



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

MODELOVÝ PŘÍKLAD KRIZOVÉHO SCÉNÁŘE PRO ROZSÁHLÝ VÝPADEK ELEKTRICKÉ ENERGIE

CRISIS SCENARIO MODEL OF A LARGE POWER OUTAGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Bláha

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

BRNO 2020

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**
Ústav elektroenergetiky

Student: Michal Bláha
Ročník: 3

ID: 203195
Akademický rok: 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Modelový příklad krizového scénáře pro rozsáhlý výpadek elektrické energie

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Úvod do problematiky rozsáhlých výpadků elektrické energie (definice, legislativa, obecný popis dotčené infrastruktury, popis možných dopadů na infrastrukturu a společnost)
2. Přehledová analýza rozsáhlých výpadků elektrické (black-out) energie (obsahuje detailní rozbor o výpadcích z pohledu jejich rozsahu, příčiny, doby trvání, řešení a vzniklých dopadů) vč. konfrontace relevance a technické správnosti uváděných informací napříč médii
3. Popis, návrh a řešení modelového příkladu krizového/havarijního scénáře pro případ rozsáhlého výpadku elektrické energie vč. popisu dotčené infrastruktury a zhodnocení možností i z pohledu základny zdrojů elektrické energie
4. Poskytnutí doporučení (technické i netechnické) vyplývající pro modelový příklad vč. identifikace hlavních infrastrukturálních nedostatků

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Je vhodné využít technických norem, odborných článků databází IEEE, Web of Science, SCOPUS, podkladů od E.ON, legislativa, zahraniční literatura a zahraniční média a jiné. Další literatura je stanovena podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 3.2.2020

Termín odevzdání: 10.6.2020

Vedoucí práce: Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

BLÁHA, Michal. *Modelový příklad krizového scénáře pro rozsáhlý výpadek elektrické energie* [online]. Brno, 2020, 50 s [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127250>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Modelový příklad krizového scénáře pro rozsáhlý výpadek elektrické energie jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne: 10.06.2020

.....

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Ptáčkovi Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Rovněž děkuji i panu Ing. Pavlovi Veselkovi za poskytnutí velmi cenných rad.

ABSTRAKT

V bakalářské práci je popsána legislativa, která se zabývá problematikou výpadků elektrické energie. Je zde vysvětlena problematika blackoutu spolu s obecnými dopady na společnost. V práci jsou dále popsány historicky nejvýznamnější blackouty ve světě a stavy nouze, které nastali v České republice. V další části je vytvořeno fiktivní město, na kterém jsou demonstrovány následky blackoutu. Dále je v práci popsáno, jak by se město s takto vzniklým blackoutem vypořádalo. V závěru je navrženo doporučení pro fiktivní město, díky kterému by bylo město více odolné proti dalšímu blackoutu.

KLÍČOVÁ SLOVA: Blackout; výpadek elektrické energie; záložní zdroj; dieselagregát; distributor elektrické energie; elektrárna; krizová situace; přenosová soustava, nouzový stav, kritická infrastruktura

ABSTRACT

The bachelor's thesis describes legislation addressing the issue of power outages. The issue of blackout is explained here, along with the general effects on society. The work goes on to describe the most historically important blackouts in the world and the states of emergency that occurred in the Czech Republic. In the next part, a fictional city is created to demonstrate the consequences of blackout. Furthermore, the work describes how the city would deal with such a resulting blackout. In the end, a recommendation is proposed for a fictional city that would make the city more resistant to further blackout.

KEY WORDS:

Blackout; power outage; backup power; diesel generator; electricity distributor; power station; crisis situation; transmission system, emergency, critical infrastructure

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1 ÚVOD	12
2 LEGISLATIVA VÝPADKŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE	13
2.1 KRITICKÁ INFRASTRUKTURA	13
2.2 KRIZOVÁ SITUACE	14
3 BLACKOUT	16
3.1 MOŽNOSTI VZNIKU BLACKOUTU	16
3.1.1 PŘÍRODNÍ HROZBY	16
3.1.2 SPOLEČENSKÉ HROZBY	17
3.2 ZASAŽENÁ INFRASTRUKTURA BLACKOUTEM	17
3.2.1 DOPADY NA ŽIVOT A ZDRAVÍ OSOB	18
3.2.2 EKONOMICKÉ DOPADY	19
3.2.3 SPOLEČENSKÉ DOPADY	19
3.2.4 MEZINÁRODNÍ DOPADY	19
3.3 OBECNÁ OPATŘENÍ PROTI VZNIKU BLACKOUTU	19
4 VÝZNAMNÉ HISTORICKÉ BLACKOUTY	21
4.1 INDIE, 2012 ČERVENEC – NEJVĚTŠÍ BLACKOUT HISTORIE	21
4.2 USA A KANADA, 1965 LISTOPAD	21
4.3 NEW YORK, 1977 ČERVENEC	22
4.4 ITÁLIE, 2003 ZÁŘÍ	22
5 ČESKÁ REPUBLIKA A BLACKOUT	23
5.1 CELOSTÁTNÍ STAV NOUZE, 2006 ČERVENEC	23
5.2 PŘETOKY ELEKTRICKÉ ENERGIE Z NĚMECKA, PŘELOM ROKU 2014/2015	23
6 POPIS FIKTIVNÍHO MĚSTA	24
6.1 LOKÁLNÍ VÝROBNY ELEKTRICKÉ ENERGIE	25
6.1.1 VODNÍ ELEKTRÁRNA XYVE1	26
6.1.2 PLYNOVÁ ELEKTRÁRNA XYPE1	26
6.1.3 SPALOVNA ODPADŮ XYSO1	26
6.1.4 PLYNOVÁ TEPLÁRNA XYPT1	26
6.2 OBJEKTY ZAJIŠŤUJÍCÍ DISTRIBUCI ENERGIE	26
6.2.1 DŮLEŽITÉ OBJEKTY PROVOZOVATELE DS	27
6.2.2 DŮLEŽITÉ OBJEKTY DISTRIBUTORA PLYNU	27
6.3 OBJEKTY S PRIORITYNÍ DODÁVKOU ENERGIE	28
6.3.1 NEMOCNICE - ZZS	28
6.3.2 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM - IZS	29

6.3.3 ZÁSBOVÁNÍ PITNOU VODOU	30
6.3.4 ZÁSBOVÁNÍ POTRAVIN	30
6.3.5 ČERPACÍ STANICE	31
6.3.6 KRAJSKÝ ÚŘAD	31
6.3.7 VELKOCHOVY ZVÍŘAT A ZOO	31
6.4 PRIORITY SKUPINY	31
6.5 MAPA DISTRIBUČNÍ SÍTĚ MĚSTA XYM1	34
7 POSTUP PŘI VZNIKU BLACKOUTU	36
7.1 VZNIK BLACKOUTU PRO SCÉNÁŘ 1	36
7.2 PRVNÍ OKAMŽIKY PO VZNIKU BLACKOUTU	37
7.2.1 KRIZOVÝ ŠTÁB	37
7.2.2 PROVOZOVATEL DS	38
7.2.3 IZS	40
7.3 POKRAČOVÁNÍ BLACKOUTU	41
7.4 SHRnutí POSTUPU	42
8 NÁVRH DOPORUČENÍ	43
9 ZÁVĚR	44
10 OBRÁZKOVÁ PŘÍLOHA	46
POUŽITÁ LITERATURA	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 3-1 Ukázkový příklad domino-efektu vyvolaného větrnou smrští [6].....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 6-1 Mapa distribuční sítě města XYM1 a jeho okolí [vlastní].....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 7-1 Složení krizového štábu [36]</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 7-2 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, připojení DPDS k elektrárně XYVE1 [vlastní]</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 10-1 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení rozvoden R2, R3, R5 a R6 [vlastní]</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 10-2 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro rozběhnutí elektrárny XYPE1 [vlastní]</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 10-3 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro rozběh spalovny odpadů XYSO1 [vlastní]</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 10-4 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro nemocnici [vlastní]</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 10-5 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro VTL regulační stanici [vlastní].....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 10-6 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro čerpací stanice ČS1, ČS2 a ČS3 [vlastní]</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 10-7 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro ČV [vlastní].</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 10-8 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro supermarkety S1 až S4 [vlastní].....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 10-9 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro HZSČR [vlastní]</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 10-10 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro KÚ [vlastní]</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 10-11 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro PČR [vlastní]</i>	<i>51</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 3-1 Odhady ekonomických ztrát při výpadku elektrické energie [3]</i>	19
<i>Tabulka 6-1 Prioritní skupina č.1</i>	32
<i>Tabulka 6-2 Prioritní skupina č. 2</i>	33
<i>Tabulka 6-3 Objekty vyrábějící elektrickou energii</i>	34
<i>Tabulka 6-4 Objekty sloužící k distribuci energie</i>	34
<i>Tabulka 6-5 Objekty s prioritní dodávkou elektrické energie</i>	35
<i>Tabulka 7-1 Přehled jednotlivých vykonaných kroků od počátku blackoutů</i>	42

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

EU	Evropská unie
ČEPS	Česká energetická přenosová soustava
NATO	North Atlantic Treaty Organization (Severoatlantická aliance)
PST	Phase Shifting Transformers (Transformátor s řízeným posuvem fáze)
IZS	Integrovaný záchranný systém
U	Elektrické napětí (V)
Q	Jalový výkon (VAr)
Hz	Hertz
VTL	Vysokotlaký
STL	Středotlaký
NTL	Nízkotlaký
DPDS	Dispečink provozovatele distribuční soustavy
ČSN	Česká technická norma
UPS	Uninterruptible Power Supply (Zdroj nepřerušovaného napájení)
MW	Megawatt
KOPIS	Krajské operační a informační středisko
HZSČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
ČR	Česká republika
OP	Ostrovní provoz
HDO	Hromadné dálkové ovládání
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity (Evropská síť provozovatelů elektroenergetických přenosových soustav)
KŠ	Krizový štáb
kV	Kilovolt
FN	Fakultní nemocnice
PČR	Policie České republiky
N	Nemocnice
ČS	Čerpací stanice
DS	Distribuční soustava
ZZS	Záchranný zdravotnický systém
AČR	Armáda České republiky
S	Supermarket

KÚ Krajský úřad

1 ÚVOD

V současné době je neustále kladen důraz na zavádění nových technologií do všech pracovních odvětví (zejména průmysl), které by lidem ulehčovaly práci a zároveň zvyšovaly efektivnost výrobních procesů. Drtivá většina těchto nových technologií používá ke svému provozu právě elektrickou energii. Tímto zaváděním nových technologií se tedy ještě více zvětšuje, už tak velké zapojení elektrické energie do téměř všech procesů v běžném životě. Kvůli tomu se zvětšuje i oblast, kterou by zasáhl výpadek elektrické energie neboli blackout.

V historii už několikrát nastala situace, kdy výpadek elektrické energie zapříčinil ochromení velkých měst či dokonce celých států. I když rozsah ochromení, vyvolaný výpadkem elektrické energie, byl v historii mnohem menší (oproti dnešní době), lišili se tyto výpadky zejména způsobem, jakým se obyvatelstvo vypořádávalo se vzniklou situací.

Tato bakalářská práce se především snaží ukázat problematiku blackoutu jak z pohledu možných příčin vzniku blackoutu, tak zejména z pohledu možného dopadu na zasaženou oblast (infrastrukturu), naznačit postupy a základní principy pro vytvořené fiktivní město, které by město použilo pro zvládnutí krizové situace a pro zmenšení dopadu blackoutu spolu s navržením opatření, které by městu přidalo více odolnosti proti dalším možným výpadkům elektrické energie.

2 LEGISLATIVA VÝPADKŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Problematiku výpadků elektrické energie řeší vícero legislativních dokumentů (zákonů), ale k potřebě této práce jsou nejdůležitější zejména dokumenty (zákony), které se týkají pojmů kritická infrastruktura a krizová situace (viz kapitola 2.2 Krizová situace). Tyto dva klíčové pojmy jsou podrobněji rozebrány v kapitolách níže.

2.1 Kritická infrastruktura

Pod pojmem kritická infrastruktura si lze představit soustavu vysoce zranitelných prvků, u kterých je jejich ochrana založena na principu, který zvyšuje jejich rezistentnost vůči nečekaným dopadům mimořádných událostí či krizových situací. Státy EU (Evropské unie) se stejně jako Česká republika zabývají [1] „*mírou zranitelnosti obyvatelstva, zabezpečení základních funkcí státu v krizových situacích a zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva v situacích*“ [1], které již nelze označit za běžný stav (běžné fungování). Právě tato ochrana vysoce zranitelných prvků, zdrojů a služeb se týká problematiky kritické infrastruktury [1]. Základní pojmy a problematiku kritické infrastruktury nám definuje tzv. krizový zákon (Zákon č. 240/2000 Sb.) [2]:

- „*Kritickou infrastrukturou je prvek kritické infrastruktury nebo systém prvků kritické infrastruktury, jehož narušení funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu (Zákon č. 110/1998), zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu.*“
- „*Prvkem kritické infrastruktury je zejména stavba, zařízení, prostředek nebo veřejná infrastruktura (Zákon č. 241/2000), určené podle průřezových a odvětvových kritérií. Je-li prvek kritické infrastruktury součástí evropské kritické infrastruktury, považuje se za prvek evropské kritické infrastruktury.*“
- „*Ochranou kritické infrastruktury jsou opatření zaměřená na snížení rizika narušení funkce prvku kritické infrastruktury.*“
- „*Subjektem kritické infrastruktury je provozovatel prvku kritické infrastruktury, jde-li o provozovatele prvku evropské kritické infrastruktury považuje se tento za subjekt evropské kritické infrastruktury.*“
- „*Evropskou kritickou infrastrukturou je kritická infrastruktura na území České republiky, jejíž narušení by mělo závažný dopad i na další členský stát Evropské unie.*“

Problematikou kritické infrastruktury se zabývají i další významné dokumenty jako je např. Usnesení Bezpečnostní rady státu č. 34/2011 – Určení prvků kritické infrastruktury, jejichž provozovatelem je organizační složka státu. Tyto dokumenty jsou k nahlédnutí například v knize Kritická infrastruktura elektroenergetiky [1].

V České republice se aktuálně nachází cca 1300 prvků kritické infrastruktury uvedených na seznamu Ministerstva vnitra u generálního ředitelství hasičského záchranného sboru České republiky. Všechny tyto prvky mají určitá práva a povinnosti. Jedno z nejvýznamnějších práv je zejména možnost přednostního zásobování v případě krizových stavů, a to v nezbytně nutném rozsahu, který je potřeba pro zajištění normálního provozu prvku kritické infrastruktury [30].

Další práva a povinnosti jsou zveřejněny na webových stránkách Ministerstva vnitra České republiky v článku Ochrana kritické infrastruktury [30].

2.2 Krizová situace

Krizovou situací se obecně rozumí mimořádná událost podle zákona o integrovaném záchranném systému (Zákon č. 239/2000), „při které dojde k narušení kritické infrastruktury nebo ke vzniku jiného nebezpečí, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav anebo stav ohrožení státu“ [2]. Vzniklou krizovou situací a krizovými opatřeními, které řeší odstranění následků krizové situace, se zabývá již zmíněný zákon č. 240/2000 sb. – Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů.

V praxi krizová situace v elektroenergetice může nastat, pokud dojde k riziku narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu. V tomto okamžiku musí provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy (v závislosti na místě vzniku rizika a velikosti zasaženého území) provádět opatření a činnosti, které zabrání stavu nouze v elektroenergetice. Pokud i přes zavedené opatření dojde k narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu, vyhláší pro vymezené území provozovatel distribuční soustavy stav nouze. V případě, že dochází k narušení dodávek elektrické energie pro celé území státu, stav nouze vyhláší provozovatel přenosové soustavy (ČEPS – Česká energetická přenosová soustava). K tomuto stavu může dojít např. při náhlém a podstatném nedostatku elektrické energie [3].

Takto vzniklé nouzové stavy řeší provozovatelé přenosových a distribučních soustav. V případě, že se jedná o rozsáhlou havárii, může nastat situace, kdy provozovatelé nemají možnosti nebo nejsou schopni zajistit okamžité obnovení provozu. Tato událost má za následek zvýšené riziko vzniku sekundárních krizových situací (viz kapitola 6. Dotčená infrastruktura) a ohrožení života, zdraví a majetku osob a státu. V takových to případech může oprávněný orgán vyhlásit krizový stav [3].

V řádu několika desítek hodin a dnů od vyhlášení krizového stavu, dojde k významnému omezení dodávek služeb a výrobků pro obyvatelstvo. „Veškeré komodity a služby se budou dodávat v množství nutném k přežití“ [4]. Hlavním problémem však nadále zůstává výroba a dodávka elektrické energie, která se nedá ve větším množství dlouhodobě skladovat, ale zároveň je u ní vyžadována vyvážená výroba a spotřeba elektrické energie, kvůli správnému chodu elektrizační soustavy [4].

Pokud dojde ke vzniku krizové situace, je velmi důležité poskytovat nouzové informace obyvatelstvu rozhlasem, televizí [4] či vyvěšením informací na úřední desce [46]. Možnost informování rozhlasem a televizí však bude kvůli výpadku elektrické energie značně omezená. Obecně nejohroženější skupinou obyvatel budou obyvatelé velkých a středních měst. Velká kumulace na malém území přináší řadu technických a logistických komplikací jako je

dopravování náhradních zásob pitné vody a potravin. Tyto komplikace mohou v určitých lokalitách vyústit až ve velké nepokoje obyvatelstva [4].

3 BLACKOUT

Termínem blackout se mezinárodně označuje situace rozsáhlého výpadku dodávky elektrické energie [5], a to po dobu desítek hodin nebo dnů, který zasáhne velké množství obyvatel. Ovšem ne u každého výpadku elektrické energie se musí jednat o blackout. V případech, kdy se jedná pouze o lokální krátkodobý výpadek (dodávka elektrické energie je obnovena v řádu desítek minut až hodin), se nejedná o tzv. blackout [6].

