsem se zabýval především distribuční soustavou Libereckého kraje. Zároveň jsem chtěl poukázat na to, že distribuční soustava Libereckého kraje je nedílnou součástí distribuční soustavy elektrické energie ČR, která tvoří s přenosovou soustavou a výrobny elektrické energie elektrizační soustavu. Na bezpečném fungování elektrizační soustavy závisí většina systémů, které naší společnosti zajišťují bezpečnost, základní potřeby i pohodlí.

Prostřednictvím analýzy rizik za použití „Metodického postupu ANALÝZA“ jsem v praktické části diplomové práce identifikoval zranitelné prvky distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje.

Nejzranitelnějšími prvky distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje jsou:

- nadzemní vedení distribuční sítě;
- významná technologická zařízení (transformovny VVN/VVN a VVN/VN, rozvodny apod.);
- technická dohledová centra;
- informační systémy;
- odborně způsobilý personál.

6.1 Zranitelnost nadzemního vedení distribuční sítě

Jak jsem již napsal výše, zranitelnost nadzemního vedení spočívá především v jeho rozsahu a nemožnosti ho fyzicky ochránit. JPO zařazené v plošném

pokrytí Libereckého kraje v roce 2018 spolupracovaly s pracovníky provozovatele distribuční soustavy při odstraňování narušení či poškození nadzemního vedení distribuční sítě ve 103 případech. Většinou se jednalo o odstraňování stromů a větví z vodičů distribuční sítě či stržené nadzemní vedení. Převažující příčinou těchto poškození byly meteorologické jevy (silný vítr a sněžení). Zdaleka se nejednalo o všechny případy, kdy byly odstraňovány závady, poruchy a poškození na nadzemním vedení. Většinu těchto událostí řešili pracovníci provozovatele distribuční soustavy bez spolupráce s JPO.

Zvýšení odolnosti tohoto nejčastěji narušovaného prvku distribuční soustavy spatřují především v důsledném udržování ochranného pásma (tj. bezpečném odstupu vegetace či dalších objektů od vodičů), údržbě a modernizaci (obnově) distribuční sítě.

Ochranné pásmo nadzemního vedení tvoří souvislý prostor vymezený dvěma svislými rovinami vedenými po obou stranách nadzemního vedení. Vzdálenost od nadzemního vedení vymežujícího ochranné pásmo se liší podle napěťové hladiny a typu vedení. Pro zajímavost, u přenosové soustavy jsou vzdálenosti vymežující ochranné pásmo 20 a 30 metrů, proto zpravidla vedení přenosové soustavy nebývá narušeno pádem stromu. Odstraňování vegetace z blízkosti distribučního vedení zajišťují vlastníci nemovitostí, kudy vede nadzemní vedení, a provádějí ho specializovaní pracovníci. V roce 2019 zasahovali JPO HZS LK minimálně u jednoho tragického případu, kdy majitel nemovitosti chtěl svépomocí odstranit větev v blízkosti vodiče distribuční sítě. Společnost ČEZ Distribuce, a. s. jako provozovatel distribuční soustavy si uvědomuje tento problém a zveřejňuje na svých webových stránkách informace k problematice ořezu stromů. Vlastníci nemovitostí, nad kterými prochází nadzemní vedení nebo nad ně zasahuje ochranné pásmo, zde zjistí svá práva a povinnosti. [] (71)

Příkladem, jak je důležité zajistit odstup okolní vegetace od vedení, je případ z roku 2003, kdy došlo v důsledku řetězení chyb personálu a poruch k průhybu

vodičů přenosové soustavy a jejich kontaktu s vegetací. Následkem byl rozsáhlý blackout v Itálii, kterým bylo postiženo 56 mil. obyvatel. [33]

Další nebezpečí pro nadzemní vedení představují meteorologické jevy ledovka a námraza. Významná část Libereckého kraje má horský charakter, kde v zimním období často panují vhodné podmínky pro vznik ledovky či námrazy. Namrzlá voda na vodičích a stožárech nadzemního vedení může svou vahou vodiče strnout na zem, případně poškodit (dokonce zlomit) stožáry nadzemního vedení a způsobit zkrat na vedení. To že ledovka a námraza představují hrozbu pro nadzemní vedení dokazuje skutečnost, že společnost E.ON Distribuce, a. s. provozující distribuční soustavu na jihu ČR zavedla v ohrožených místech vyhřívání nadzemního vedení 110 kV. Jedná se o jednoduchý způsob odstraňování ledu a námrazy za využití tepla, které vzniká ve zkratovaném vedení. [57]

Dana Procházková ve své knize *Rizika spojená s pohromami a inženýrské postupy pro jejich zvládnutí* doporučuje řadu opatření pro zvládnutí pohrom spojených s meteorologickými jevy. Jedním z nich je zohlednění nebezpečí meteorologických jevů při plánování, umisťování, projektování a realizaci staveb. S tím souhlasím, toto opatření se vztahuje i na nadzemní vedení distribuční sítě. Konkrétním návrhem opatření je používání izolovaných kabelových svazků vodičů k nadzemnímu vedení v místech, kde je zvýšené riziko poškození nadzemního vedení. Takové vedení je odolnější proti přerušení či poškození. Další možností je ukládání kabelového vedení pod zem v rizikových úsecích s přihlédnutím k ekonomickým možnostem. [11]

Dnes to může vypadat jako sci-fi, ale již v roce 1890 prováděl Nikola Tesla pokusy s bezdrátovým přenosem elektrické energie. Jeho představou bylo, že využije k přenosu elektrické energie Zemi jako vodič. Spotřebič by se pak jednoduše spojil standardním vodičem se Zemí a mohl by využívat elektrickou energii. Pokud by taková technologie jednou byla zrealizována, pak by nadzemní i kabelové vedení, jak ho dnes známe, bylo zbytečné. [72]

6.2 Zranitelnost významných technologických zařízení

Zranitelnost významných technologických zařízení spatřuji, na rozdíl od nadzemního vedení (kde je dána dostupností a frekvencí narušení), v následcích, které nastanou při jejich narušení nebo napadení. Četnost incidentů je dána již nižším počtem takovýchto zařízení. Následky jsou naopak závažnější, výpadek v dodávce elektrické energie postihne obvykle větší okruh odběratelů a obnovení dodávek trvá delší čas.