Pokud již z jakýchkoliv důvodů došlo k blackoutu, je velmi obtížné předvídat dobu, za kterou budou opět obnoveny dodávky elektrické energie [6]. Zvláštnost blackoutu tkví především v tom, že sekundární důsledky elektrického výpadku jsou mnohonásobně větší než důsledky na elektrických zařízeních, které zajišťují výrobu, přenos a distribuci elektrické energie. Tento jev je způsoben tzv. domino-efekty, které vznikají z důvodu propojení elektrické energie s jednotlivými infrastrukturami [4].

3.1 Možnosti vzniku blackoutu

Blackout může být zapříčiněn hned několika způsoby jako jsou velké toky elektrické energie ze zahraničí, které přetěžují naši přenosovou soustavu, přírodní vlivy, technické faktory nebo i teroristické útoky. Ovšem nejčastěji dochází k blackoutu souběhem několika významných příčin najednou [7]. Tyto hrozby, které mohou způsobit samotný blackout můžeme třídit na [1]:

- Přírodní hrozby (Povodně, zemětřesení)
- Společenské hrozby (Kybernetický útok, terorismus)

Dalším způsobem třídění hrozeb je podle místa výskytu:

- Vnitřní hrozby
- Vnější hrozby (Do vnějších hrozeb se řadí i přírodní vlivy)

3.1.1 Přírodní hrozby

Přírodní vlivy představují hrozbu, která je velmi obtížně předvídatelná. Pod pojmem „přírodní“ si lze mylně představit, že se jedná pouze o katastrofické procesy, ke kterým dochází vždy bez lidské spoluúčasti. Ovšem některé katastrofické procesy mohou být vyvolány nebo případně umocněny lidskou činností. Jedním z takovýchto typických a nejčastějších příkladů pro Českou republiku a střední Evropu je například povodeň, která bývá posílněna lidskou činností jako je odlesňování krajiny atd. [8]. Přírodní hrozby můžeme dále rozdělit na dvě základní skupiny [1]:

- Meteorologické hrozby – Mezi tyto hrozby řadíme povodně, větrné smrsti,
- Geologické hrozby – Zemětřesení, sesuvy půdy

Nejvýznamnější příčinou výpadku elektrické energie v České republice je z hlediska přírodních vlivů větrná smršť [7], která v závislosti na své síle (rychlosti větru) může mít za následek obrovské hmotné škody [9]. Podobný dopad může mít i dlouhotrvající sněžení nebo silná námraza. Tyto jevy mohou způsobit tzv. domino-efekt, kdy jedna příčina postupně vyvolá další příčiny, které na sebe vzájemně navazují [7] (viz obrázek 3-1).

DOMINO EFEKT: větrná smršť => pády stromů do el. vedení => přerušeni dodávek el. energie koncovým odběratelům => narušení rovnováhy mezi výrobou a spotřebou el. energie => automatické odpojování nezátížených výrobních zařízení => rozpad přenosové soustavy na oddělené ostrovy => kaskádové šíření poruchy => BLACKOUT

Obrázek 3-1 Ukázkový příklad domino-efektu vyvolaného větrnou smrští [6]

3.1.2 Společenské hrozby

Mezi nejvýznamnější společenské hrozby ve 21. století se řadí zejména teroristické útoky a kybernetické útoky. Kybernetické útoky nabírají na důležitosti hlavně díky zavádění dálkově ovladatelných prvků do elektrizační soustavy. Obě tyto hrozby mají za úkol útok na [1]:

- Řídící prvky elektrizační soustavy (Dispečerské pracoviště)
- Výrobní a technologické prvky (Poškození technologického zařízení, zničení prvků fyzické ochrany objektu)

Proti společenským hrozbám se v současnosti uplatňují dva způsoby ochran, a to ochrana fyzická a kybernetická.

Fyzická ochrana má za úkol chránit důležité prvky a objekty elektrizační soustavy před fyzickým poškozením. Při zavádění fyzické ochrany se v první řadě roztrídí objekty a prvky elektrizační soustavy podle jejich strategického významu. Podle důležitosti a umístění objektů se poté navrhne kombinace ochranných opatření jako [26]:

- Mechanické zabezpečení (Plot, ostnatý drát nebo jiné mechanické zábrany a prvky)
- Elektronické zabezpečení (Kamerový systém, pohybová čidla)
- Fyzická ostraha

Kybernetická ochrana má za úkol ochránit elektrizační soustavu nejen před útoky hackerů, ale má zajišťovat i zpřístupnění informací pouze ověřeným osobám, a to pouze v nezbytné míře, kterou potřebují k výkonu své práce. Důležitost ochran před kybernetickými útoky začala stoupat především od roku 2015, kdy skupina hackerů napadla a zapříčinila kolaps distribuční sítě na území Ukrajiny. Tento první potvrzený kybernetický útok na elektrizační soustavu způsobil rozsáhlý výpadek elektrické energie pro téměř 700 000 lidí na několik hodin [27].

3.2 Zasažená infrastruktura blackoutem

Narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu (blackout) se řadí podle analýzy hrozeb pro Českou republiku mezi nebezpečí s nepřijatelným rizikem, tj. rizik, u kterých lze předpokládat vyhlášení krizového stavu. Z tohoto důvodu byl vypracován typový plán Ministerstvem průmyslu a obchodu, který popisuje vliv výpadku elektrické energie a možnost

jeho řešení [3]. Tento plán je dostupný na webových stránkách Ministerstva průmyslu a obchodu [3].

Jak již bylo zmíněno v kapitolách výše, blackout ochromí nejenom elektrizační soustavu, ale i další infrastruktury, které ke svému provozu, řízení, komunikaci a k dalším úkonům potřebují elektrickou energii [3]. Tyto dopady budou dále popsány i na fiktivním městě (viz kapitola 6). Dopady ochromení se dají rozdělit do čtyř základních skupin. Jednotlivé druhy dopadů jsou mezi sebou úzce provázány (jeden dopad může zapříčinit vznik druhého dopad atd.) [3]:

- Dopady na život a zdraví osob (Lékařská péče, zásobování)
- Ekonomické dopady
- Společenské dopady
- Mezinárodní dopady

3.2.1 Dopady na život a zdraví osob

Jako nejvýznamnější dopad blackoutu je především vliv na životy a zdraví obyvatelstva. Pokud hovoříme o výpadku elektrické energie na celém území České republiky, došlo by k plošnému omezení základní i specializované lékařské péče [1], omezení dostupnosti informací nebo i k uvíznutí osob ve výtazích (pouze v případech, kdy výtah není ještě dovybaven záložním zdrojem energie). Tyto dopady budou mnohem výraznější v oblastech s větší hustotou obyvatel [6].

I když se může omezení lékařské péče jevit jako obrovský problém, tak i nadále zůstává nejzávažnějším dopadem v dlouhodobém hledisku omezení nebo dokonce i úplné zastavení dodávek pitné vody [3]. Tento problém je obecně z hlediska zdraví a kondice obyvatel nejzásadnější, jelikož voda je nesmírně důležitý článek pro správné fungování našeho organismu. Bez vody dochází u průměrného člověka do 3 až 4 dnů k selhání jater a následně dalších vnitřních orgánů [10]. Tento problém se dá částečně vyřešit pomocí mobilních úpraven vody, které však ke svému provozu potřebují i dieselagregát, který jim bude zajišťovat napájení. Příkladem může být město Praha, které by v případě nouze mohlo použít až tři mobilní úpravní vody. Tyto úpravní vody by ovšem byly schopny dodávat pouze zlomek z celkové potřeby. Dalším částečným řešením by mohly být i tablety na úpravu vody, které dokážou vyrobit např. z dešťové vody vodu pitnou [73]. Dalším a neméně důležitým dopadem by bylo narušení dodávek a výroby potravin [3].

3.2.2 Ekonomické dopady

Ekonomickými dopady se zejména rozumí finanční ztráty ve veřejném sektoru a v národním hospodářství. Nejvýznamnější finanční ztráty by nastaly v bankovním a finančním sektoru, průmyslu a v neposlední řadě i v zemědělství. Do ekonomických ztrát se ovšem zahrnuje i poškození nebo zničení památkově chráněných objektů a dalších historických i jinak významných objektů. V extrémních případech může v ojedinělých lokalitách docházet i k odcizování významných historických předmětů. V tabulce 3-1 jsou zobrazeny odhady ekonomických ztrát pro ČR (Českou republiku) a pro tzv. „průměrný“ Kraj (ztráty pro jednotlivé kraje závisí především na jejich infrastruktuře, na počtu obyvatel a na velikosti území) [3].

Tabulka 3-1 Odhady ekonomických ztrát při výpadku elektrické energie [3]

Území	Roční období	Doba trvání	Náklady
Celá ČR	Zima	24 hodin	878 milionů EUR
Celá ČR	Léto	24 hodin	697 milionů EUR
Kraj	Zima	24 hodin	76 milionů až 151 milionů EUR
Kraj	Léto	24 hodin	71 milionů až 143 milionů EUR

3.2.3 Společenské dopady

V případě dlouhodobého výpadku elektrické energie by došlo k rychlému nárůstu nezaměstnanosti z důvodu vynucené redukce hospodářských činností. Tento „ekonomický otřes“ by v horizontu několika let způsobil významný pokles životní úrovně obyvatelstva. Mezi nejzávažnější společenské dopady se řadí především zrod chaosu, který vede k narušení veřejného pořádku a bezpečnosti státu. V extrémních případech (např. při nedostatku zásobování potravinami) může dojít v některých lokalitách i ke vzniku dočasné anarchie, která by měla za následek především rabování [3].

3.2.4 Mezinárodní dopady

Do mezinárodních dopadů se řadí především nemožnost plnění mezinárodních smluvních závazků. Nemožnost plnění spojeneckých závazků (např. v NATO) a v neposlední řadě i omezení obchodních závazků jak na úrovni státu, tak na úrovni menších podnikatelů [3].

3.3 Obecná opatření proti vzniku blackoutu

Z praktického hlediska je zcela nemožné předvídat dobu a místo vzniku blackoutu, naštěstí ovšem existuje několik opatření, které snižují pravděpodobnost vzniku blackoutu. V české přenosové soustavě se jedná především o samotnou elektrizační soustavu, která je v souladu s tzv. spolehlivostním kritériem N-1 [47]. Tímto kritériem jsou navrženy (mimo výjimky) všechna vedení a transformátory na napěťových hladinách 400 kV, 220 kV a 110 kV [48].

Spolehlivostní kritérium N-1 znamená, že nesmí dojít k narušení stability soustavy nebo k přetížení jiného prvku v síti z důvodu výpadku jednoho úseku vedení, transformátoru nebo dokonce i elektrárenského bloku [11]. Jedná se tedy o jakési naddimenzování elektrizační soustavy. V případech, kdy se jedná např. o připojení jaderných elektráren Temelín a Dukovany, je toto spolehlivostní kritérium zpřísněno na N-2 [47].

V posledních letech je přenosová soustava ohrožena zejména na západě z důvodu velkého přetoku energie. Tyto přetoky jsou způsobeny z velké části větrnými elektrárnami, které jsou umístěny zejména na pobřežích Severního a Baltského moře. Část takto vzniklé energie je následně přenášena pomocí české přenosové soustavy do jižněji položených zemích [11].

Tyto tzv. kruhové toky značně zvyšují zatížení prvků přenosové soustavy, což může mít v některých případech za následek i porušení spolehlivostního kritéria N-1 a tím dochází i ke zvýšení ohrožení provozu přenosové soustavy [11].

Mezi další opatření proti výpadku elektrické energie patří rovněž i možnosti zásahu dispečera, který může podle stupně přetížení učinit kroky jako jsou [12]:

- Snížení výkonu elektráren v přetížené části elektrické soustavy
- Zvýšení výkonu elektráren v deficitní části nebo využití rychle startujících zdrojů
- Vydání povelu k přerušení práce na vedení s cílem využít toto vedení k překonání dočasného přetížení
- Zvýšení elektrického napětí v přenosové soustavě

4 VÝZNAMNÉ HISTORICKÉ BLACKOUTY

Hrozba výpadku elektrické energie začala vznikat již od počátků elektrifikace ve světě, která započala v druhé polovině 19 století [13]. Od této doby došlo ve světě k mnoha výpadkům elektrické energie, které byly zapříčiněny ať už přírodní katastrofou nebo vinou člověka. S rozvojem médií stoupl rovněž i počet falešných poplašných zpráv o blackoutu. V následujících podkapitolách budou rozebrány nejvýznamnější výpadky elektrické energie z pohledu rozsahu a závažnosti dopadu na společnost.

4.1 Indie, 2012 červenec – Největší blackout historie

K dnešnímu dni se za největší blackout v historii elektrické energie označuje blackout, který nastal v Indii v roce 2012 v červenci [3]. Blackout byl zapříčiněn výpadkem vedení 400 kV přenosové linky mezi městy Bina-Gwalior, což mělo za následek přetížení dalších linek a vznik domino efektu [18].

Tento blackout podle některých mediálních zdrojů postihl téměř 700 milionů lidí [14]. Ostatní zdroje ovšem uvádějí okolo 670 nebo 600 milionů lidí bez dodávky elektrického proudu v jednom okamžiku [15][16].

Tento počet je sice alarmující, neboť v té době by se jednalo zhruba o 10 % obyvatel světové populace, nicméně tyto čísla jsou pouze hrubé součty obyvatel v postižených oblastech Indie, z nichž ne každý měl v té době přípojku elektrické energie. Jako příklad se uvádí dva největší zasažené indické státy Uttar Pradesh s 200 miliony obyvatel a Bihar se 100 miliony obyvatel, které měli v tomto roce pouze 36,8 % v Uttar Pradesh a 16,4 % v Bihar domácností, se zavedenou přípojkou elektrické energie [17]. Z tohoto důvodu bylo ve skutečnosti přibližně postiženo „pouze“ 323 milionů lidí [17][18], přes tento fakt se pořád jedná o doposud nejrozsáhlejší výpadek elektrické energie na světě.

Kvůli nespolehlivé elektrizační síti zažila Indie velký blackout už v roce 2001 v lednu. Při tomto blackoutu bylo bez elektrické energie přibližně 230 milionů obyvatel, a proto Indii patří v současnosti i druhé místo z pohledu největších blackoutu ve světě [18].

4.2 USA a KANADA, 1965 listopad

V roce 1965 se ocitlo přibližně 25 milionů Američanů a Kanadčanů bez elektrické energie. Výpadek trval okolo 14 hodin a postihl severovýchod USA včetně New Yorku a provincii Ontario v Kanadě. Tento blackout je známý především kvůli tomu, že se při něm neděli žádné velké hromadné nepokoje ani rabování [19] naopak v některých případech lidé dokonce pomáhali bezpečnostním složkám s vyprošťováním uváznělých lidí v metrech a ve výtazích [20]. Tento blackout oplývá rovněž i mýtus o údajně zvýšené porodnosti, která nastala 9 měsíců po výpadku elektřiny. Tento mýtus nicméně vznikl na základě lživého článku v deníku New York Times a žádná zvýšená porodnost nebyla zaznamenána [19].

4.3 New York, 1977 červenec

Tento výpadek je téměř přesným opakem předchozího blackoutu z hlediska rabování a nepokojů obyvatelstva. Výpadek údajně postihl méně občanů, než v předchozím případě (uvádí se kolem 8 milionů) [19]. Provoz elektrické sítě byl obnoven po 25 hodinách [19][20].

Blackout byl zapříčiněn zásahem blesku do rozvodné sítě spolu s nefunkčností automatik, které měly linky opět zprovoznit. Díky tomu došlo po několika minutách k odpojení dalšího vedení z důvodu přetížení. Tento jev se šířil dál na ostatní vedení díky čemuž postupně docházelo k vypínání dalších a dalších vedení (domino efekt). K této vzniklé situaci přispěli i samotní dispečeri, kteří svým nedostatečným zásahem nezabránili šíření výpadků. Během noci docházelo k nespočtu výtržnostem a rabování. Přes noc bylo vykradeno přibližně 1600 obchodů. Policie zadržela asi 4 tisíce lidí, nicméně zdroje hovoří o tom, že se jednalo pouze asi o desetinu pachatelů [20]. Oproti roku 1965 se tedy jedná o velmi odlišný průběh chování obyvatelstva.

Uvádí se, že za tento strašlivý průběh mohla především špatná hospodářská situace s vysokou nezaměstnaností [20].

4.4 Itálie, 2003 září

Doposud největší evropský výpadek se stal v roce 2003 v Itálii, kde při oslavách tzv. Bílé noci zůstalo bez elektrické energie přibližně 57 milionů obyvatel [22]. Itálie byla v té době velmi závislá na dodávkách elektrické energie ze zahraničí. Při oslavách Bílé noci se kvůli vysokému zatížení prověsilo vedení 380 kV ve Švýcarsku a tím došlo k elektrickému výboji mezi vedením a přilehlým stromem. Tento jev způsobil zvýšené zatížení na zbylých dvou přenosových linkách, které nebyly schopny dlouhodobě vydržet zvýšené zatížení, a proto byly postupně odpojeny [21].

Některé zdroje uvádí jako příčinu vzniku blackoutu bouřku, která měla vyřadit přenosovou linku [23]. Pozdějším šetřením však bylo zjištěno, že za nehodu může právě přeskok elektrické energie na okolní stromy z důvodu nedostatečného oříznutí stromů (nedostatečná údržba přenosové linky) [24].

5 ČESKÁ REPUBLIKA A BLACKOUT

Českou republiku dosud nepostihl žádný rozsáhlý výpadek elektrické energie, který by zapříčinil vyhlášení krizového stavu [3]. Nicméně i naše přenosová soustava se již několikrát ocitla na hranici svých provozních možností a v některých vážnějších případech došlo i k rozpadu elektrické sítě na ostrovní provozy.