Aby bylo významné technologické zařízení odolné je třeba mu zajistit fyzickou ochranu. Autoři David Řehák a kolektiv ve své knize *Kritická infrastruktura elektroenergetiky – určování, posuzování a ochrana* kladou důraz na opatření fyzické ochrany. Tato opatření mají charakter technický, režimový (organizační) a ostrahy a mají především eliminovat antropogenní sociogenní hrozby (kriminální činnost, terorismus). [69]

U technologických zařízení, která se nacházejí mimo budovy, se obvykle jedná o opatření technická. Nejjednodušší je oplocení prostoru, kam nemají přístup nepovolané osoby. Vyšší úroveň představují různé elektronické zabezpečovací systémy, kamerové systémy či systémy kontroly vstupu. Doplňkem může být dodatečné osvětlení prostoru. Bylo by nezodpovědné se domnívat, že ploty či zabezpečovací systémy jsou schopny zastavit nebo odradit odhodlaného útočníka. Příkladem může být událost ze dne 16. dubna 2013, kdy došlo k teroristickému útoku na elektrické zařízení společnosti PG&E Metcalf, které zajišťovalo dodávku elektrické energie pro oblast Silicon Valley v Kalifornii ve Spojených státech amerických. Útočník použil střelnou zbraň k poškození samoobslužného technologického zařízení distribuční soustavy. K rozsáhlému výpadku nedošlo díky včasné reakci dispečerského pracoviště a schopnosti místní elektrizační soustavy pracovat v ostrovním režimu. [73]

Podle názoru řady odborníků (Řehák, Hon) může při mnohonásobném koordinovaném útoku na elektrizační soustavu dojít k rozpadu soustavy

a k dlouhodobému blackoutu (v řádu týdnů). Současná elektrizační soustava je schopna zvládat jednotlivé poruchy, výpadky či útoky, ale nebude schopna si poradit s jejich kumulací.

Ostraha je opatřením, které má své opodstatnění u velmi významných objektů pro bezpečnou funkci distribuční soustavy nebo v případě zhoršení bezpečnostní situace. [69]

V roce 2018 zasahovaly JPO zařazené do plošného pokrytí Libereckého kraje u 20 požárů trafostanic/rozvodů. Toto nezanedbatelné číslo poukazuje na riziko požáru technologického zařízení. Škodu způsobenou požárem a její výši ovlivňuje rychlost s jakou je požár lokalizován a zlikvidován. Proto se domnívám, že ke zvýšení odolnosti takového zařízení by přispěla instalace elektrické požární signalizace (dále jen EPS) a SHZ. EPS a SHZ bývají již dnes nainstalovány v prostorách budov, kde se nacházejí významná technologická zařízení distribuční soustavy. Transformovny, které jsou většinou umístěny mimo budovy, tuto ochranu před požáry většinou postrádají. Častým důvodem je, že EPS a SHZ by byly vystaveny povětrnostním podmínkám, což by negativně ovlivnilo jejich životnost a funkčnost. Navrhovaným řešením je instalace hasicích prostředků typu jako je automatické samospouštěcí hasicí zařízení s hasicím práškem ELID FIRE. Tento hasicí prostředek je schopen uhasit požár na ploše cca 8 až 10 m². Je zcela autonomní bez potřeby obsluhy či zdroje energie. Opatření proti vzniku požáru navrhuje také kolektiv autorů kolem Davida Řeháka. [69]

Pokud by došlo někdy v budoucnu k realizaci Teslových myšlenek na bezdrátovou distribuci elektrické energie, pak s velkou pravděpodobností stále budou existovat technologická zařízení typu transformovna nebo rozvodna (buď menší), která budou zajišťovat distribuci elektřiny pouze v místě její spotřeby.

6.3 Zranitelnost technických dohledových center

Technické dohledové centrum (dispečink) je prvek distribuční soustavy elektrické energie, kde se do určité míry potkávají další prvky, které jsem identifikoval jako zranitelné (informační systémy, odborně způsobilý personál, technologická zařízení).

Pracovníci technického dohledového centra provádějí soustavný dohled nad distribuční soustavou, sbírají a vyhodnocují data, přijímají rozhodnutí, provádí korekce v provozu soustavy, předávají a přejímají informace, koordinují činnost pracovníků v terénu atd. Aby tuto činnost mohli bezpečně vykonávat, je třeba pro to vytvořit vhodné podmínky.

Mezi opatření ke snížení rizika narušení či útoku na technické dohledové centrum patří zajištění fyzické bezpečnosti. K tomu se využívají různé technické prostředky či ostraha. U dohledových center k nim přistupují navíc režimová opatření. Jsou to opatření, která se týkají činnosti pracovníků uvnitř organizace, návštěvníků, administrativního pořádku a sdílení dat, informací a dokumentů mimo organizaci. Patří mezi ně úprava režimu vstupu zaměstnanců a vjezdu služebních vozidel, režimu vstupu návštěv/dodavatelů a jejich pohybu v objektech, kontroly nakládání s majetkem a jeho identifikace, školení zaměstnanců a provádění kontrol. [69]

S výše uvedenými opatřeními k zajištění fyzické kontroly je možné pouze souhlasit. Provozovatel distribuční soustavy Libereckého kraje k nim přistupuje odpovědně. Když jsem projevil zájem o návštěvu technického dohledového centra, byl jsem slušně odmítnut. Z vlastní zkušenosti vím, že ne vždy odpovědné osoby za prvek kritické infrastruktury takto postupují a jednají.

Jak jsem napsal výše, technické dohledové centrum zajišťuje dispečerskou činnost a to znamená, že se podílí v rámci operačního řízení na odstraňování následků mimořádných událostí či krizových situací, které se dotýkají provozu distribuční soustavy elektrické energie. A aby byly záchranné a likvidační práce,

během mimořádných událostí, prováděny účinně a účelně je třeba mít jasný systém velení a řízení. Špatná koordinace brání realizaci předem přijatých plánů a opatření. Proto je nutné, aby se všechny složky a subjekty, které se účastní provádění záchranných a likvidačních prací, předem dohodly na způsobu koordinace svých činností. K tomu je potřeba mít zajištěny komunikační kanály. Bez spojení není velení. Provozovatelé distribuční soustavy používají různé způsoby komunikace. Od telefonního spojení, radiostanice, satelitní telefony po automatické informační a řídicí systémy (např. hromadné dálkové ovládání). Ochráně schopnosti komunikovat je věnována velká pozornost. Přesto všechno je vhodné mít připravenou možnost komunikace bez použití moderních technologií. Takovou možností je zřízení a udržování analogového telefonního systému bez polovodičových součástek. [74]

6.4 Zranitelnost informačních systémů

Současná přetechnizovaná doba přináší nové hrozby a s nimi spojená rizika. Takovou hrozbou je i narušení funkce informačních a telekomunikačních systémů. Z vlastní zkušenosti mohu říct, že před 21 roky jsem vystačil na operačním středisku s telefonem, vysílačkou, tužkou a papírem. Dnes mám k dispozici různé softwarové aplikace a technologické nástroje. Informace předávám prostřednictvím datových vět, používám satelitní navigaci a plno dalších vymožeností, které mi usnadňují život a práci. Zvykl jsem si na ně. Při narušení jejich funkce mě pak čekalo velké překvapení a musel jsem se opět vrátit k tužce a papíru.

Žádný ze složitějších systémů se dnes neobejde bez informačních a komunikačních prvků, především v řídicí činnosti. Pro správné rozhodování a řízení je nutné mít správná a aktuální data.

Aby nedošlo k narušení funkčnosti informačních systémů je třeba provést řadu opatření. Jednak je nutné zajistit fyzickou ochranu hardwaru

(viz zranitelnost technologických zařízení a technických dohledových center). Další opatření musí zajistit bezproblémový chod všech částí informačního systému za všech okolností. A v neposlední řadě je nutné přijmout opatření k zajištění kybernetické bezpečnosti. Obrovskou hrozbou je kybernetický útok na informační systémy v elektroenergetice. Kybernetický útok je situace, kdy se hacker nebo skupina hackerů pokusí získat přístup ke klíčovým informacím či prvkům infrastruktury (např. elektrárnám, rozvodným soustavám či řídicím centřům), s cílem ovládat je nebo do nich nahrát škodlivý kód, který bude vykonávat určené příkazy. Motivace pro útočníky jsou různé (od osobního zisku přes zničení vybraného cíle až k vyvolání paniky a napáchání dodatečných škod nebo prostě „jen“ chuť ukázat, že něco takového dokáží). [75]

Podle Libora Šupa z Unicorn Systems byl škodlivý software tzv. malware jménem HAVEX detekován v informačním systému v ČR. Tento malware je zaměřen na kybernetickou špionáž a sabotáž systémů SCADA užívaných v energetice. Tato skutečnost dokazuje, že hrozba kybernetického útoku na informační systémy distribuční soustavy je realita. Osobně se domnívám, že pro útočníka nejbezpečnější způsob útoku na distribuční soustavu elektrické energie je prostřednictvím napadení informačních systémů. Za předpokladu, že útočník je natolik zdatný hacker nebo má možnost najmout si schopného hackera. [75]

Provozovatel distribuční soustavy elektrické energie musí svůj informační systém proti kybernetickému útoku zabezpečit, a to je ekonomicky velmi náročné. Odborníků na příslušné výši je na pracovním trhu nedostatek. Proto je vhodné vyhledávat talentované zaměstnance a vytvářet jim vhodné pracovní podmínky (ne vždy se jedná o vyšší finanční odměny). Příslušný hardware a software je nutné neustále udržovat s ohledem na aktuální kybernetické hrozby.

Je to nikdy nekončící boj a v sázce je bezpečnost dodávek elektrické energie. Proto se touto problematikou zabývají různé soukromé a veřejné instituce. Dne

1. srpna 2017 vznikl Národní úřad pro kybernetickou a informační bezpečnost, který je ústředním správním orgánem pro kybernetickou bezpečnost včetně ochrany utajovaných informací v oblasti informačních a komunikačních systémů a kryptografické ochrany. Uvedené považuji za důkaz, že i stát bere na vědomí riziko kybernetické bezpečnosti a považuje ho za důležité.

6.5 Odborně způsobilý personál jako zranitelný prvek

Člověk je součástí systému, může být jeho silným ale i slabým článkem. Aby systém dobře a bezpečně fungoval, musí ho obsluhovat odborně způsobilý, motivovaný a odpovědný personál s pevnou morální integritou.

Současný stav na trhu práce, ale i demografický vývoj naznačují, že v následujících letech problematika spojená se získáním a udržením kvalitního personálu bude nabývat na důležitosti.