5.1 Celostátní stav nouze, 2006 červenec

V červenci roku 2006 došlo kvůli vysokým teplotám ke zvýšení skutečného zatížení oproti prvotním předpokladům, což mělo za následek významné změny rozložení mezi výrobou a spotřebou. Tyto teploty ovlivnily rovněž i ostatní státy Evropské unie. Ze Švýcarska a Velké Británie vzrostl export a z Francie a Polska poklesnul export elektrické energie. Současně s tímto dějem vzrostly importy do Německa, kvůli nepříznivým povětrnostním podmínkám, což mělo za následek snížení dodávky elektrické energie z německých větrných elektráren [3].

Další významná událost, co zapříčinila rozpad naší elektrizační sítě do ostrovních provozů, bylo vyhoření rozvodny ve Slovinku. Požár rozvodny způsobil další postupné odpojování ostatních přenosových vedení mezi Itálií a Slovinskem kvůli zvýšenému přetížení. Výsledkem těchto dějů bylo přerozdělení toků v celé evropské unii a přetížení i naší přenosové soustavy, která byla kvůli ochraně před poškozením vypnuta, což mělo za následek vznik ostrovních provozů a vyhlášení stavu nouze. Obnovení normálního provozu soustavy trvalo zhruba 11 hodin [3].

5.2 Přetoky elektrické energie z Německa, přelom roku 2014/2015

Na přelomu roku 2014 a 2015 nastávaly opakovaně situace, při kterých musel provozovatel přenosové soustavy ČEPS řešit přetoky elektrické energie, které byly způsobeny zejména enormní výrobou elektrické energie v severní části Německa, kde jsou umístěny větrné elektrárny [3]. Z důvodu malé přenosové kapacity přenosového vedení v Německu tekla část vyrobené elektrické energie přes českou přenosovou soustavu a tím docházelo na západě České republiky k porušování bezpečnostního kritéria N-1 (viz kapitola 7. Obecná opatření proti blackoutu) [49].

Proti těmto přetokům vystavěl ČEPS, z důvodu zvýšení bezpečnosti přenosové soustavy, na hranicích s Německem transformátory s řízeným posuvem fáze (tzv. PST), které mohou změnou fázového úhlu regulovat množství elektrické energie, která k nám „teče“ z Německa [25].

6 POPIS FIKTIVNÍHO MĚSTA

Tato část práce má za úkol ukázat připravenost důležitých objektů na následky blackoutu, koordinaci při řešení vzniklé krizové situace mezi důležitými institucemi jako jsou bezpečnostní složky, integrovaný záchranný systém (dále jen IZS) a další strategicky významné objekty. Hlavním cílem je ale ukázat zejména činnost a postupy provozovatele distribuční soustavy (dále jen DS) a energetických výroben při výpadku elektrické energie.

Fiktivní krajské město, na kterém budou demonstrovány následky blackoutu, bude označeno z bezpečnostních opatření kódem XYM1. Kódy budou z důvodu bezpečnosti a z důvodu přehlednosti použity i pro další objekty. Pro město XYM1 bude uvažováno s cca 95 tisíci obyvatel. Toto číslo vychází z nejčastěji zastoupené hodnoty (modus) počtu obyvatel u krajských měst v ČR (tj. rozmezí 90 až 105 tisíc obyvatel, ve kterém se nachází celkem 6 krajských měst) [71]. Hromadná doprava ve městě je zajištěna pomocí autobusů a tramvají.

Pro potřeby města v době špičkového odběru je uvažováno s příkonem až 100 MW elektrické energie, nicméně lokální zdroje (popsány v kapitole 6.1) mohou přispívat k napájení města pouze 23,5 MW. Po uplynutí pěti dní se uvažuje se snížením tohoto výkonu o 6 MW, z důvodu vyčerpání zásob odpadů ve spalovně odpadů XYSO1 (nelze stoprocentně zaručit svoz odpadu během blackoutu) na 17,5 MW.

Z tohoto důvodu je nutné vybrat pro napájení elektrickou energií v případě blackoutu pouze nejvýznamnější objekty, kde by dlouhotrvající výpadek dodávky elektrické energie mohl zapříčinit ztrátu na životech nebo velké ekonomické a hospodářské ztráty (velkochovy zvířat) [61].

Aby mohl provozovatel DS přednostně distribuovat energii mezi tyto významné objekty, musí být nejprve vyhlášen krizový stav, který dává pravomoc uplatnit krizová opatření jako je právě již zmíněné přednostní zásobování prioritních objektů a prvků kritické infrastruktury elektrickou energií. Nejedná se pouze o zásobování elektrické energie, ale rovněž i o zásobování potravinami, pitnou vodou a v neposlední řadě i pohonnými hmotami [30]. Objekty, které budou mít prioritu zásobování se dají z hlediska elektrické energie rozdělit do tří skupin [39]:

- Objekty vyrábějící elektrickou energii (XYVE1, XYPE1, XYSO1 a XYPT1)
- Objekty zajišťující distribuci energie (Dispečink, rozvody atd.)
- Objekty s nejvyšší prioritou dodávek elektrické energie

Pozn.: Všechny níže zmíněné budovy a instituce budou zobrazeny v mapě DS v kapitole 6.5.

6.1 Lokální výroby elektrické energie

Z pohledu výpadků elektrické energie se posuzují výroby elektrické energie nejenom podle možného dodávaného výkonu, ale i podle podpůrných služeb, které mají výroby certifikované (dochází k periodickému testování schopnosti poskytnout danou službu). Mezi podpůrné služby se řadí [62]:

- „Schopnost startu výroby ze tmy“
- „Schopnost ostrovního provozu výroby“
- „Schopnost regulace U/Q “

Schopnost startu ze tmy umožňuje elektrárně rozběhnutí na jmenovité parametry (napětí, otáčky atd.) bez použití vnější elektrické energie. Rozběh elektrárny tedy není závislý na okolní situaci v elektrizační síti [29]. Aby výroba dostala certifikát schopnosti startu ze tmy, musí umět nejenom najet bez vnějšího napětí, ale musí mít i platnou certifikační zkoušku o schopnosti pracovat v ostrovním provozu. Tato schopnost je nezbytná pro obnovení dodávky elektrické energie při rozpadu elektrické sítě [62]. Elektrická energie z těchto elektráren je následovně dodávána elektrizační síti, ze které je použita na rozběh dalších výroben, které nedisponují schopností startu ze tmy. Díky takto přivedené vnější energii jsou i tyto elektrárny schopny postupně najet na jmenovité parametry. V tomto ohledu mají elektrárny se schopností startu ze tmy velký strategický význam [29].

Ostrovním provozem se rozumí samostatná část elektrické soustavy, která pracuje nezávisle na okolní elektrizační soustavě. Elektrárny, které mají možnost pracovat v ostrovním režimu, musí být vybaveny regulací činného a jalového výkonu, regulací frekvence, nastavením ochranných prvků do ostrovního provozu (frekvenční a napěťové ochrany) a v neposlední řadě jsou většinou vybaveny i určitou výkonovou zálohou, která slouží k udržení vyrovnané bilance spotřeby a výroby. Výkonová záloha tedy slouží jak k ukládání přebytečné energie, tak i ke zpětnému použití uložené energie v případě nedostatku [28]. Výroby, které mají schopnost pracovat v ostrovním, přechází automaticky do ostrovního provozu, pokud dojde k rozkolísání frekvence sítě nad 50,2 Hz nebo pod 49,8 Hz [62].

Regionální ostrovní provozy v České republice vznikají při rozpadu přenosové soustavy [63]. Při tomto rozpadu bude i město XYM1 odříznuto od zbytku elektrizační soustavy v ČR a bude nuceno vystačit si s vlastním ostrovním provozem do doby, než dojde k obnově přenosové soustavy. V tomto momentě by tedy město XYM1 bylo závislé pouze na lokálních zdrojích elektrické energie, a ne na velkých blokových elektrárnách, které disponují velkým výkonem (v rádech stovek až tisíc MW), které jsou připojeny na přenosovou soustavu.

Z logického hlediska a z hlediska možných nečekaných poruch výroben či plánovaných odstávek je lepší mít více než jednu elektrárnu, která vlastní certifikace pro ostrovní provoz.

V bezprostředním okolí města se nachází celkem tři výroby elektrické energie, a to vodní elektrárna XYVE1 o výkonu 2 x 1 MW, plynová elektrárna XYPE1 o výkonu 10,5 MW, spalovna odpadů XYSO1 o výkonu 6 MW a jedna plynová teplárna, která má možnost v případě potřeby dodávat elektrickou energii o výkonu 5 MW, ale nedisponuje schopností pracovat v ostrovním provozu (viz kapitola 6.1.4), a proto v případě blackoutu nelze počítat s touto výrobou. Celkový výkon, který jsou schopny tyto tři elektrárny vyrábět, je tedy 18,5 MW.

U každé z těchto elektráren se jedná již o výkon, který bere v potaz i jejich vlastní spotřebu, tj. spotřeba, která je potřebná k napájení prvků elektrárny pro její správný chod (čerpadla, buzení atd.).

6.1.1 Vodní elektrárna XYVE1

Tato elektrárna je prioritně určena jako regulační nádrž. Elektrárna zásobuje pitnou vodou čistírnu vody (viz kapitola 6.3.3). Elektrárna disponuje celkovým výkonem 2 x 1 MW. Elektrárna má certifikovanou schopnost startu ze tmy (tzn. že má i certifikovaný ostrovní provoz [62]). Schopnost startu ze tmy je zajištěna díky vlastněnému dieselagregátu, který je schopný při výpadku elektrické energie dodat dostatečné množství elektrické energie pro rozběhnutí elektrárny. I přes malý výkon, který byl primárně navržen pro napájení čistírny vody v případě výpadku elektrické energie, je tato elektrárna velmi důležitá z pohledu vytvoření (obnovení) ostrovního provozu. Díky své schopnosti startu ze tmy může být vyrobená elektrická energie použita k rozběhnutí dalších zdrojů elektrické energie, které mají certifikovaný ostrovní provoz.

6.1.2 Plynová elektrárna XYPE1

Tento zdroj je největší lokální zdroj elektrické energie pro město XYM1. Disponuje výkonem až 10,5 MW. Za normálního provozu slouží tato elektrárna ke krytí špičkového zatížení elektrické soustavy. Její předností je rychlý rozběh na plný výkon (v řádu několika minut) [66]. Elektrárna je připojena na vysokotlaký plynovod (VTL), jehož provoz je zaručen dodavatelem plynu i v případě blackoutu (viz kapitola 6.2.2). Plynová teplárna má certifikovanou schopnost pracovat v ostrovním provozu, ale nedisponuje schopností startu ze tmy.

6.1.3 Spalovna odpadů XYSO1

Spalovna XYSO1 zásobuje město primárně tepelnou energií. Při provozu ovšem vyrábí i elektrickou energii o výkonu až 6 MW. Tento výkon je spalovna schopna dodávat, dokud nevyčerpá své zásoby odpadů. Spalovna má zásoby odpadů vždy alespoň na 5 dní. Po uplynutí pěti dnů nelze stoprocentně počítat s možností doplňování zásob odpadů, a proto se v této práci neuvažuje po uplynutí pěti dnů s výkonem 6 MW. Spalovna má certifikovanou schopnost ostrovního provozu.

Pokud je potřeba najet spalovnu odpadů v době, kdy byla „mimo provoz“ (nespalovala), je nejprve nutné vyhřát spalovací komoru [66]. K tomuto účelu využívá spalovna zemní plyn [75].

6.1.4 Plynová teplárna XYPT1

XYPT1 primárně slouží jako zdroj tepla pro město XYM1, ale v případě potřeby je schopna vyrábět a dodávat elektrickou energii (díky protitlakové turbíně [66]) o výkonu až 5 MW. Teplárna je připojena, stejně jako plynová elektrárna XYPE1, na vysokotlaký plynovod (VTL), jehož provoz je zaručen dodavatelem i v případě blackoutu (viz kapitola 6.2.2). Plynová teplárna ovšem nemá schopnost pracovat v ostrovním provozu, a proto ji nelze v případě blackoutu, kdy dojde k rozpadu elektrizační sítě na ostrovní provozy, využít jako další zdroj elektrické energie.

6.2 Objekty zajišťující distribuci energie

Do těchto objektů se řadí dispečink a rozvodny provozovatele DS a dále také i vysokotlaké (VTL) regulační stanice plynu vlastněné distributorem plynu.

6.2.1 Důležité objekty provozovatele DS

Provozovatel DS zajišťuje pro město XYM1 rozvod a regulaci elektrické energie. Do důležitých objektů provozovatele DS se řadí zejména dispečink a dálkově ovladatelné rozvodny (R1 až R7, viz mapa). Většinu potřebné elektrické energie pro město XYM1 odebírá provozovatel DS za normálního stavu z přenosové soustavy pomocí rozvodny R1 (400/110 kV a 110/22 kV). Tato energie je dále rozváděna pomocí dalších rozvodů až k jednotlivým spotřebitelům. Provozovatel DS rovněž reguluje a rozvádí i energii, kterou jsou schopny dodávat lokální zdroje (viz. kapitola 6.1).

V případě blackoutu má dispečink provozovatele DS (na mapě označen jako DPDS) náhradní zdroj v podobě dieselařegagátu o výkonu až 0,5 MW, díky kterému bude provozovatel DS schopný obnovit svůj provoz a následně provádět manipulační zásahy v dálkově řízených rozvodnách (R1 až R7), které jsou vybaveny záložními bateriemi [67]. Pro všechny rozvodny je počítáno s potřebným celkovým příkonem 0,5 MW, který bude dostatečný k provádění manipulačních zásahů. Tyto zásahy budou potřebné pro udržení a provozování ostrovního režimu a rovněž i pro rozvod elektrické energie z lokálních zdrojů pouze k vybraným odběratelům. Menší rozvodny (nejsou zakresleny na mapě z důvodu zjednodušení) nemusí být vždy vybaveny zařízením pro dálkové ovládání. V takovýchto případech je nutný manuální zásah přímo na místě (výjezd zaměstnanců provozovatele DS).

V případech, kdy dojde k vybití baterií dříve, než je obnoveno napájení elektrické energie rozvodem, je pro další zásahy v DS nutný manuální zásah přímo v rozvodně (opět výjezd zaměstnanců provozovatele DS) [67].

Jak již bylo zmíněno, tak dispečink vlastní dieselařegagát, a proto je nutné, v případě nemožnosti obnovení dodávky elektrické energie pro vlastní spotřebu, přednostně zásobovat dispečink provozovatele DS. Celkový potřebný příkon pro objekty provozovatele DS je 1 MW.

6.2.2 Důležité objekty distributora plynu

Distributor plynu zajišťuje v městě XYM1 a jeho okolí dodávky plynu v distribučních tlakových hladinách: VTL – vysokotlaký plynovod, STL – středotlaký plynovod a NTL – nízkotlaký plynovod.

Distributor je schopen zajišťovat dodávku plynu i při výpadku elektrické energie, protože zemní plyn, který putuje od místa vytěžení až ke spotřebiteli, je veden přes kompresní stanice, které pro svůj pohon spotřebovávají část přenášeného zemního plynu. Zemní plyn ještě prochází přes další články soustavy, jako jsou redukční stanice a ventily. Tyto články jsou ovšem označovány jako pasivní články [72]. Nicméně za nepříznivých klimatických podmínek může dojít k zamrznutí regulačních armatur u redukčních stanic, a proto jsou všechny regulační stanice osazeny přehřevem plynu, nicméně pouze u regulační stanice VTL má distributor náhradní dieselařegagát, který zajišťuje výrobu elektrické energie pro přehřev plynu [67] o výkonu 1 MW, aby nedošlo za nepříznivých podmínek k zamrznutí armatur.

Z tohoto důvodu je u objektů, které jsou napojeny na VTL, zajištěna dodávka plynu i při výpadku elektrické energie. U STL a NTL regulačních stanic nemá distributor záložní dieselařegagát, a proto může za nevhodných klimatických podmínek dojít k zamrznutí regulačních armatur, tj. dodávka do objektů, které jsou připojeny na STL nebo na NTL může být přerušena [67].

Na VTL plynovod je připojena např. plynová elektrárna XYPE1 a plynová teplárna XYPT1. V případě blackoutu je nutné zajistit zásobování pohonnými hmotami v případě nemožnosti obnovení dodávky elektrické energie.

6.3 Objekty s prioritní dodávkou energie

Do objektů s prioritní dodávkou energií se řadí strategické budovy a instituce, u kterých by vlivem ztráty elektrické energie došlo k omezení nebo úplného zastavení provozu, které by mělo za následek jednu těchto možností [64]:

- Ohrožení zdraví a života obyvatel (Nemocnice, zásobování potravin a pitné vody)
- Ohrožení bezpečnosti města
- Velké hospodářské ztráty (Velkochovy)

V případě města XYM1 se tedy jedná o:

- Fakultní nemocnici
- IZS
- Zásobování pitnou vodou
- Zásobování potravin
- Čerpací stanice
- Krajský úřad

Tyto objekty jsou podrobněji rozebrány v následujících kapitolách. Ve městě se nachází i další důležité objekty (např. hygienická stanice). Tyto objekty mají ovšem nižší prioritu (nehrozí zde ztráty na životech či velké ekonomické škody) a v případě blackoutu jsou lokální zdroje schopny pokrýt pouze potřeby výše zmíněných budov.

V případech, kdy bude spotřeba objektů ve zmíněných objektů menší než vyrobená energie z elektráren, není potřeba manipulovat (regulovat) s výkonem elektráren, ale přebývajícím výkonem je možné připojit na další linky s dalšími odběry (objekty s nižší prioritou). Regulaci frekvence a dalších parametrů řídí dispečink provozovatele DS, který spolupracuje s výrobny elektrické energie [68].