Získávání odborného vzdělání a praxe v elektrotechnickém oboru je dlouhodobý proces, který začíná již na střední škole (i dříve) a probíhá po celou dobu profesní kariéry daného pracovníka. V této skutečnosti spatřuji určitou zranitelnost distribuční soustavy, protože nahrazení kvalitního, zkušeného a odborně kvalifikovaného pracovníka není jednoduché. Domnívám se, že systém ohrožuje ztráta kvalitních zaměstnanců z různých důvodů (změna zaměstnání, odchod do důchodu, dlouhodobá nemoc apod.) a nemožnost je nahradit z prostého důvodu. Nejsou na trhu práce (slabé populační ročníky, zajímavější nabídky na trhu práce, nezájem o náročný elektrotechnický obor apod.).

Opatření, jak toto riziko snížit, spatřuji v dlouhodobé podpoře odborného školství ve formě spolupráce s technickými školami, možností stáží pro studenty i pedagogy, zřízení systému stipendií, podpora vzdělávání nadaných studentů v zahraničí apod. Samozřejmě by s těmito možnostmi měly být svázány určité povinnosti pro jejich účastníky (např. závazek studenta k výkonu zaměstnání po určitou dobu u poskytovatele stipendia). Personalisté elektroenergetických

podniků by se měli zajímat o technicky nadané studenty již na základních školách.

Podle autorky Dany Procházkové je lidská spolehlivost kritickým parametrem pro bezpečí i bezpečnost složitých technologických systémů. Ve své knize Bezpečnost složitých technologických systémů píše, že 70 – 90 % selhání souvisí s lidským faktorem. Zastává názor, že automatizace není vše spásným řešením. Přestože odstraňuje přítomnost člověka v rozhodovacím procesu, přináší sebou vyšší složitost, což je také zdrojem chyb. [76]

Příčin selhání člověka může být celá řada (stres, zdravotní stav, nekompetentnost, nedbalost, ale i úmysl). Selhání lze předcházet řadou opatření, ale nejde mu zcela zabránit. Odborné záležitosti by měli řídit pracovníci s odbornou a osobnostní autoritou (bohužel se často setkáváme v hierarchicky organizovaných systémech s nepotismem). Důležité je vytváření dobrých podmínek pro kvalifikovanou práci, vzdělávání zaměstnanců a jejich motivace, kvalitní proces řízení a kontroly. [76]

Vedle výše uvedených slabin ve vztahu k odbornému personálu, chci zmínit riziko poškození zdraví pracovníků. Pracovníci, kteří řeší poruchy distribuční soustavy v terénu, čelí velkému riziku úrazu. Musejí pracovat na odstranění poruchy bez ohledu na počasí, ve výšce a nad volnou hloubkou či s rizikem úrazu elektrickým proudem. Také nesmím zapomenout na riziko poškození psychického zdraví, které může přinášet stres spojený s velkým duševním vypětím.

Důsledné dodržování předpisů a postupů stanovených bezpečností práce a kontrola jejich dodržování, používání ochranných prostředků či psychohygiena, jsou známé způsoby, jak snížit riziko poškození zdraví pracovníků.

Pro zvyšování a udržení odolnosti jakéhokoli ohroženého systému je třeba pravidelně analyzovat, prověřovat a odstraňovat hrozby a jejich rizika. Je to dáno tím, že hrozby a jejich rizika se v čase mění.

6.6 Odolnost elektrizační soustavy České republiky

Česká elektrizační soustava je robustní a Česká republika je čistým vývozcem elektrické energie. Přesto by bylo nezodpovědné nezvyšovat naši energetickou bezpečnost a usnout na vavřínech. Situace se může v poměrně krátké době nepříznivě změnit.

Kumulace poruch či útoků na několika místech s následným rozpadem přenosové sítě může způsobit situaci, kdy nedojde k včasné obnově dodávek elektrické energie. Z tohoto důvodu je nutné na nové hrozby, které mohou způsobit rozpad elektrizační soustavy, průběžně reagovat a rozvíjet, posilovat a modernizovat naši soustavu. [20]

Jako jednu z hrozeb pro naši elektrizační soustavu vnímám německou energetickou politiku tzv. ENERGIEWENDE, která spočívá v překotném rušení tepelných elektráren na fosilní paliva a jaderných elektráren s tím, že jejich výkon bude nahrazen energií z větrných, solárních a plynových elektráren. Zřejmě nejsem sám. Dana Drábová si myslí, že tato energetická politika popírá fyziku.

Nebezpečí pro naši elektrizační soustavu představují přetoky elektrické energie do naší přenosové soustavy, které by mohly způsobit blackout. Proto byly na přelomu roku 2016/2017 instalovány v Hradci u Kadaně speciální transformátory k zajištění bezpečnosti české přenosové soustavy.

I přes veškeré snahy a úsilí nelze nikdy zcela vyloučit rozsáhlý výpadek v dodávkách elektrické energie. Řada odborníků vidí řešení v realizaci takových technických a technologických opatření, které umožní po rozpadu elektrizační soustavy vznik tzv. krizových ostrovních provozů. Tyto provozy by byly schopny startu ze tmy (blackstart), tj. obnovit provoz výroby elektrické energie

po úplném nebo částečném rozpadu přenosové soustavy bez podpory vnějšího zdroje. Tyto ostrovní provozy potřebují pro start ze tmy vlastní záložní zdroje. Což mohou být kogenerační jednotky v teplárnách velkých měst nebo plynové motorgenerátory (hojně využívané v USA). Plzeň je městem, kde byl nouzový ostrovní provoz odzkoušen již v roce 2001. V Libereckém kraji byla v minulosti zprovozněna kogenerační jednotka v obci Jindřichovice pod Smrkem. Je to obec v odlehlé části Libereckého kraje a případná obnova dodávek elektrické energie by u této obce zřejmě nebyla prioritou. [20]