6.3.1 Nemocnice - ZZS

V centru města XYM1 se nachází nemocnice XYN1 s kapacitou 560 lůžek. Kvůli zajištění dodávky elektrické energie i při výpadku elektrické energie je nemocnice vybavena dieselagregátem a UPS zdrojem (zdroj nepřerušitelného napájení). Nemocnice potřebuje ke svému nouzovému provozu příkon 3 MW.

UPS je zařízení které obsahuje nabíječ, akumulátor a střídač. Toto zařízení slouží zejména k pokrytí krátkodobých výpadků elektrické energie [51]. UPS se řadí do třídy 0, která zajišťuje napájení automaticky bez jakéhokoliv přerušování [52]. Při déle trvajícím výpadku udržují napájení do doby, než dojde k přepnutí na jiný náhradní zdroj [51] (v tomto případě dieselagregát). Obecně se dieselagregáty řadí do třídy > 15, ve které záložní zdroje zajišťují napájení automaticky za více než 15 sekund [52]. V této nemocnici je navržen dieselagregát ještě podle staré (již neplatné) normy ČSN 33 2140 (dnes je nahrazena normou ČSN 33 2000-7-710

(332000)). Norma ČSN 33 2140 udává, že dieselagregát musí být schopen najet do plného výkonu do 120 sekund [49]. Nemocnice má v případě výpadku elektrické energie smluvně dohodnuté zásobování pohonnými hmotami z blízké čerpací stanice ČS1, která by v případě blackoutu byla uzavřena pro veřejnost (viz kapitola 6.3.5).

Nemocnice se rovněž řadí do složek IZS, které jsou popsány níže v kapitole 6.3.2, ale nemocnice rovněž spadá do skupiny s prioritou číslo 1 (viz kapitola 6.4), a proto je popsána samostatně.

Zdravotnický záchranný systém (do kterého spadá nemocnice) mj. vlastní i seznam osob, které využívají podpůrné zdravotnické přístroje (např. mechanická srdeční podpora). Tyto přístroje mají vždy několikadenní zálohu elektrické energie. V případě delšího trvání blackoutu je nezbytné transportovat tyto osoby k místu, kde budou mít zajištěnou dodávku elektrické energie [32].

6.3.2 Integrovaný záchranný systém - IZS

Integrovaný záchranný systém je systém propojení a spolupráce záchranných a bezpečnostních složek státní správy a samosprávy při společném provádění záchranných a likvidačních prací a přípravě na nadcházející mimořádné události. Do IZS patří zejména [31]:

- „Hasičský záchranný sbor České republiky“
- „Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby“
- „Policie České republiky“
- „Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany“
- „Vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil“

Do IZS se řadí i další instituce, které z důvodu zjednodušení nebudou zařazeny do této práce. Tyto zbylé instituce jsou vyjmenovány na stránkách Hasičského záchranného sboru České republiky v článku Integrovaný záchranný systém.

Z výše vyjmenovaných institucí je z hlediska koordinace nejdůležitější Hasičský záchranný sbor České republiky. Pokud tedy zasahuje na jednom místě dvě či více složek IZS, tak celé akci zpravidla velí příslušník Hasičského záchranného sboru České republiky, který má za úkol řídit a koordinovat záchranné a likvidační práce. Velitel zásahu má podle zákona o IZS rozsáhlé pravomoci, které se týkají mj. i přítomných osob [31]. Pod správou HZS ČR je i krajské operační a informační středisko (KOPIS), které má za úkol řízení a vysílání jednotek nebo vyžádání pomoci od dalších orgánů. V operačním středisku se rovněž nachází i telefonní centrum tísňového volání linky 112 [56]

V modelovém městě XYM1 se nachází složky IZS v podobě Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen HZSČR), zdravotnický záchranný systém (dále jen ZZS) a policie České republiky (dále jen PČR). ZZS je již popsán v samostatné kapitole 6.3.1, a proto zde nebude dále rozebírán.

HZSČR je vybaven náhradním dieselagregátem o výkonu 2 MW, který byl dříve navržen podle normy ČSN 73 5710 tak, aby umožnila požární stanici HZSČR fungovat zcela nezávisle na stavu elektrické sítě alespoň po dobu 72 hodin [53].

PČR se řadí spolu se supermarketem a s krajským úřadem (viz kapitola 6.3.4 a 6.3.6) mezi budovy se shromaždištěm osob, pro které platí vyhláška č. 23/2008 Sb. – Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb [77]. Tyto objekty musí být vybaveny nouzovým zdrojem elektrické energie pro napájení zabezpečovacích zařízení a zařízení pro zajištění nouzového úniku z budovy. Tyto objekty mohou být vybaveny i náhradním zdrojem, který je určený pro náhradní provoz. Tyto zdroje musí mít dostatečný výkon a spolehlivost [78]. Z tohoto důvodu je v práci dále uvažováno (kvůli zjednodušení), že PČR, supermarket a krajský úřad vlastní záložní zdroj (dieselagregát), který je určený pro napájení objektu v náhradním provozu, a který zajišťuje napájení po dobu 8 hodin.

V případě PČR se jedná o náhradní zdroj o výkonu 1 MW, který je schopný zajišťovat napájení po dobu 8 hodin. V případě nemožnosti obnovit dodávku elektrické energie je nutné zajistit zásobování pohonnými hmotami jak PČR, tak i HZSČR.

6.3.3 Zásobování pitnou vodou

Většina budov a objektů je napojena na veřejnou vodovodní síť. Pouze malá část budov, nacházejících se na periferiích města XYM1, má možnost samostatného zásobování vodou ze studní či vrtů. Vzhledem k možnosti vzniku blackoutu v období dlouhotrvajícího sucha, které může zapříčinit vyschnutí studny [57], nelze vyloučit, že i tyto budovy s vlastní studnou budou závislé na veřejné vodovodní síti.

Pitnou vodu do veřejné vodovodní sítě dodává čistírna vody. Pro úpravu vody na pitnou vodu je potřeba příkon 2 MW. Na tento příkon je navržena právě vodní elektrárna XYVE1 (viz kapitola 6.1.1). Čerpadla, které zajišťují rozvod pitné vody po městě XYM1, nejsou zálohována záložním zdrojem energie. V případě výpadku elektrické energie vlastní společnost provozující vodárnu i několik automobilových cisteren na přepravu pitné vody, které budou zajišťovat nouzové zásobování pitnou vodou.

6.3.4 Zásobování potravin

Ve městě se nachází celkem čtyři velké prodejny supermarketů („samoobslužná prodejna s plochou od 400 do 2500 metrů čtverečních“ [79]) a šest menších prodejen s potravinami. V případě dlouhodobého výpadku elektrické energie jsou pro nouzové zásobování vybrány všechny 4 velké supermarkety, které budou nezbytně dlouhou dobu sloužit, jako skladovací a výdejní místa potravin nejenom pro obyvatele města XYM1, ale přednostně pro zaměstnance prioritních objektů.

V případech, kdy nastane nečekaný výpadek dodávek potravin, je možné využít zásoby ze státních hmotných rezerv. Česká republika vlastní zásoby potravin, které by vystačili na necelé dva dny fungování státu (cca 13 milionů porcí). Jedná se především o trvanlivé potraviny jako konzervy či sušené mléko [80].

Jednotlivé supermarkety budou v dále v práci označovány zkratkami S1 až S4. Ke svému provozu během blackoutu bude každý supermarket potřebovat elektrickou energii o příkonu 1 MW (celkem tedy 4 x 1 MW), a to především pro chladicí boxy a mrazáky.

Dříve nebylo úplně standardní, aby jednotlivé firmy nebo podniky vlastnily záložní zdroje energie (částečně i z ekonomických důvodů). V současné době se tato situace obrátila, jelikož si firmy a podniky uvědomují svou závislost na elektrické energii [60]. Z tohoto důvodu a z důvodu

uvedeného již v kapitole 6.3.2 se v práci uvažuje, že vybrané obchody S1, S2, S3 a S4 vlastní záložní zdroje energie (dieselagregáty), které budou schopny dodávat elektrickou energii po dobu 8 hodin.

6.3.5 Čerpací stanice

Mezi strategicky významné objekty se řadí i čerpací stanice pohonných hmot, které v případě výpadku elektrické energie budou použity k čerpání pohonných hmot pro záložní zdroje (dieselagregáty) prioritních objektů a pro vozidla důležitých institucí (vozidla IZS a další).

V městě se nachází celkem osm čerpacích stanic, z nichž tři jsou díky své poloze (blízkosti) vybrány pro napájení prioritních objektů. Z tohoto důvodu jsou při blackoutu uzavřeny pro veřejnost. Tyto stanice budou dále v práci označovány zkratkou ČS1, ČS2 a ČS3. Stanice ČS1 je, při výpadku elektrické energie, výhradně určena pro zásobování nemocnice.

Doplňování zásob pohonných hmot má na starosti, v případě krizových stavů, Správa státních hmotných rezerv ČR (dále jen SSHR). Česká republika (stejně, jako ostatní země EU) musí splňovat určité závazky, které se týkají právě i zásob pohonných hmot. Z tohoto důvodu musí mít SSHR zásoby ropných produktů minimálně na 90 dnů průměrné denní spotřeby [74].

V České republice doposud většina starších čerpacích stanic nedisponuje záložním zdrojem elektrické energie [58][59][73]. Z tohoto důvodu se uvažuje s nejhorsí možnou situací, kterou je, že u vybraných čerpacích stanic nebude počítáno s vlastním náhradním zdrojem elektrické energie. Každá z vybraných čerpacích stanic potřebuje ke svému nouzovému provozu příkon cca 0,5 MW (celkově tedy 1,5 MW).

Pozn.: U nových čerpacích stanic je nutnost mít záložní zdroj elektrické energie, který zajistí napájení po dobu alespoň 48 hodin [81]

6.3.6 Krajský úřad

Krajský úřad má na starosti zajistit oblasti, jako je oddělení krizového řízení nebo odbor kanceláře hejtmána, který má na starost tiskové oddělení neboli komunikaci s veřejností formou vyvěšení informací na úřední desce nebo elektronicky na webové stránky. Mezi další povinnosti krajského úřadu se řadí i koordinace dopravců a vodárenské společnosti [45]. Krajský úřad potřebuje pro svůj provoz příkon cca 1 MW elektrické energie. Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.3.2, u krajského úřadu je uvažováno s náhradním zdrojem elektrické energie (dieselagregát), který je schopen zajistit napájení na dobu 8 hodin.

6.3.7 Velkochovy zvířat a ZOO

I velkochovy zvířat se řadí mezi významné objekty, nicméně ve městě XYM1 ani v jeho blízkém okolí se nenachází žádné velkochovy zvířat či zoologické zahrady, u kterých by v důsledku dlouhodobého výpadku elektrické energie mohlo dojít k vysoké úmrtnosti chovaných zvířat, a proto tato problematika nebude v práci dále rozebírána

6.4 Prioritní skupiny

Výše vyjmenované objekty (i výroby) a instituce se řadí mezi nejvýznamnější objekty, které mají prioritu při znovu obnovování dodávky elektrické energie. Vzhledem k možnosti, kdy nebude možné plně zprovoznit ostrovní provoz (nebude možné zprovoznit všechny výroby s certifikací pro OP), může nastat stav, kdy nebude možnost zásobovat všechny výše zmíněné

objekty a instituce elektrickou energií. Z tohoto důvodu jsou tyto objekty a instituce rozděleny do dvou prioritních skupin. Podle tohoto rozdělení bude následně distributor v případě, kdy úspěšně spustí ostrovní provoz, nejenom obnovovat dodávky elektrické energie od nejvýznamnějších budov až po budovy s menším významem [64], ale v případech náhlého nedostatku elektrické energie bude distributor nucen odpínat tyto objekty a instituce ze skupiny s nižší prioritou (skupina 2).

Zařazení do jednotlivých prioritních skupin bude vycházet z kombinace několika faktorů, jako jsou [64]:

- „Zajištění základních funkcí území“
- „Závažnost dopadu v případě přerušení dodávek elektrické energie“
- „Zajištění základních potřeb obyvatelstva“

V prioritní skupině č. 1 (při výpadku elektrické energie) se tedy bude nacházet především dispečink distributora elektrické energie a rozvodny elektrické energie (jejich potřeba napájení je zahrnuta v potřebě dispečinku), výroby elektrické energie, fakultní nemocnice a VTL předávací stanice, která umožňuje přívod plynu do elektrárny XYPE1. Tyto objekty jsou shrnuty níže v tabulce 6-1 spolu s jejich potřebou napájení či možnou výrobou.

Tabulka 6-1 Prioritní skupina č.1

Subjekt	Potřebný příkon [MW]	Možnost dodávat výkon [MW]
Dispečink provozovatele DS + napájení rozveden	1	-
XYVE1	-	2 x 1
XYPE1	-	10,5
XYSO1	-	6
Fakultní nemocnice	3	-
VTL předávací stanice	1	-
Celkem:	5	18,5

V prioritní skupině č. 2 se budou nacházet zbylé, již vyjmenované objekty (viz kapitola 6.3). Z prioritní skupiny č. 2 jsou v první řadě důležité zejména čerpací stanice, kvůli jejich možnosti poskytovat pohonné hmoty ostatním objektům a institucím např. pro potřeby diesela agregátů nebo pro automobily či jiná zásahová vozidla.

Tabulka 6-2 Prioritní skupina č. 2

Subjekt	Potřebný příkon [MW]	Možnost dodávat výkon [MW]
Čerpací stanice (ČS1, ČS2 a ČS3)	3 x 0,5	-
Čistírna vody	2	-
Supermarkety (S1, S2, S3 a S4)	4 x 1	-
HZSČR	2	-
PČR	1	-
KÚ	1	-
Celkem:	11,5	0

6.5 Mapa distribuční sítě města XYM1

V této kapitole jsou v tabulkách shrnuty všechny výše zmíněné objekty a instituce spolu s jejich základními parametry, označením a číslem prioritní skupiny. Tyto objekty a instituce jsou dále vyznačeny na obrázku 6-1, který znázorňuje distribuční soustavu města XYM1 a jeho okolí.

Tabulka 6-3 Objekty vyrábějící elektrickou energii

Subjekt	Označení	Elektrický výkon [MW]	Schopnost startu ze tmy	Schopnost ostrovního provozu	Prioritní skupina
Vodní elektrárna	XYVE1	2 x 1	Ano	Ano	1
Plynová elektrárna	XYPE1	10,5	Ne	Ano	1
Spalovna odpadů	XYSO1	6	Ne	Ano	1
Plynová teplárna	XYPT1	5	Ne	Ne	-

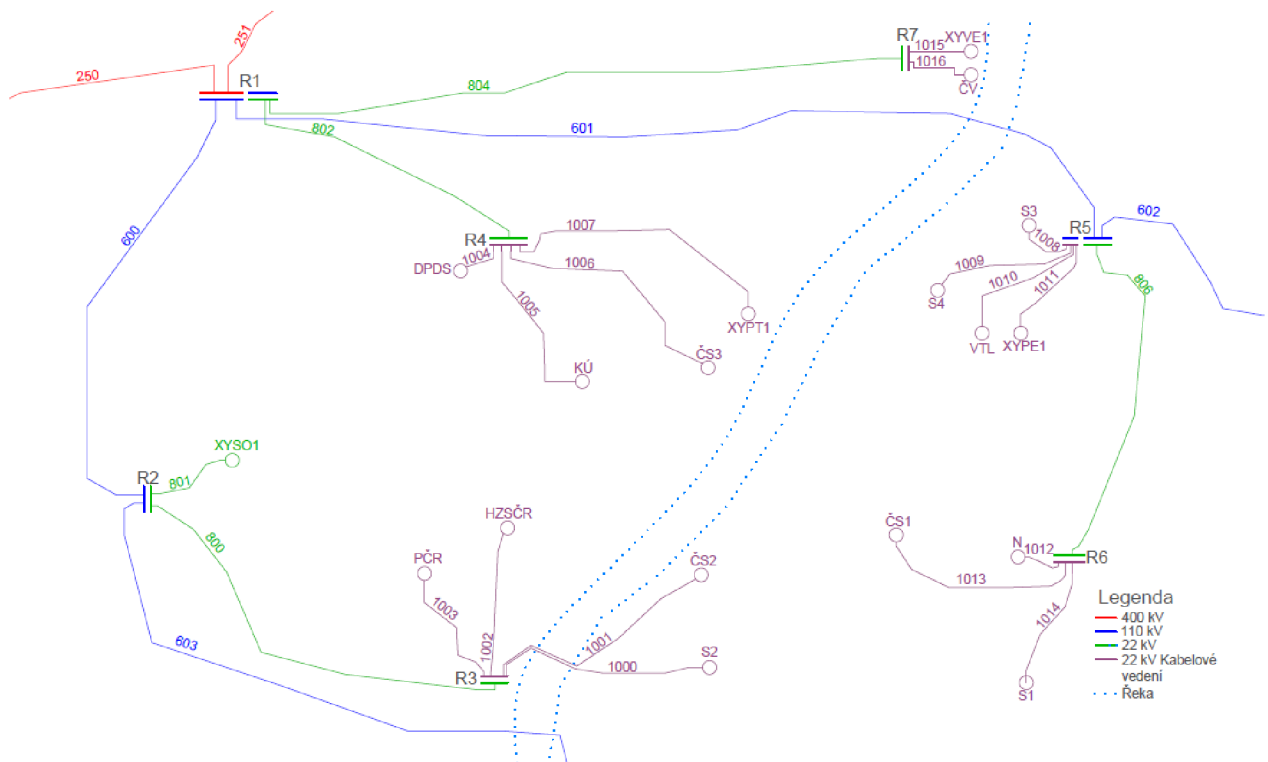
Pozn.: Plynová teplárna nespadá do prioritních skupin, protože nedisponuje schopností ostrovního provozu, a proto se nemůže podílet na výrobě elektrické energie při blackoutu.