Pro zvýšení odolnosti elektrizační soustavy je dobré znát v daný okamžik spotřebu elektrické energie, aby mohla být udržována rovnováha v elektrizační soustavě. K tomu složí tzv. chytré sítě (SMART GRIDS), které přináší úspory primárních zdrojů energie a lepší ceny pro spotřebitele. Jsou to sítě, u kterých probíhá oboustranná komunikace mezi výrobními zdroji elektrické energie a spotřebiteli v reálném čase. Společnost ČEZ Distribuce, a. s. spustila pilotní projekt chytré sítě v regionu Vrchlabí, kdy bylo 4 500 domácností a podniků vybaveno „chytrými“ měřidly elektrické energie. Projekt zahrnuje i vybudování infrastruktury pro elektromobilitu a instalaci prvků automatizace a monitoringu distribuční sítě. Také zapojuje do sítě lokální výrobní zdroje. [20]

Zdá se, že trendem budoucnosti je výroba elektřiny v malých a středních elektrárnách a koordinace výroby a spotřeby prostřednictvím chytrých sítí. Věřím, že tento koncept přinese větší bezpečnost dodávek elektrické energie než centrální výroba a přenos elektřiny na velké vzdálenosti.

6.7 Výpadek dodávek elektrické energie

Čas od času dochází z různých důvodů (plánovaná odstávka, porucha, kalamita) k přerušení dodávek elektrické energie ke koncovému odběrateli. Pokud taková situace nastane, znamená to, že roztočí soukolí mechanismu směřujícího k obnovení dodávky elektrické energie. Přes veškerou snahu všech

zúčastněných dochází k omezení našeho způsobu života. Proto společnost ČEZ Distribuce, a. s. v roce 2019 spustila projekt ke zvýšení informovanosti odběratelů. Pro odběratele je určena aplikace na webové adrese *www.bezstavvy.cz*, kde se mohou dozvědět o aktuální situaci nebo nahlásit poruchu v dodávce elektrické energie. Dále probíhá vzdělávání zástupců územní samosprávy (starostů obcí), jak se zachovat a řešit mimořádné události spojené s přerušением dodávek elektrické energie. Tento projekt má za cíl napravit nedostatek, který v minulosti spočíval v nízké informovanosti odběratelů postižených výpadkem dodávek elektrické energie.

Myslím si, že vedle všech pracovníků, kteří se podílejí na řešení situace spojené s výpadkem dodávek elektrické energie, by se na takovou situaci měli připravit i odběratelé.

Subjekty kritické infrastruktury to řeší již ze své podstaty. Ostatní si by si měli položit otázky „V čem mě omezí/ohrozí blackout?“ a „Co mohu udělat, abych nebyl omezen/ohrožen?“.

Hrozeb a jejich rizik ve spojení s rozsáhlým výpadkem dodávek elektrické energie je velké množství, např. narušení bezpečnosti, funkčnosti či výroby, ztráta dat, škody na majetku atd.

Možností, jak tyto hrozby a jejich rizika eliminovat, je také celá řada. Zde uvádím pouze několik základních příkladů z vlastní zkušenosti maloodběratele z panelového domu v malé obci v horách. Pro případ přerušení dodávek je dobré mít doma záložní zdroj světla (svítilna, lampa, svíčka) a tepla (teplomet na propan – butan); turistický vaříč na ohřev jídla; zásobu jídla, které nepodléhá zkáze a snadno se připravuje ke konzumaci; zásobu balené vody; finanční hotovost a zásobu léků. Dalšími možnostmi jsou různé záložní zdroje elektrické energie od zařízení UPS, přes elektrocentrály až po dieselaagregáty, které zajistí nezbytnou dodávku elektrické energie do okamžiku obnovení dodávek.

Na závěr diskuse bych chtěl uvést názor Václava Bartuška na problém energetické bezpečnosti, se kterým se ztotožňuji. *„Řítíme se plnou rychlostí do okamžiku volby: buď objevíme zcela nové technologie a zdroje energie, nebo dosáhneme globální dohody o zásadním omezení našich nároků – anebo budeme kvůli energii bojovat, zabíjet a umírat. Nic víc, nic míň.“* [21; str. 157]

7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala zranitelností distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje. Cílem diplomové práce bylo identifikovat zranitelné prvky distribuční soustavy.

Teoretická část diplomové práce osvětlila vazby a vztahy mezi energetikou, elektroenergetikou a dalšími prvky kritické infrastruktury v souvislosti s energetickou bezpečností, základní pojmy v elektroenergetice, elektrizační soustavu a vzájemné vazby mezi výrobou, přenosem a distribucí elektrické energie a charakter Libereckého kraje.

Praktická část diplomové práce obsahuje analýzu rizik pro distribuční soustavu elektrické energie Libereckého kraje podle „Metodického postupu ANALÝZA“. Na základě výsledků této analýzy byly identifikovány zranitelné prvky distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje. Tím bylo dosaženo hlavního cíle diplomové práce.

V diplomové práci byly stanoveny tři hypotézy. Na základě provedených analýz byla první hypotéza potvrzena, druhá hypotéza byla vyvrácena a třetí hypotéza byla potvrzena.

V rámci diskuse byla navržena dílčí opatření ke zvýšení odolnosti distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje s ohledem na výsledky analýzy zranitelnosti a ke zmírnění dopadů narušení dodávek elektrické energie.