Tabulka 6-4 Objekty sloužící k distribuci energie

Subjekt	Označení	Potřebný příkon [MW]	Prioritní skupina
Dispečink provozovatele DS	DPDS	0,5	1
Rozvodny	R1 až R7	0,5	1
VTL regulační stanice	VTL	1	1

Tabulka 6-5 Objekty s prioritní dodávkou elektrické energie

Subjekt	Označení	Potřebný příkon [MW]	Prioritní skupina
Nemocnice	N	3	1
Čerpací stanice	ČS1, ČS2 a ČS 3	3 x 0,5	2
Čistička vody	ČV	2	2
Supermarkety	S1, S2, S3 a S4	4 x 1	2
Hasičský záchranný sbor České republiky	HZSČR	2	2
Policie České republiky	PČR	1	2
Krajský úřad	KÚ	1	2



Obrázek 6-1 Mapa distribuční sítě města XYM1 a jeho okolí [vlastní]

Pozn.: Vedení 110 kV je obvykle provozováno jako okružní vedení [76]. Ovšem z důvodu větší přehlednosti není na mapě zobrazeno celé vedení 110 kV (linka 602 a 603 pokračují dále mimo obrázek).

7 POSTUP PŘI VZNIKU BLACKOUTU

V této kapitole budou chronologicky popsány jednotlivé kroky a postupy řešení pro situaci, kdy se město XYM1 ocitlo bez elektrické energie (blackout). V závěru kapitoly budou tyto kroky (především provozovatele DS) a postupy uvedeny zkráceně v tabulce, z důvodu větší přehlednosti a rychlejší orientace.

7.1 Vznik blackoutu pro scénář 1

V scénáři se pro město XYM1 uvažuje s výpadkem elektrické energie, který zapříčinil nárazový vítr. Kvůli nárazovému větru došlo na několika místech v České republice, ale i v zemích střední Evropy k poškození vedení přenosové soustavy (400 kV a 220 kV).

Díky této události dochází k narušení bilanční výkonové rovnováhy, která má za následek projevení kolísání frekvence a napětí. Na toto kolísání postupně reagují frekvenční a napěťové ochrany, které odpínají elektrárny a spotřebitele od elektrizační sítě. Postupně tedy dochází k rozpadu přenosových soustav Evropy. Toto rozpadávání následně způsobuje i bilanční kolaps na nižších hladinách napětí, díky kterému dojde postupně k odpojení všech zdrojů od elektrizační soustavy [28].

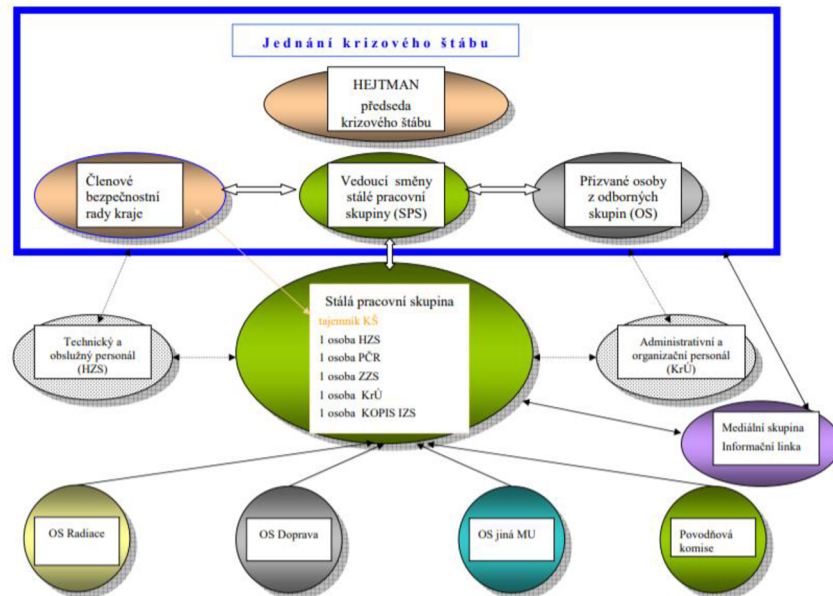
Kvůli rozpadávání přenosové sítě na celém území České republiky vyhláší provozovatel české přenosové soustavy (ČEPS) stav nouze [3][40]. Ve stavu nouze distributor vysílá pokyn k blokování nízkých tarifů pomocí HDO (hromadné dálkové ovládání) [65].

Jelikož poškození přenosových soustav zaznamenaly i sousedící země České republiky, nelze počítat s možností, kdy by Česká republika mohla na obnovení vlastní výroby použít elektrickou energii z jiných zemí (díky ENTSO-E).

Pokud ČEPS není schopen v takto rozsáhlé havárii udržet přenosovou soustavu ČR, vyhláší příslušné orgány krizový stav [3]. V tomto případě se jedná o postižené území celé České republiky, a proto krizový stav vyhláší vláda ČR [41].

Při vzniku blackoutu, jak již bylo zmíněno i v kapitole 6, je tedy velmi důležité právě vyhlášení krizového stavu. Díky vyhlášení krizové situace lze uplatnit přednostní zásobování důležitých strategických objektům (viz kapitoly 6.1, 6.2 a 6.3) [2].

Vzniklou krizovou situací řeší tzv. krizový štáb (v případě města XYM1 krajský krizový štáb), který je svolán při vyhlášení krizové situace pro celé území patřící do jeho působnosti (nebo jen pro jeho část). Krizový štáb kraje svolává hejtman kraje. Tento štáb má zejména za úkol řešit vzniklou situaci tak, aby co nejvíce zmírnil její následky, a přitom koordinoval záchranné a likvidační práce za vzniklé situace [34]. Hejtman kraje dále vyhláší krizová opatření, které určují objekty s prioritní potřebou zásobování (strategické objekty) [42]. Krizový štáb je složen z členů bezpečnostní rady kraje, členů stálé pracovní skupiny kraje a v některých případech i z přizvaných osob z odborných skupin (viz obrázek 7-1) [34]. Krizové řízení na úrovni obcí je téměř totožné, jako krizové řízení na úrovni kraje. Liší se velikostí správního území a zejména úkoly, které lze na této úrovni řešit [35]. Krizový štáb si zřizují i některé další významné firmy a instituce [36].



Obrázek 7-1 Složení krizového štábu [36]

Jak již bylo zmíněno v popisu XYM1 (viz kapitola 6), provozovatel DS odebíral většinu energie pro město XYM1 z přenosové soustavy pomocí rozvodny R1. V tomto scénáři se dále uvažuje s nejhorším možným průběhem, tzn., že žádná z lokálních elektráren nebyla před výpadkem elektrické energie v provozu, ať už z důvodu pravidelných revizí, plánovaných rekonstrukcí či náhlé poruchy. Po rozpadu přenosové soustavy se město ocitá bez elektrické energie. Dochází k celkovému ochromení města.

7.2 První okamžiky po vzniku blackoutu

Krátce po vzniku blackoutu nastává nejhorší (zlomová) situace, kdy zpravidla bývá největší potřeba sil a prostředků [43]. Od počátku bude docházet k výpadkům signálů mobilních operátorů a poskytovatelů internetu [6], a proto musí nejenom distributor elektrické energie, ale i např. krajský úřad či složky IZS, použít jiné komunikační prostředky. Jedním z takovýchto prostředků je např. satelitní telefon [54] nebo interní telefonickou síť [55]. V kapitolách níže jsou popsány jednotlivé úkony, které by jednotlivé složky měly na starost v prvních okamžicích blackoutu.

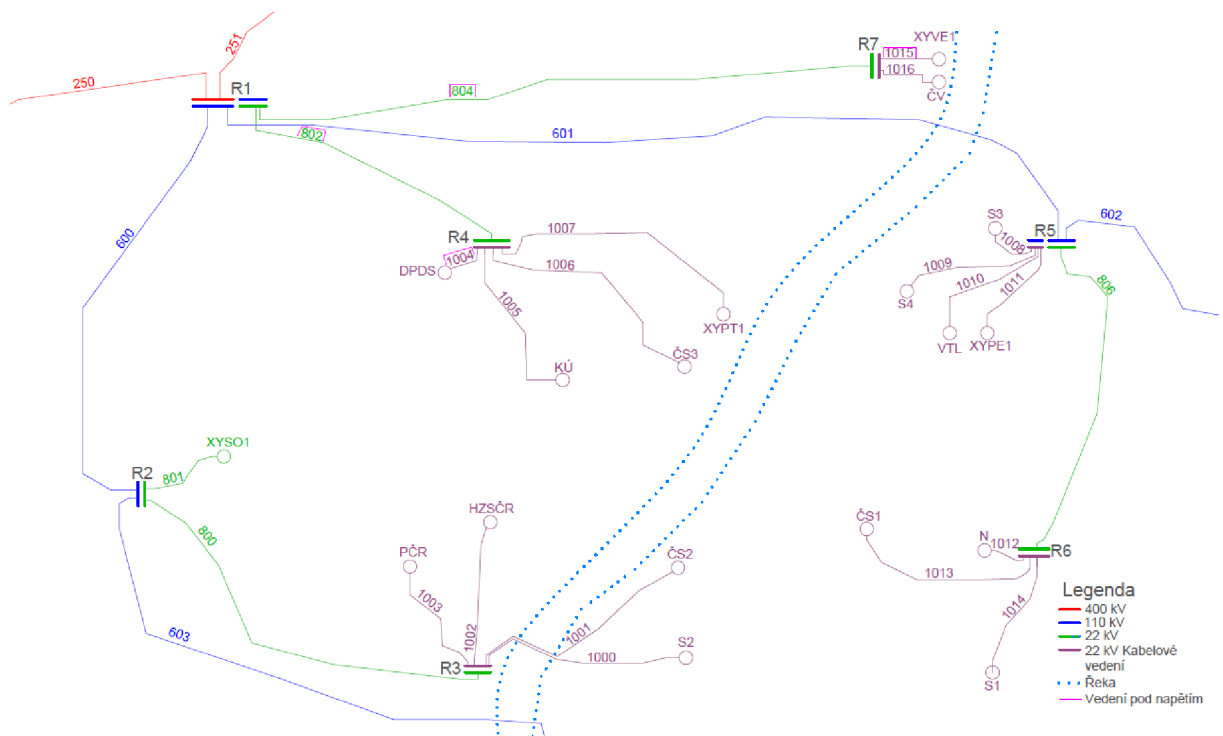
7.2.1 Krizový štáb

V prvních okamžicích je důležité seznámení KŠ o aktuální situaci a o prognóze délce výpadku elektrické energie od společnosti ČEPS. V případě XYM1 není doba výpadku nijak upřesněna (aby bylo možné vysvětlit fungování institucí při dlouhodobém výpadku). Krizový štáb v čele s hejtmánem na základě těchto informací vydává pokyny jednotlivým institucím a informuje občany o aktuálním vývoji situace.

7.2.2 Provozovatel DS

Provozovatel DS v počátku vzniku blackoutu zajišťuje napájení vlastní spotřeby dispečinku ze záložního zdroje (dieselagregát). Provozovatel DS má za úkol zprovoznit ostrovní provoz pro město XYM1, aby mohla být obnovena dodávka elektrické energie pro vlastní spotřebu dispečinku, rozvoden a dále i pro potřebu dalších objektů z prioritní skupiny č. 1 (výrobní elektrické energie, nemocnice a další).

V případě města XYM1 byly všechny výrobní elektrické energie v době výpadku elektrické energie vypnuty, a proto lze rozběhnout pouze elektrárny, která mají schopnost startu ze tmy. Klíčovým prvkem, pro obnovení dodávky elektrické energie pro město XYM1, se tedy stává vodní elektrárna XYVE1, která dostává pokyn od provozovatele DS zahájit výrobu. Elektrárna XYVE1 má totiž certifikovanou schopnost startu ze tmy. Při rozbíhání elektrárny XYVE1 začíná mít provozovatel DS postupně k dispozici elektrickou energii o výkonu až 2 MW. Pomocí zásahů v distribuční soustavě si provozovatel DS zprovozní linku na napájení vlastní spotřeby (až 0,5 MW). Tato linka povede od vodní elektrárny XYVE1 přes kabelové vedení číslo 1015 s jmenovitým napětím 22 kV do rozvodny R7. Z této rozvodny povede následně do rozvodny R1 přes venkovní vedení číslo 804 s jmenovitým napětím 22 kV. Z rozvodny R1 bude tato energie přeměrována do rozvodny R4, díky venkovnímu vedení číslo 802 s jmenovitým napětím 22 kV. A nakonec z rozvodny R4 bude linka vést do odbočky pro DPDS přes kabelové vedení číslo 1004 s jmenovitým napětím 22 kV (viz obrázek 7-2). U připojování dalších objektů nebude již z důvodu přehlednosti popisována linka, po které se přivede elektrická energie do jednotlivých objektů. Vedení, přes která linka povede, budou pro každý další zapojený objekt vyznačeny v obrázkové příloze.



Obrázek 7-2 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, připojení DPDS k elektrárně XYVE1 [vlastní]

Rozvodny R1, R7 a R4, které se podílejí na přesměrování elektrické energie z elektrárny XYVE1 do DPDS, si odebírají část elektrické energie pro svou vlastní spotřebu. Obdobným způsobem si provozovatel DS obnoví napájení i u zbylých rozvoden (R2, R3, R5 a R6, viz obrázek 10-1).

Část vyrobené elektrické energie v elektrárně XYVE1 je tedy spotřebovávána k napájení vlastní spotřeby provozovatele DS (0,5 MW pro dispečink a celkem 0,5 MW pro rozvodny). Díky zajištění vlastního napájení již dispečink nepotřebuje k zásahům v distribuční síti elektrickou energii vyrobenou náhradním zdrojem, a proto může tento zdroj dočasně pozastavit, kvůli šetření pohonných hmot.

Zbylá část elektrické energie (cca 1 MW), kterou může elektrárna XYVE1 vyrobit, je pomocí zásahů v distribuční soustavě (viz obrázek 10-2) přesměrována k rozběhnutí dalšího zdroje elektrické energie, kterým je přednostně plynová elektrárna XYPE1 (z důvodu rozběhu během několika minut [66]). Tato elektrárna je po úplném najetí schopna dodávat výkon až 10,5 MW. Díky výkonu, který je schopna XYPE1 po rozběhnutí dodávat, činí distributor další zásahy do distribuční soustavy tak, že část výkonu dodávaného elektrárnou XYPE1 je použita na rozběhnutí spalovny odpadů XYSO1 (viz obrázek 10-3). Další část energie (až 3 MW) je použita na napájení nemocnice (viz obrázek 10-4) a následně i na napájení VTL stanice (viz obrázek 10-5). Po úplném rozjetí spalovny XYSO1 má distributor k dispozici další zdroj elektrické energie o výkonu až 6MW. Tímto krokem zajistil distributor rozběhnutí a zároveň i napájení všech objektů v prioritní skupině 1.

Energetická bilance v prioritní skupině 1:

Výkon, který jsou schopny výroby dodat po úplném rozjetí:	18,5 MW
Distributor elektrické energie:	1 MW
Fakultní nemocnice:	3 MW
VTL stanice:	1MW
Zbýlý dostupný výkon:	13,5 MW

Zbýlý dostupný výkon následně provozovatel DS přerozděluje mezi objekty v prioritní skupině 2. Postupně tedy distributor připojuje další úseky vedení a další odbočky podle tabulky 6-2. V první řadě dojde k obnovení dodávky elektrické energie pro čerpací stanice, zejména pro čerpací stanici ČS1, která má smluvně dohodnuté přednostní zásobování pro nemocnici. Po této stanici následují i zbylé stanice, a to ČS2 A ČS 3 (celkem 3 x 0,5 MW), následuje připojení čističky vody (2 MW), supermarkety S1, S2, S3 a S4 (celkem 4 x 1 MW), HZSČR, KÚ a v neposlední řadě i PČR.

Pozn.: Všechny tyto kroky jsou zobrazeny v obrázkové příloze od obrázku 10-6 až po obrázek 10-11.

Energetická bilance v prioritní skupině 2:

Zbýlý dostupný výkon:	13,5 MW
Čerpací stanice (ČS1, ČS2 A ČS3):	3 x 0,5 MW
Čistička vody:	2 MW
Supermarkety (S1, S2, S3 a S4):	4 x 1 MW
HZSČR:	2 MW
KÚ:	1 MW
PČR:	1 MW
Zbýlý dostupný výkon pro objekty s nižší prioritou:	2 MW

Z těchto výpočtů je patrné, že distributorovi po obnově napájení všech objektů z prioritních skupin 1 a 2 zbývá ještě cca 2 MW dostupného výkonu. Tyto objekty nicméně nebudou neustále (24 hodin denně) potřebovat uvedený příkon.

V případě, kdy bude spotřeba těchto strategických objektů menší než vyrobená energie z elektráren, není potřeba manipulovat s výkonem elektráren, ale zbylý výkon je možné připojit na další linky s méně prioritními odběry (ostatní strategické budovy), podle opatření KŠ. Dispečink distributora dále zajišťuje regulaci frekvence, napětí a zajišťuje spolupráci s výrobny elektrické energie [68]

7.2.3 IZS

Právě v oblasti integrovaného záchranného systému by byl v prvních okamžicích největší nárok na prostředky a na počet zasahujících osob. Při náhlém výpadku elektrické energie by všechny složky IZS (zejména Hasičský záchranný sbor) v první fázi zahájily záchranné a likvidační práce jako vyproštění lidí z výtahů, elektronických závor, vyproštění lidí v uzavřených nákupních centrech [43] nebo v jiných objektech, kde by mohlo dojít vlivem výpadku elektrické energie k zablokování vstupních a výstupních dveří. Nezbytné by bylo i vyproštění lidí, kteří uvízli v prostředcích hromadné dopravy poháněné elektrickou energií (tramvaj, vlaky).

Příslušníci policie ČR mají za úkol řídit provoz na frekventovaných křižovatkách po výpadku světelné signalizace [44] a dále zajišťují bezpečnost a pořádek při evakuacích a ochranu objektů či doprovody logistických a evakuačních kolon. V případě velkých nepokojů mohou být ze zákona posíleny Armádou České republiky [43].

Jednotky ZZS by v této chvíli řešily pouze akutní případy. V případě, kdy by sousední kraje nebyly zasaženy blackoutem, řešili by ZZS částečnou evakuaci pacientů do okolních nepostížených nemocnic [43].

Všechny vyjmenované složky IZS v městě XYM1 jsou vybaveny náhradními zdroji elektrické energie, které ihned po vzniku výpadku energie začnou sami vyrábět elektrickou energii, která umožní jednotlivým složkám IZS vykonávat svoji činnost, dokud jim distributor elektrické energie neobnoví napájení z distribuční sítě. Fakultní nemocnice se řadí do prioritní skupiny 1, a proto má nárok na dřívější obnovení elektrické energie než zbylé složky IZS.

V případě, kdy nebude možné obnovit napájení elektrickou energií, je potřeba zajistit zásobování dieselagregátů pohonnými hmotami.

7.3 Pokračování blackoutu

Po obnovení dodávek elektrické energie do všech objektů v prioritních skupině 2 může distributor, jak již bylo zmíněno, použít tento „přebytečný“ výkon na napájení objektů s nižší prioritou na základě rozhodnutí KŠ. V případě, že dojde k nečekané poruše (např. na vedení), která by měla za následek snížení vyráběného výkonu v elektrárnách, musí distributor naopak postupně odpojovat objekty z prioritní skupiny 2. Pokud by nedošlo k žádné nečekané poruše, tak by tato situace (napájení pouze významných objektů) pokračovala buď do doby, než by ČEPS znovu nezprovoznil dodávku elektrické energie, nebo do páteho dne, kdy by nešlo stoprocentně zajistit svoz komunálního odpadu, který by doplňoval zásoby pro spalovnu XYSO1. Po pěti dnech by tedy bylo nutné počítat se snížením dodávaného výkonu z elektráren o 6 MW.

V tu chvíli by měl provozovatel DS k dispozici výkon pouze 12,5 MW. Tento výkon by stačil jak na napájení objektů z prioritní skupiny 1 (5 MW viz tabulka 6-1), tak i na část objektů z prioritní skupiny 2. Z prioritní skupiny 2 by provozovatel DS napájel pouze čerpací stanice (celkem 1,5 MW), čistírnu vody (2 MW) a supermarkety (celkem 4 MW). Právě zajištění provozu čerpacích stanic je klíčové pro ostatní instituce (HZSČR, KÚ a PČR). Tyto instituce totiž vlastní dieselagregát, díky kterému by byly schopny vykonávat svoji činnost i bez elektrické energie dodané z DS, ale pouze v případě, že by byly zásobovány pohonnými hmotami.

Pokud by nedošlo k žádné nečekané poruše, pokračoval by tento stav do doby, než by ČEPS zprovoznil dodávku elektrické energie z přenosové soustavy.

7.4 Shrnutí postupu

V tabulce 7-1 jsou zkráceně a chronologicky sepsány jednotlivé kroky, které již byly zmíněny v kapitolách výše.

Tabulka 7-1 Přehled jednotlivých vykonaných kroků od počátku blackoutu

Činnost
- Větrná smršť poničila vedení - Dochází ke kolísání frekvence
-Dochází k rozpadávání přenosové soustavy ČR na jednotlivé ostrovní provozy -ČEPS vyhláší stav nouze -Distributor vysílá pokyn pro blokování nízkých tarifů (odlehčení sítě)
-Svolání KŠ, vyhlášení krizového stavu
-Město se ocitá bez elektrické energie -Rozběhnutí záložních zdrojů elektrické energie
-Dochází k výpadkům mobilní sítě -Přechod na satelitní telefony a interní telefonickou síť -Zahájení záchranných a likvidačních prací (vyprošťování lidí z výtahů apod.) -PČR zahajuje řízení frekventovaných křižovatek -Distributor vydává pokyn k najezení elektrárny XYVE1 (2 MW)
-Po rozjetí XYVE1 vytváří distributor linku z XYVE1, která mu bude zajišťovat napájení vlastní spotřeby.
-Po zajištění vlastní spotřeby vytyčuje distributor další linku pro rozběhnutí další elektrárny XYPE1 (10 MW)
-Po rozjetí XYPE1 vytváří provozovatel DS linku pro rozběhnutí poslední lokální elektrárny XYSO1 (rozběh v řádu hodin) + vytváří linku pro napájení fakultní nemocnice (3 MW) + vytváří linku pro napájení VTL regulační stanice (1 MW)
-Po úplném rozběhnutí XYSO1 má distributor k dispozici výkon 18 MW, což je dostatečný výkon pro postupné obnovení dodávky elektrické energie u všech prioritních objektů ve skupině 2 -Provozovatel DS postupně připojuje objekty ve skupině 2 (ČS, ČV, supermarket, HZŠČR, KÚ a PČR)
-Po zajištění dodávky elektrické energie i do prioritních objektů ve skupině 2 může provozovatel DS zbylý výkon přerozdělit mezi méně významné objekty na základě rozhodnutí KŠ
-Pokud nedojde k obnově napájení elektrické energie z přenosové soustavy, dochází po pěti dnech k vyčerpání zásob odpadu ve XYSO1, provozovatel DS přichází o výkon 6 MW -Kvůli snížení (na 12 MW) dodávaného výkonu z výroby je provozovatel DS nucen odpojovat i některé objekty z prioritní skupiny 2. Ze skupiny 2 zůstanou napájeny pouze ČS, ČV a supermarket
-Zbylé objekty (HZČR, KÚ a PČR) najíždí na svůj záložní zdroj (dieselagregát) -Při zajištění zásobování pohonnými hmotami jsou tyto instituce schopny pracovat i bez elektrické energie dodané z DS
-Pokud nedojde k nečekané poruše, pokračuje tento stav, dokud ČEPS neobnoví dodávku elektrické energie z přenosové soustavy

8 NÁVRH DOPORUČENÍ

Krizový postup, který byl uveden v kapitolách výše, počítá pouze s „dokonalým“ průběhem blackoutu, tzn. že ani na počátku ani v průběhu blackoutu nedošlo k poškození žádného vedení, rozvoden či dokonce výroben v DS. Pokud by vlivem nárazových větrů došlo např. i k poškození vedení číslo 804 o jmenovitém napětí 22 kV, které spojuje výrobnu XYVE1 s ostatními elektrárny, nemohl by provozovatel DS vytvořit OP, jelikož žádná jiná elektrárna nedisponuje schopností startu ze tmy a při vzniku blackoutu nebyla ani žádná jiná elektrárna v provozu. Pokud by např. XYVE1 byla v době blackoutu v provozu, spadla by do „svého“ OP, kde by si sama zajišťovala napájení vlastní spotřeby a poté by šlo pomocí této elektrárny rozběhnout i výrobnu XYSO1. Toto vedení je tedy spolu s rozvodnou R7 a samotnou elektrárnou XYVE1 velmi významné z pohledu výpadků elektrické energie. Provozovateli DS se v tuto chvíli nabízí pár řešení, aby zmenšil šanci, kdy nebude mít možnost v případě blackoutu zprovoznit OP.

Vzhledem k topologii DS města XYM1 se jako jedno řešení jeví výstavba nového vedení, které by zajišťovalo spojení elektrárny XYVE1 se zbytkem distribuční soustavy v případech, kdy by došlo k poškození již zmiňovaného vedení číslo 804. Toto nové vedení (o jmenovitém napětí 22 kV) by mohlo vést například od rozvodny R7 k rozvodně R5. Díky tomu by šlo v případě potřeby „obejít“ poškozené vedení číslo 804 přes vedení číslo 601 s jmenovitým napětím 110 kV. Toto řešení je však značně komplikované, kvůli vlastnictvím pozemků, přes které by vedení procházelo.

V neposlední řadě se jeví jako řešení i možnost dovybavit dieselaagregátem (a dalším nezbytným vybavením) některou ze zbylých elektráren, které disponují schopností OP (XYVE1 a XYSO1). Tento dieselaagregát by propůjčoval elektrárně schopnost startu ze tmy, a proto by provozovatel DS nebyl již závislý, v případě blackoutu, pouze na elektrárně XYVE1.

Další řešení je i možnost dovybavit výrobnu XYPT1, která nedisponuje ani schopností startu ze tmy a ani schopností OP. Toto řešení by bylo ovšem výrazně dražší než předchozí řešení, nicméně výhodou tohoto řešení je, že by měl provozovatel DS v případě blackoutu další zdroj elektrické energie o výkonu 5 MW, díky čemuž by mohl napájet více strategicky významných objektů.

Z těchto zmíněných řešení vychází ekonomicky nejlépe řešení, kdy by provozovatel DS dovybavil buď výrobnu XYVE1 nebo XYSO1 záložním dieselaagregátem (spolu s dalším potřebným vybavením), který by poskytl elektrárně schopnost startu ze tmy, čímž by měl provozovatel DS druhý zdroj, díky kterému by mohl vytvořit OP i v případě, že by nebyly žádné elektrárny v době vzniku blackoutu v provozu.

Optimální řešení pro provozovatele DS by zahrnovalo všechny tři výše zmíněné řešení:

- Výstavba nového vedení, které by zajišťovalo propojení elektrárny XYVE1 s DS
- Pořízení dieselaagregátů (a dalšího potřebného vybavení) pro elektrárny XYVE1 a XYSO1, které by zajišťovali schopnost startu ze tmy
- Dovybavit výrobnu XYPT1 pro možnost OP současně s pořízením dieselaagregátů pro zajištění schopnosti startu ze tmy

Toto řešení by ovšem bylo pro provozovatele DS velice nákladné a nerentabilní.

9 ZÁVĚR

Bakalářská práce s názvem „Modelový příklad krizového scénáře pro rozsáhlý výpadek elektrické energie“ měla za cíl ukázat následky, které by způsobil rozsáhlý výpadek elektrické energie (blackout) na vytvořené fiktivní město spolu s postupy, jakým by tato situace byla řešena jak z pohledu strategický významných objektů jako IZS, tak zejména z pohledu provozovatele distribuční soustavy.

V dnešní moderní době si téměř nikdo z nás neumí představit život bez elektrické energie. Elektrická energie totiž představuje nedílnou součást každodenního života. Spousta z nás si představuje, že při výpadku elektrické energie nebudou fungovat žádné domácí spotřebiče jako jsou televize, počítač či mikrovlnná trouba. Tato myšlenka je pochopitelně správná, nicméně pod následky blackoutu si nelze představit pouze domácí spotřebiče. V prvních minutách by docházelo k výpadkům mobilní a internetové sítě a k velkým dopravním komplikacím (z důvodu výpadku dopravní signalizace). Při déle trvajícím výpadku by přestali fungovat i věci, které pokládáme za samozřejmé, jako je např. tekoucí pitná voda z kohoutku nebo v zimních měsících dodávka tepla z teplárny. Celkově by se tedy jednalo o ochromení téměř všech

V posledních letech je riziko blackoutu stále více a více řešené téma, jelikož i díky modernizacím, které se postupně zavádí v elektroenergetice, se objevují nové hrozby, mezi které se řadí např. hackerské útoky na jednotlivé prvky sítě. V Ukrajině byl zaznamenán hackerský útok, který zapříčinil výpadek elektrické energie pro cca 700 000 lidí na několik hodin. Zvyšováním rezistentnosti jednotlivých prvků sítě proti hackerským útokům se zabývá tzv. kybernetická ochrana.

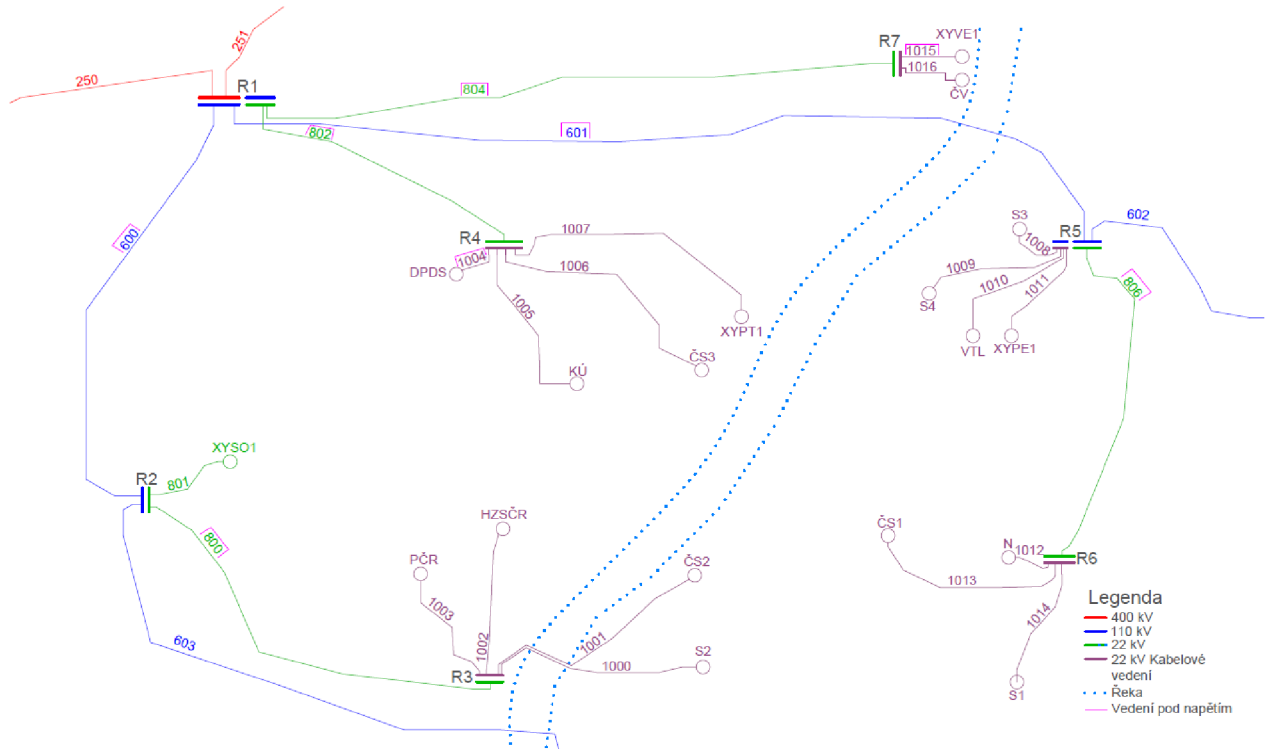
Dokonce i v České republice je hrozba blackoutu stále aktuálnější téma. Za tuto hrozbu můžou v posledních letech převážně velké toky energie z Německa, které nemá dostatečně vybudovanou přenosovou soustavu na to, aby dokázalo přenést velkou energii, které je vyráběna na severu země (větrné elektrárny), do jižní části země. Z tohoto důvodu byly na hranicích s Německem vybudované transformátory s řízeným posuvem fáze (tzv. PST). Tyto transformátory mohou pomocí změny fázového úhlu regulovat množství elektrické energie, která k nám proudí z Německa. Tyto transformátory jsou tedy do značné míry schopné zmenšovat toky energie z Německa, které by ohrožovaly naši soustavu. Hrozba blackoutu ovšem nemusí přijít jenom ze sousedního Německa. Česká republika má totiž propojenou přenosovou soustavu i s dalšími sousedními zeměmi (ČR je součástí ENTSO-E), díky čemuž by se mohly šířit výkyvy mezi výrobou a spotřebou i z jiných sousedních zemí (např. Polsko či Slovensko). Tyto výkyvy by mohly v nejhorším případě zapříčinit i rozpad naší přenosové soustavy, až na jednotlivé ostrovní provozy

S touto situací je uvažováno ve výchozím scénáři pro vytvořené fiktivní město. Průběh blackoutu na fiktivním město ukázal zejména důležitost podpůrných služeb elektráren, jako je schopnost ostrovního provozu a schopnost startu ze tmy. Ostrovní provoz vytvořeného města ukázal i důležitost rozdělení objektů do prioritních skupin. Lokální zdroje totiž nejsou schopny pokrýt ani poloviční potřebu města, a proto je potřeba vybrat objekty, jejichž nefunkčnost by v případě blackoutu mohla zapříčinit ztrátu na životech či velké hospodářské škody. Díky tomuto výběru může provozovatel distribuční soustavy provádět zásahy v distribuční soustavě tak, aby umožnil napájení elektrickou energií pouze pro vybrané objekty (např. nemocnice či jednotky IZS).