Výsledky analýzy rizik a zranitelnosti distribuční soustavy elektrické energie Libereckého kraje je možné využít ke komparaci s výsledky analýz vztahujících se k bezpečnosti elektrizační soustavy.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČEPS – Česká energetická přenosová soustava

ČEZ – České energetické závody

ČR – Česká republika

ČSÚ – Český statistický úřad

EMP – elektromagnetický pulz

EU – Evropská unie

FO – fyzická osoba

HDP – hrubý domácí produkt

HZS LK – Hasičský záchranný sbor Libereckého kraje

IZS – Integrovaný záchranný systém

JPO – jednotka požární ochrany

NN – nízké napětí

OZE – obnovitelné zdroje energie

PO – požární ochrana

Sb. – sbírka (zákonů)

Sb. m. s. – sbírka mezinárodních smluv

SHZ – stabilní hasicí zařízení

TNT – trinitrotoluen

UPS – Uninterruptible Power Supply (zařízení pro nepřerušenu dodávku el. Energie)

VN – vysoké napětí

VVN – velmi vysoké napětí

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Zákon zachování energie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-06-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kon_zachov%C3%A1n%C3%AD_energie.
2. BOWER Bruce. *From the ashes, the oldest controlled fire. South Africa cave yields earliest evidence of human ancestors lighting blaze*. Copyright © Society for Science & the Public 2000 – 2019 [cit. 2019-06-18]. [online]. Dostupné z: <https://www.sciencenews.org/article/ashes-oldest-controlled-fire>.
3. CÍLEK, Václav. Energetická bezpečnost České republiky: Rizika a výhledy. *Vesmír*. Praha: Vesmír, 2008, 87(9), 582. ISSN 1214-4029.
4. SOULEIMANOV, Emil. *Energetická bezpečnost*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-331-5.
5. GERLOCH, Aleš. *Teorie práva*. 7. aktualizované vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. Právnícké učebnice (Aleš Čeněk). ISBN 978-80-7380-652-1.
6. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Státní energetická koncepce České republiky*. Copyright © 2005 – 2019 MPO [cit. 2019-06-23]. [online]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>.
7. ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *O úřadu*. Copyright © 2014-2019 Energetický regulační úřad [cit. 2019-06-23]. [online]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/o-uradu>.

8. Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
9. RICHTER, Rostislav. *Slovník pojmů krizového řízení*. Praha: Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2018. ISBN 978-80-87544-91-4.
10. Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury.
11. PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Rizika spojená s pohromami a inženýrské postupy pro jejich zvládnutí*. V Praze: České vysoké učení technické, Fakulta dopravní, Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství, c2013. ISBN 978-80-01-05479-6.
12. Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).
13. Vyhláška č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu.
14. KOLEKTIV AUTORŮ. *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru*. Brno: Tribun EU, 2014. ISBN 978-80-263-0721-1.
15. Ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky.
16. Ústavní zákon č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky.
17. HAMALČÍKOVÁ, Kamila. *Elektrický proud v dějinách lidstva: Kdo objevil elektřinu a proč se jí lidé báli?* Copyright © 2014 – 2019 elektrina.cz [cit. 2019-06-25].

[online]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/elektricky-proud-a-historie-elektriny>.

18. JUNGSMANN, Josef. *Slovník česko-německý. Díl I. A–J*. Praha: vlastním nákladem, 1835. Dostupné online. [cit. 2019-06-25]. [online]. Dostupné z: <http://kramerius.nkp.cz/kramerius/MShowPage.do?id=4552844&author=>.

19. DRÁBOVÁ, Dana a Václav PAČES. *Perspektivy české energetiky: současnost a budoucnost*. Praha: Novela bohemia, 2014. ISBN 978-80-87683-26-2.

20. HON, Zdeněk a Pavel BÖHM. *Kritická infrastruktura v elektroenergetice. Bezpečnostní teorie a praxe*. Praha: Policejní akademie České republiky, 2016, (1), 69-80. ISSN 1801-8211.

21. HRUBÝ, Zdeněk a Libor LUKÁŠEK. *Energetická bezpečnost České republiky*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2974-2.

22. BALÁK, Rudolf a Josef PAUZA. *Elektroenergetika II*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1983. 04-520-83.

23. ČEZ DISTRIBUCE, a. s. *Encyklopedie energie*. ČEZ, a. s. Copyright © 2016 [cit. 2019-07-05]. [online]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/aplikace/encyklopedie-energie>.

24. MAULE, Petr. *Energetická bezpečnost v aktualizované Státní energetické koncepci České republiky: úloha rozvoje decentralizovaných energetických zdrojů*. Plzeň: Česká fotovoltaická asociace, 2015. Monumenta monodica medii aevi, Bd. 4/1. ISBN 978-80-906281-0-6.

25. Elektrárna. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-07-05]. Dostupné z: www.wikiwand.com/cs/Elektrarna.
26. MATOUŠEK, Antonín a Vladimír BLAŽEK. *Elektroenergetika*. Praha: Vysoké učení technické v Brně, SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1982. 05-092-82.
27. ČEZ, a. s. *Fotogalerie Temelín*. Copyright © 2019 ČEZ, a. s. [cit. 2019-07-05]. [online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/ke-stazeni/fotogalerie/elektrarny/temelin-45337>.
28. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Bilance elektrické energie kód ENE04/12*. [cit. 2019-08-02]. [online]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/>.
29. ČEZ DISTRIBUCE, a. s. *Distribuční soustava 3D*. ČEZ, a. s. Copyright © 2016 [cit. 2019-07-05]. [online]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/aplikace/distribucni-soustava-3d>.
30. HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení*. Ostrava: Vydala VŠB-TU Ostrava ve vydavatelství Montanex, 2008. ISBN 978-80-7225-291-6.
31. Distribuční soustava. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-07-05]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Distribu%C4%8Dn%C3%AD_soustava.
32. NEJEDLÝ, Petr. *Německá elektrická síť tančí na ostří nože*. [cit. 2019-07-05]. [online]. Dostupné z: <https://nejedly.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=199204>.