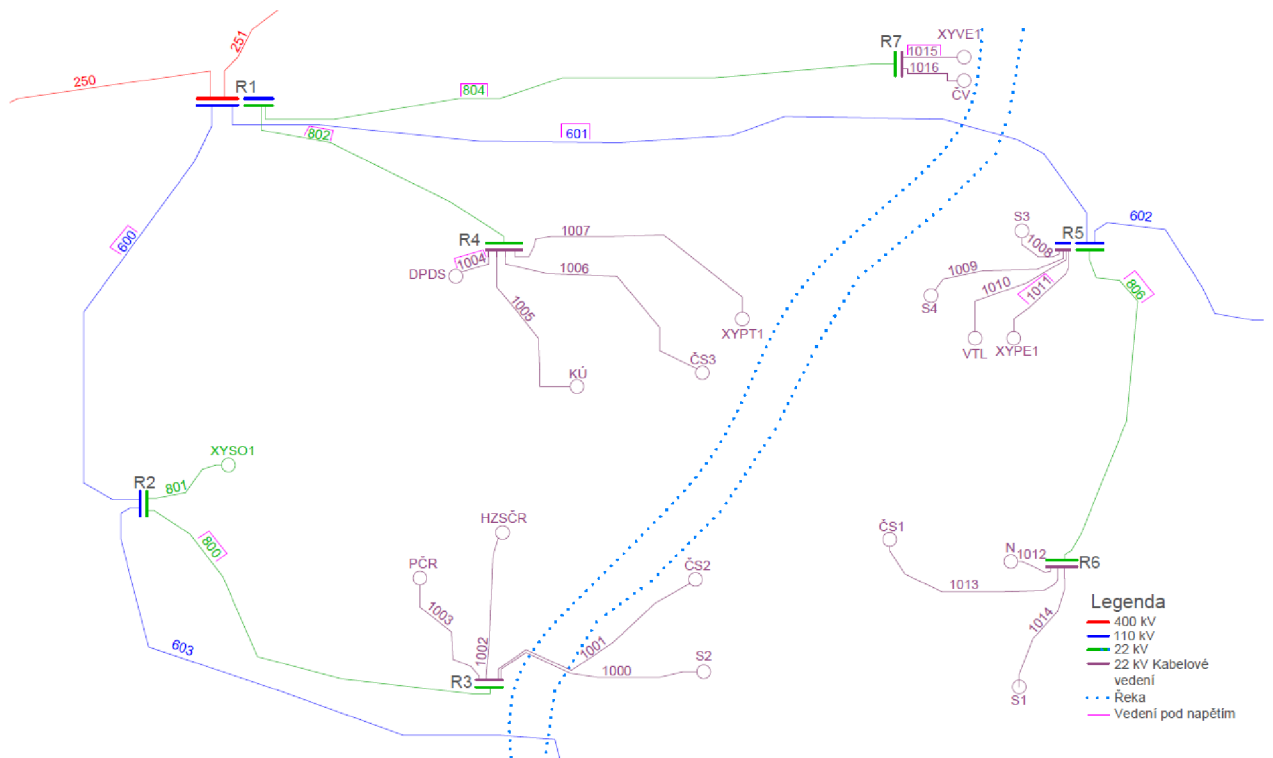
Ostrovní provoz ukázal rovněž i nedostatky DS, jakou je např vodní elektrárna XYVE1, která jako jediná z lokálních zdrojů má certifikovanou schopnost startu ze tmy. V případě, kdy by došlo k poškození této elektrárny, či vedení, které ji spojuje s ostatními částmi DS, přišel by provozovatel DS o možnost vytvoření ostrovního provozu ze tmy (situace, kdy by žádná z lokálních elektráren nebyla v provozu v době vzniku blackoutu). Tento problém by mohl provozovatel DS vyřešit například dovybavením ostatních elektráren tak, aby i ony získali schopnost startu ze tmy.

Problematika okolo blackoutů vychází v České republice pouze ze zkušeností ze zahraničí a v posledních letech i ze zkušeností, které byly nabity při krajských cvičení, zaměřených na připravenost proti blackoutu. I přes tyto cvičení se dá předpokládat, že teprve skutečný blackout prověří připravenost nejenom jednotlivých složek, které se podílejí na minimalizaci dopadů blackoutů, ale i připravenost občanů České republiky.

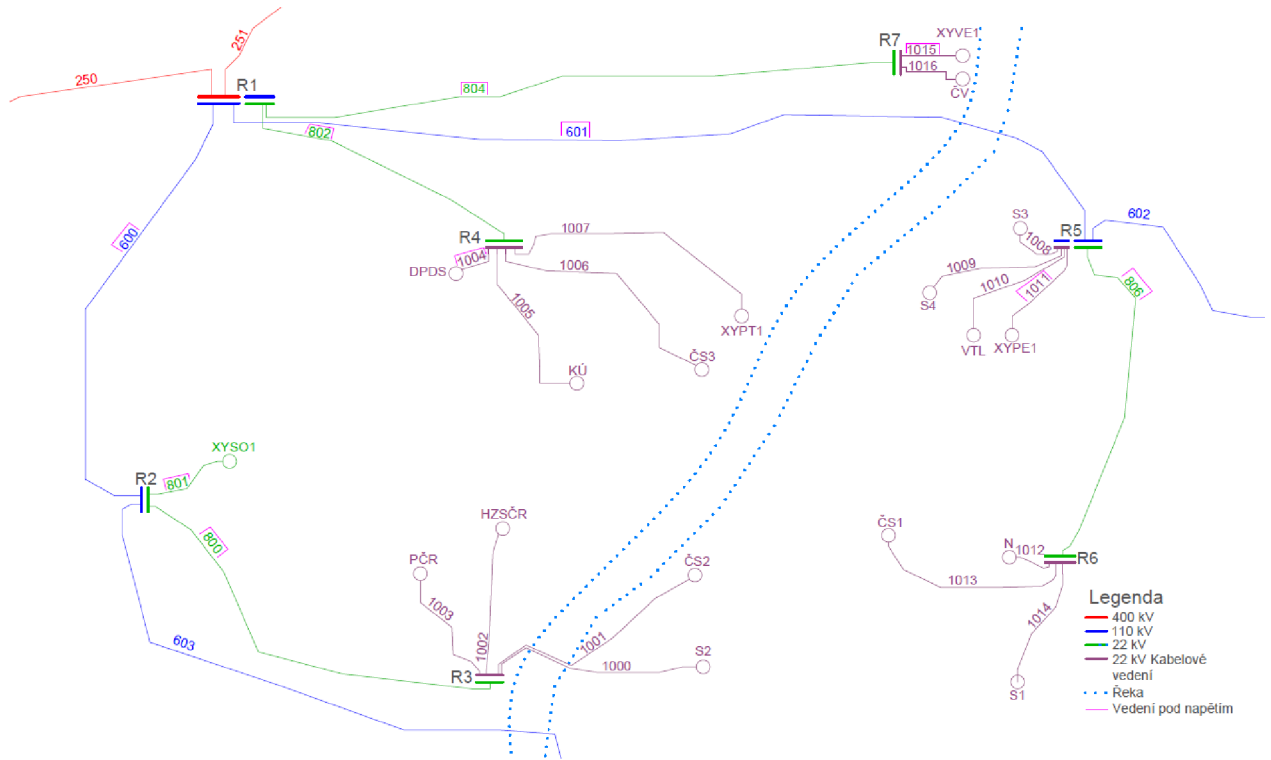
10 OBRÁZKOVÁ PŘÍLOHA



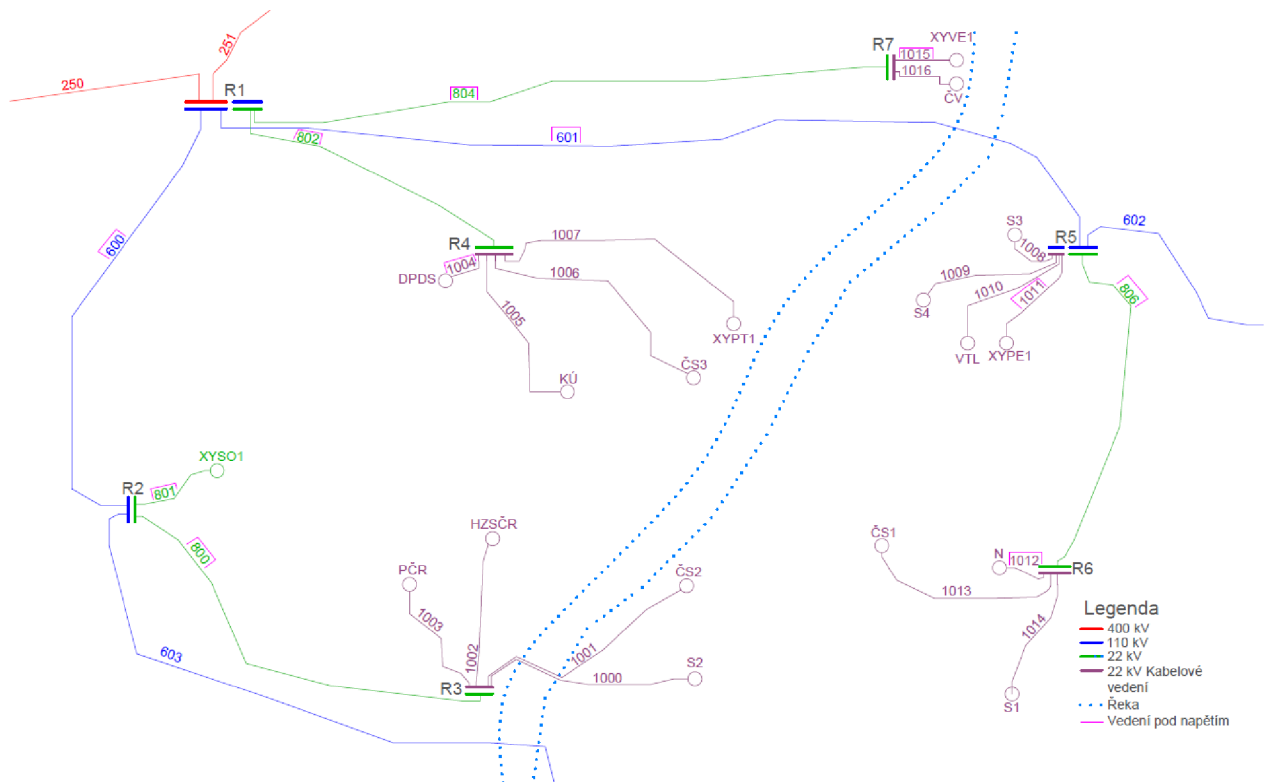
Obrázek 10-1 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovění napájení rozveden R2, R3, R5 a R6 [vlastní]



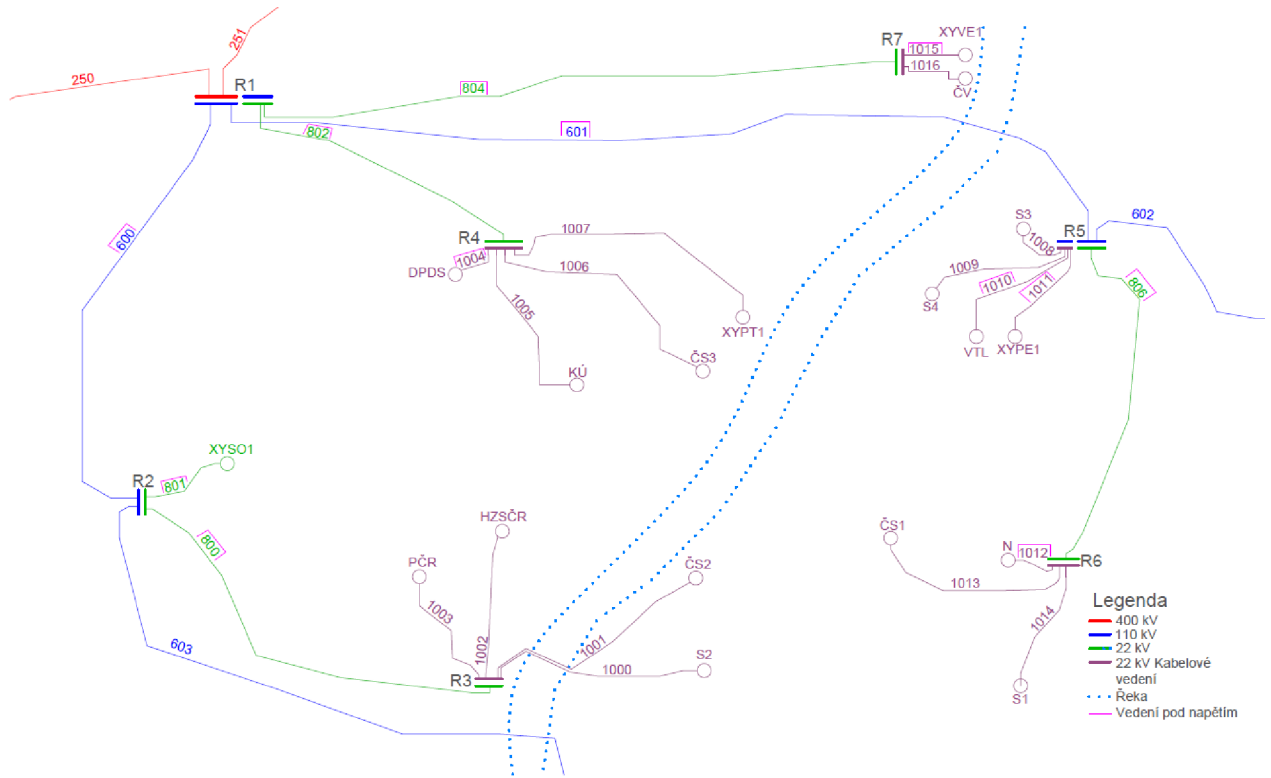
Obrázek 10-2 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovění napájení pro rozběhnutí elektrárny XYPE1 [vlastní]



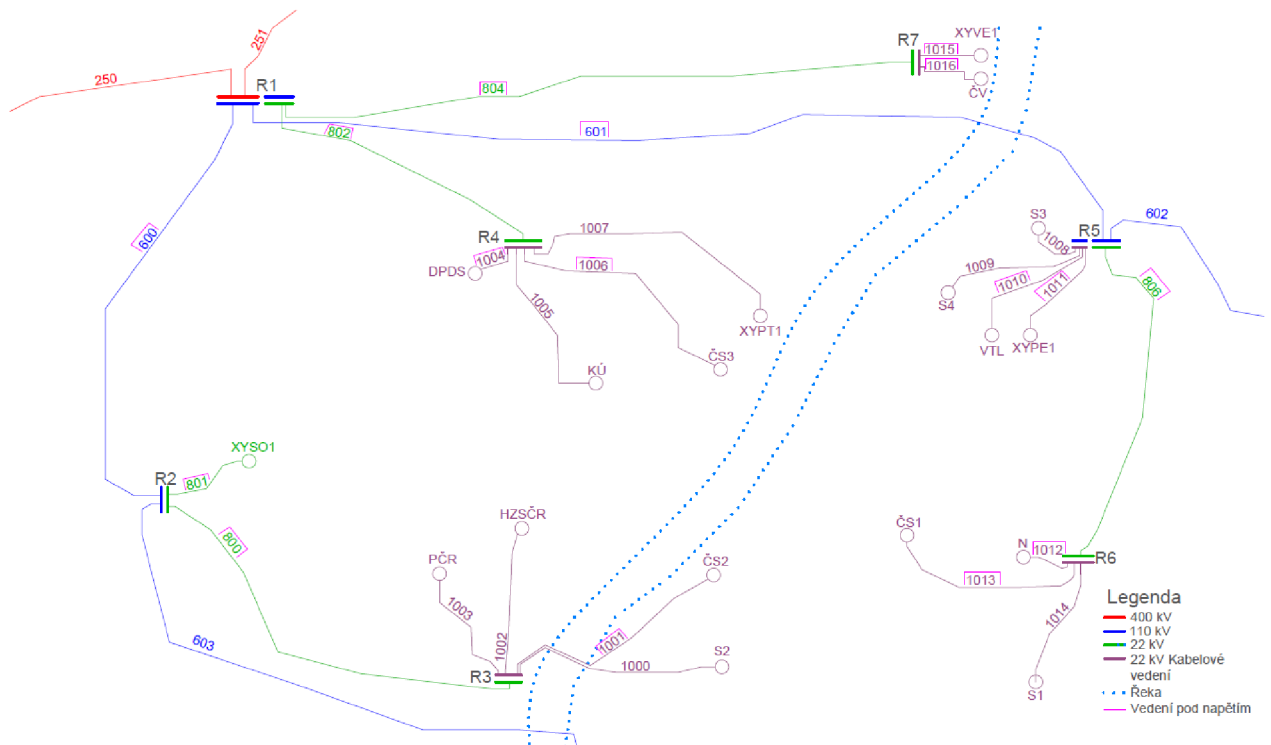
Obrázek 10-3 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovu napájení pro rozběh spalovny odpadu XYSO1 [vlastní]



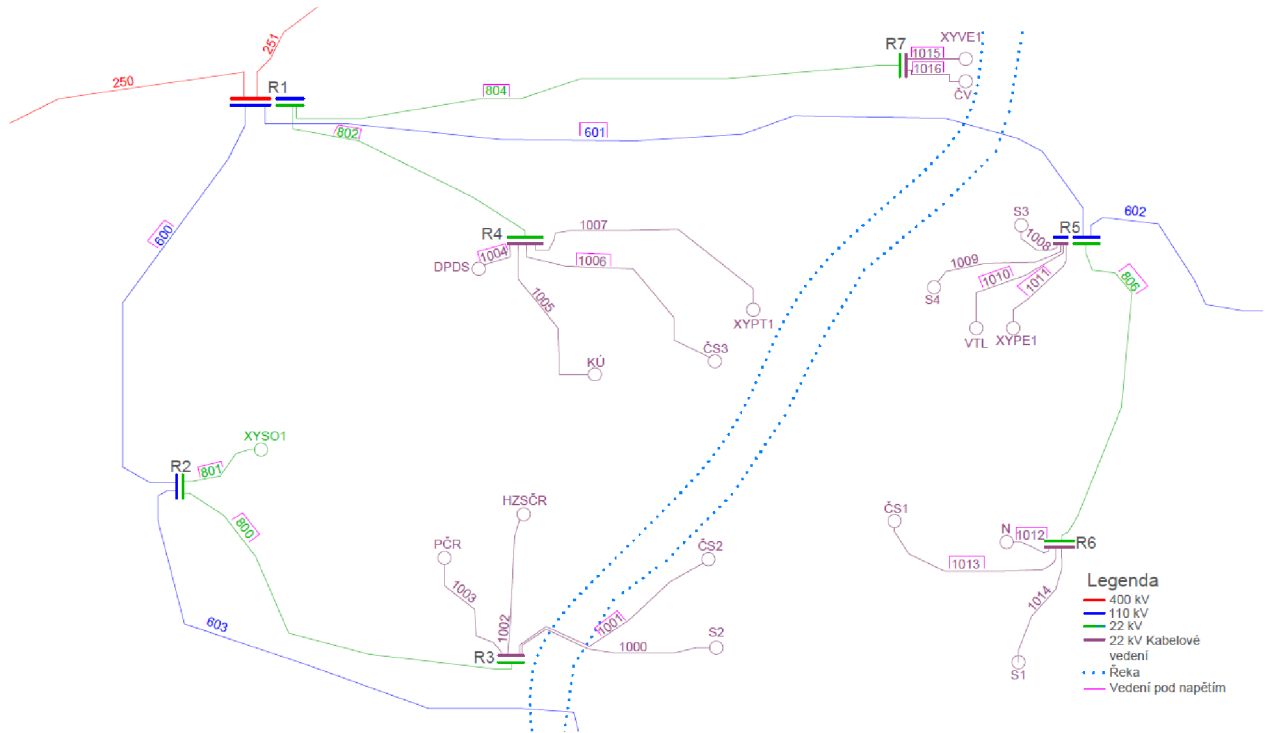
Obrázek 10-4 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovu napájení pro nemocnici [vlastní]