33. MAREŠ, Miroslav, Jaroslav REKTOŘÍK a Jan ŠELEŠOVSKÝ. *Krizový management: případové bezpečnostní studie*. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-92-7.
34. GALETKA, Martin. *Přenosová soustava elektrické energie*. Copyright © Topinfo s.r.o. 2001-2019. ISSN 1801-4399. [cit. 2019-07-10]. [online]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/13676-prenosova-soustava-elektricke-energie>.
35. FECKO, Štefan. *Elektroenergetika I pro 3. ročník SPŠ elektrotechnických: učebnice pro předmět vyučovaný na oboru 26-61-6 Zařízení silnoproudé elektrotechniky*. Praha: SNTL, 1991. ISBN 80-030-0640-6.
36. TZB-INFO. *Jak zjistím, ke které distribuční soustavě elektřiny patřím, a mohu si zvolit jinou?* Copyright © Topinfo s.r.o. 2001-2019. ISSN 1801-4399. [cit. 2019-07-10]. [online]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/211-jak-zjistim-ke-ktere-distribucni-soustave-elekriny-patrim-a-mohu-si-zvolit-jinou>.
37. ČERMÁK, Jiří. *Elektrické stožáry aneb poznáš kočku na poli?* [cit. 2019-07-10]. [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/elektricke-stozary-aneb-poznas-kocku-na-poli/>.
38. EGE. *Příhradové stožáry 22 kV - 110 kV*. EGE, spol. s r.o. © 2013 [cit. 2019-07-10]. [online]. Dostupné z: <http://www.ege.cz/cz/produkty-a-sluzby/ocelove-konstrukce/prihradove-stozary>.
39. BUDÍN, Jan. *Vodiče venkovních elektrických vedení*. [cit. 2019-07-10]. [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/vodice-venkovnich-elektricky-vedeni/>.

40. EGE TRADING. *Vodiče po vzdušná vedení*. EGE – Trading, s.r.o. © 2012 [cit. 2019-07-10]. [online]. Dostupné z: <http://www.eget.cz/vodice-pro-vzdusna-vedeni>.
41. KRAJSKÝ ÚŘAD LIBERECKÉHO KRAJE. *Havarijní plán Libereckého kraje, A – informační část, A-1 Charakteristika kraje*.
42. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Počet obyvatel v obcích České republiky*. Praha: Český statistický úřad, 2019. Česká statistika. ISBN 978-80-250-2914-5.
43. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Spotřeba paliv a energií v domácnostech*. Praha: Český statistický úřad, 2017. Průmysl, energetika. ISBN 978-80-250-2751-6.
44. ANTUŠÁK, Emil. *Krizový management: hrozby – krize – příležitosti*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2009. ISBN 978-80-7357-488-8.
45. MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR. *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030*. Praha 2013 [cit. 2019-07-15]. [online]. Dostupné také z: https://www.vlada.cz/assets/ppov/brs/dokumenty/Koncepce-ochrany-obyvatelstva-2020-2030_1_.pdf.
46. Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií).
47. PAULUS, František a kolektiv. *Analýza hrozeb pro Českou republiku. Závěrečná zpráva*. Praha 2015 [cit. 2019-07-19]. [online]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/analyza-hrozeb-zprava-pdf.aspx>.

48. MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR. *Analýza rizik pro úroveň krajů a obcí s rozšířenou působností. Návrh metodického postupu – „Metodický postup ANALÝZA“*. [cit. 2019-07-25]. [online]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/metodika-analyzy-rizik-docx.aspx>.
49. WILSON, Chauncey. *Brainstorming and beyond: a user-centered design method*. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2013. ISBN 978-012-4071-575.
50. ANTUŠÁK, Emil a Josef VILÁŠEK. *Základy teorie krizového managementu*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3443-2.
51. Zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách).
52. ČEZ DISTRIBUCE, a. s. *Výroční zpráva 2018 ČEZ Distribuce, a. s.* Copyright © 2019 ČEZ Distribuce, a. s. [cit. 2019-07-28]. [online]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/o-spolecnosti/vyrocní_zpravy/vyrocní-zprava-2018.pdf.
53. Zákon č. 114/1992 Sb., zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny.
54. Co – když analýza (What-if Analysis). In: *ManagementMania.com*. Wilmington (DE) 2011-2019, 03.08.2015. [cit. 2019-08-01]. [online]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/co-kdyz-analyza-what-if-analysis>.
55. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Přívalové povodně*. Copyright © 2008–2019 Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-08-01]. [online]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/privalove_povodne.

56. Základní pojmy. *Meteorologická terminologie využívaná v předpovědi počasí*. [cit. 2019-08-03]. [online]. Dostupné z: <http://meteo.ign.cz/Zaklpojmy.htm>.
57. E.ON DISTRIBUCE, a. s. *Přenosová a distribuční soustava - 1. část*. Copyright © 2019 E.ON Distribuce, a.s. Distributor elektřiny a plynu [cit. 2019-08-01]. [online]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/clanek/prenosova-distribucni-soustava-1-cast>.
58. Enviromentální hrozby a rizika. Terminologický glosář. *Sopečná erupce*. [cit. 2019-08-03]. [online]. Dostupné z: https://sites.google.com/site/terminologickyglosar/sopecna_erupce.
59. ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST. *Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS)*. [cit. 2019-08-02]. [online]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.
60. Vyhláška č. 246/2001 Sb., vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci).
61. Impakt mimozemského tělesa. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2019-08-05]. Dostupné z: https://www.wikiwand.com/cs/Impakt_mimozemsk%C3%A9ho_t%C4%Bleska.
62. REDAKCE. *Silné sluneční erupce ... a náš svět se sesype jak domeček z karet*. Copyright © 2009 – 2019 National Geographic Society [cit. 2019-08-05]. [online]. Dostupné z: <https://www.national-geographic.cz/clanky/slunecni-erupce-mohou-ochromit-civilizaci-za-par-hodin.html>.

63. LIBERECKÝ KRAJ. Povodňový portál Libereckého kraje. *Mapa – zvláštní povodeň*. [cit. 2019-08-04]. [online]. Dostupné z: <https://povodnovyportal.kraj-lbc.cz/mapa-zvlastni-povoden>.
64. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU ČR. *Plán opatření pro stav nouze ke zmírnění dopadu narušení dodávek plynu a jeho odstranění v České republice*. [cit. 2019-08-05]. [online]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/47643/59433/619440/priloha001.pdf>.
65. HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Krizové situace*. Copyright © 2018 Portál krizového řízení JmK [cit. 2019-08-06]. [online]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/krizove-situace#k11>.
66. Zákon č. 189/1999 Sb., o nouzových zásobách ropy, o řešení stavů ropné nouze a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nouzových zásobách ropy).
67. FUCHS, Eduard. *Technický slovník naučný*. Praha: Encyklopedický dům, 2004. ISBN 80-860-4424-6.
68. SLUKA, Vilém. *Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií*. Praha: VÚBP, 2016. [cit. 2019-07-31]. [online]. Dostupný z: <http://www.vubp.cz/images/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/vykladovy-terminologicky-slovník-11-2016-final.pdf>.
69. ŘEHÁK, David, Jaroslav CÍGLER, Pavel NĚMEC a Libor HADÁČEK. *Kritická infrastruktura elektroenergetiky: určování, posuzování a ochrana*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-126-2.

70. FÉR, Ondřej. *Zbraně příští války: elektromagnetičtí „ničitelé počítačů“*. Copyright © 1999–2019 MAFRA, a. s. [cit. 2019-08-05]. [online]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/vojenstvi/elektromagneticky-impuls-emp.A140828_102032_vojenstvi_kuz.
71. ČEZ DISTRIBUCE, a. s. *Ořezy stromoví*. Copyright 2019 © ČEZ Distribuce, a. s. [cit. 2019-08-08]. [online]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/distribucni-soustava/orezy-stromovi.html>.
72. KENT, David J. *Tesla: génius, který zkontroloval elektřinu*. V Brně: Jota, 2017. Populárně naučná. ISBN 978-80-7565-238-6.
73. Metcalf sniper attack. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-08-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Metcalf_sniper_attack.
74. CLARKE, Daniel J. a Stefan DERCON. *Dull disasters? how planning ahead will make a difference*. Oxford: Oxford University Press, 2016. ISBN 978-0-19-878557-6.
75. *Kybernetické útoky v energetice*. Copyright © 2019 Česko v datech [cit. 2019-08-10]. [online]. Dostupné z: <https://www.ceskovdatech.cz/clanek/46-kyberneticke-utoky-v-energetice/>.
76. PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství, 2015. ISBN 978-80-01-05771-1.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma provázanosti elektroenergetiky a ostatních oblastí kritické infrastruktury. [20]	29
Obrázek 2 Jaderná elektrárna Temelín. [27]	33
Obrázek 3 Přenosová soustava. Schéma sítí 400 a 220 kV. [34]	36
Obrázek 4 Schéma propojení přenosové a distribuční soustavy. [34]	36
Obrázek 5 Mapa působnosti distribučních společností. [36]	38
Obrázek 6 Rohový stožár VVN. [38]	42
Obrázek 7 Vodič izolovaný 1 kV pro nadzemní vedení. [40]	42
Obrázek 8 Fyzickogeografická mapa Libereckého kraje. [41]	46
Obrázek 9 Mapa hustoty zalidnění Libereckého kraje. [41]	48
Obrázek 10 Mapa páteřních inženýrských sítí na území Libereckého kraje. [41]	50
Obrázek 11 Schéma „Metodického postupu ANALÝZA“. [48]	56
Obrázek 12 Námraza na stožáru typu „SEDLÁK“ venkovního vedení 1 x 110 kV. [57]	72
Obrázek 13 Pád stromu pod tíhou sněhu na nadzemní vedení distribuční sítě. [86]	86

11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Koeficient četnosti F (Frekvence) možné aktivace hrozby (nebezpečí). [48, příloha č. 1].....	60
Tabulka 2 Dílčí váhové koeficienty dopadů pro určení následků N. [48, příloha č. 1].....	62
Tabulka 3 Dílčí koeficient smrtelných dopadů K_{O1} . [48, příloha č. 1].....	62
Tabulka 4 Dílčí koeficient ohrožení osob K_{O2} . [48, příloha č. 1]	63
Tabulka 5 Koeficient dopadu na životní prostředí $K_{ŽP}$. [48, příloha č. 1]	64
Tabulka 6 Koeficient ekonomických dopadů K_E – Přímé škody a náklady. [48, příloha č. 1].....	65
Tabulka 7 Dílčí koeficient omezení osob K_{S1} . [48, příloha č. 1].....	66
Tabulka 8 Dílčí koeficient předpokládané doby trvání omezujícího stavu K_{S2} . [48, příloha č.1]	67
Tabulka 9 Dílčí koeficient omezení společnosti K_{S3} . [48, příloha č. 1]	67
Tabulka 10 Bodové ohodnocení jednotlivých (vč. dílčích) koeficientů u jednotlivých hrozeb.....	79