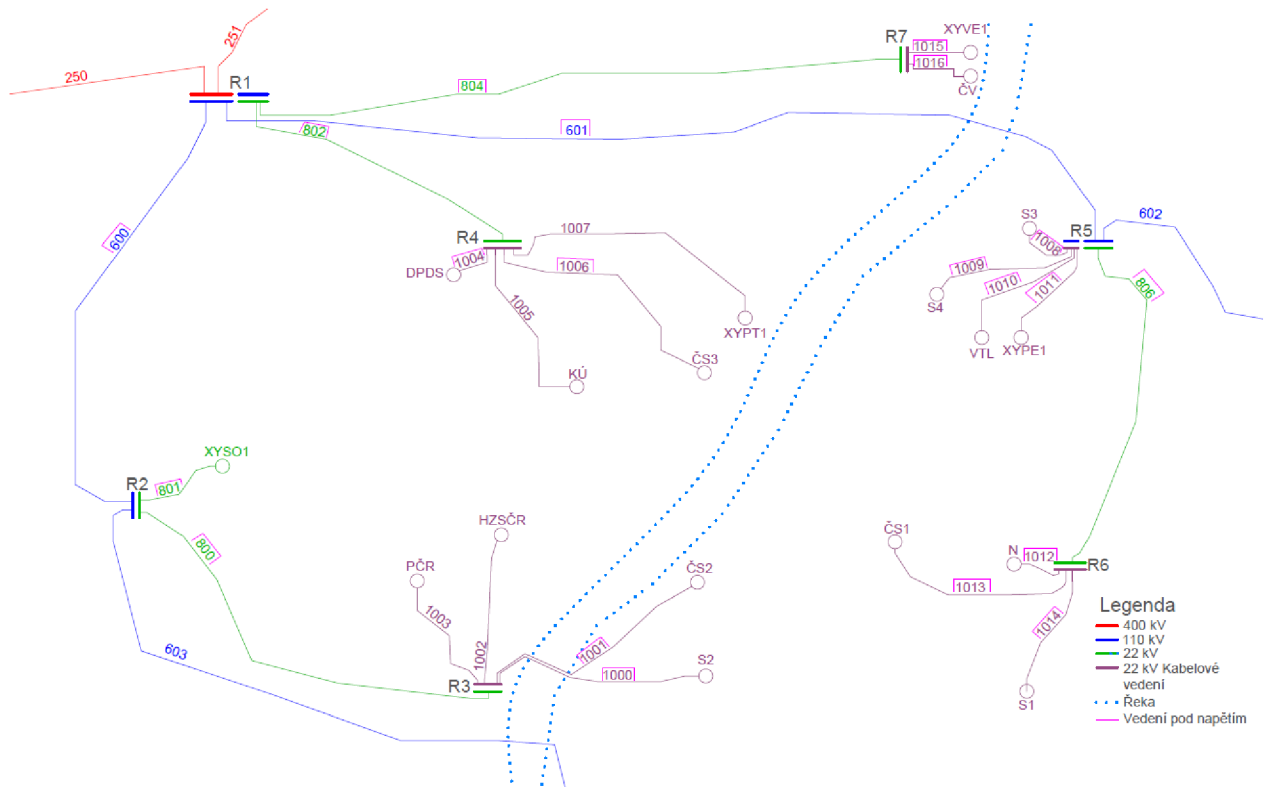
Obrázek 10-5 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovění napájení pro VTL regulační stanici [vlastní]



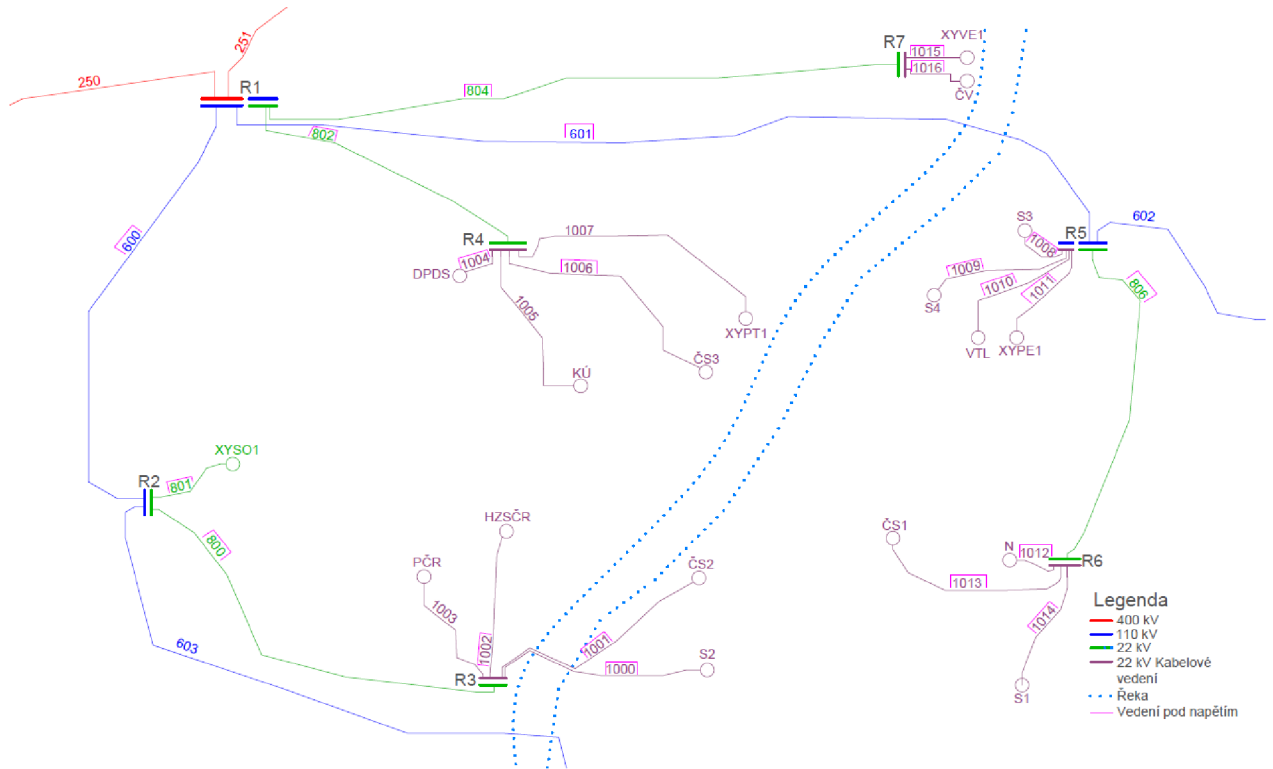
Obrázek 10-6 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovění napájení pro čerpací stanice ČS1, ČS2 a ČS3 [vlastní]



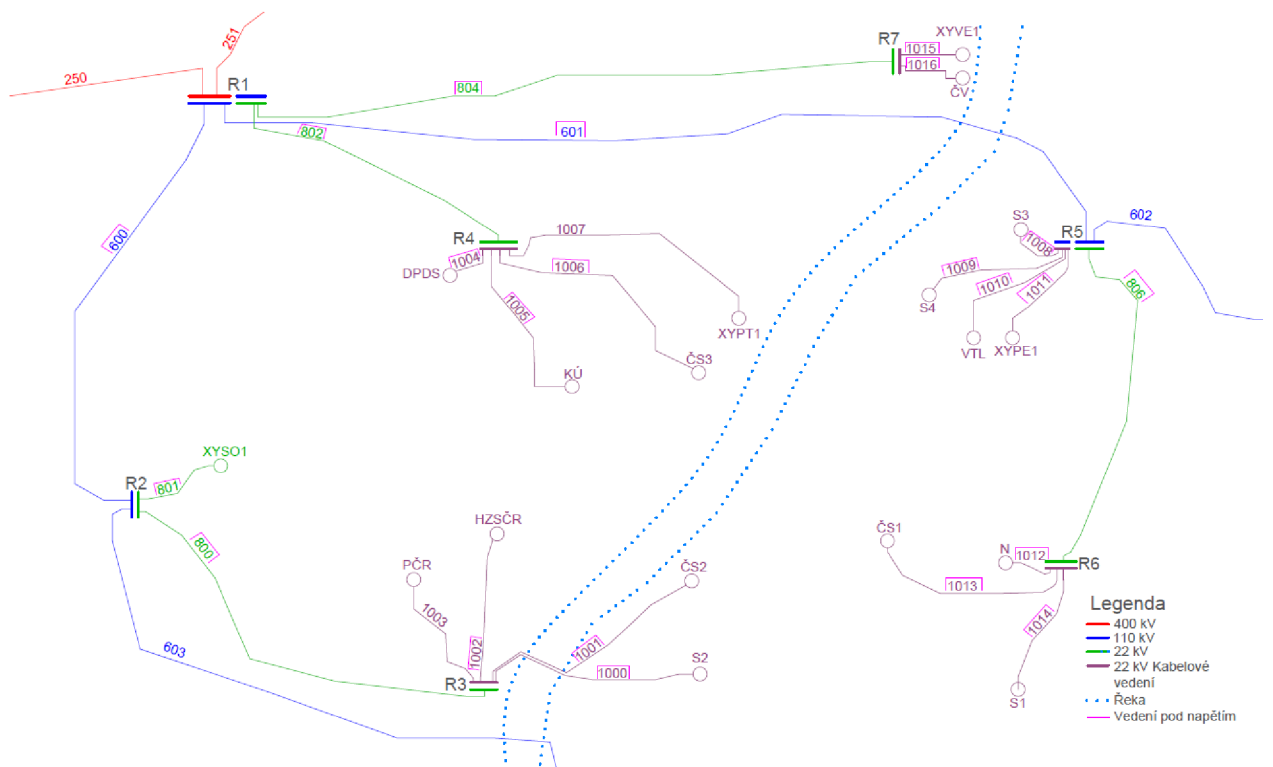
Obrázek 10-7 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovění napájení pro ČV [vlastní]



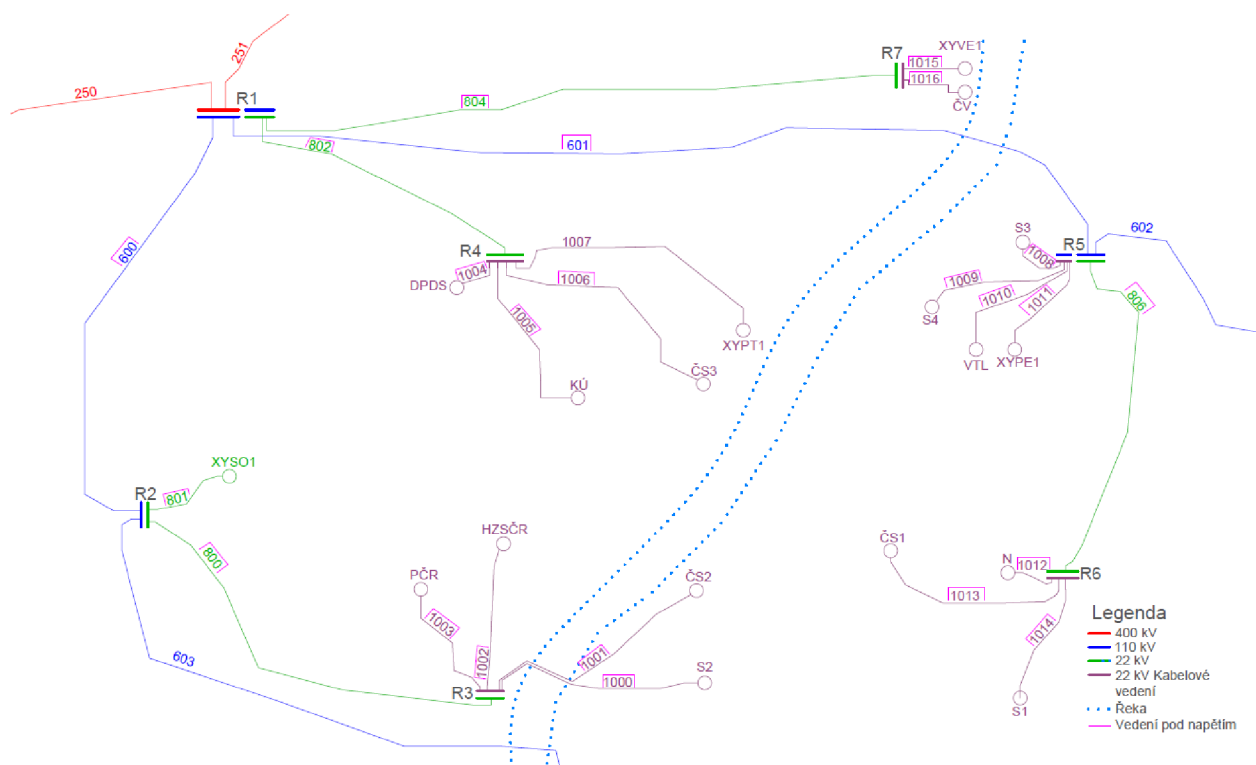
Obrázek 10-8 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovění napájení pro supermarkety S1 až S4 [vlastní]



Obrázek 10-9 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro HZSČR [vlastní]



Obrázek 10-10 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro KÚ [vlastní]



Obrázek 10-11 Distribuční mapa města XYM1 a jeho okolí, obnovení napájení pro PČR [vlastní]

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ŘEHÁK, PH.D., doc. Ing. David, Ing. Jaroslav CÍGLER, Ing. Pavel NĚMEC a Ing. LIBOR HADÁČEK. *Kritická infrastruktura elektroenergetiky-určování, posuzování a ochrana*. Ostrava, 2013. ISBN 978-80-7385-126-2.
- [2] *Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)*. In: . ročník 2000, číslo 240. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240?text=Krizov%C3%BD+z%C3%A1kon>
- [3] *Typový plán narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu*. In: . Praha, 2018. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/dokument35638.html>
- [4] BREHOVSKÁ, Lenka. *Blackout* [online]. 28.3.2011 [cit. 2019-12-20]. Dostupné z: <https://kont.zsf.jcu.cz/pdfs/knt/2011/01/14.pdf>
- [5] MARTINOVSKÝ, Petr. *Energetický blackout*. Praha: Ekopress, 2013.
- [6] *Rady pro občany-Blackout* [online]. [cit. 2019-12-20]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/navody/rady-pro-obcany-blackout>
- [7] *Blackout #2: Jaké jsou příčiny vzniku blackoutu?* [online]. 2015 [cit. 2019-12-20]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/blackout-2-jake-jsou-priciny-vzniku-blackoutu>
- [8] KUKAL, Zdeněk a Karel POŠMOURNÝ. *Přírodní katastrofy a rizika: Příspěvek geologie k ochraně lidí a krajiny před přírodními katastrofami*. Praha, 2005. ISSN 1213-3393.
- [9] *Větrná smršť* [online]. 2019 [cit. 2019-12-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1_smr%C5%A1%C5%A5#cite_note-1
- [10] SMEJKAL, Petr. *Víte, jak dlouho vydrží lidské tělo bez jídla, vody a spánku?* [online]. 22.10.2019 [cit. 2019-12-20]. Dostupné z: <https://zoommagazin.iprima.cz/zajimavosti/vite-jak-dlouho-vydrzi-lidske-telo-bez-jidla-vody-a-spanku>
- [11] ING. GALETKA, Martin. VLIV VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN NA PROVOZ PŘENOSOVÉ SOUSTAVY ČESKÉ REPUBLIKY. *Elektrorevue* [online]. 2008 [cit. 2020-01-26]. ISSN 1213-1539.
- [12] BC. ŽÁK, Jiří. *STUDIE BLACKOUTU S OHLEDEM NA JADERNOU ELEKTRÁRNU DUKOVANY* [online]. 2013 [cit. 2020-01-26]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=68564. Diplomová práce. Vysoké učení technické.
- [13] *POČÁTKY ELEKTRIFIKACE* [online]. [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/05/pocatky_3.html

- [14] VOLF, Tomáš. *Jak by vypadal blackout: Nefunguje skoro nic, internet, mobily ani čerpací stanice* [online]. 14.09.2018 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/ekonomika/clanek/jak-by-vypadal-blackout-nefunguje-skoro-nic-internet-mobily-ani-cerpaci-stance-40071123>
- [15] *Indii ochromil největší blackout v historii* [online]. 01.08.2012 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/92537>
- [16] *Obří blackout v Indii, polovina země je bez proudu* [online]. 31.07.2012 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-svet/obri-blackout-v-indii-polovina-zeme-je-bez-proudu-_201207312126_imanour
- [17] LAHIRI, Tripti. How Many People Actually Lost Power? *THE WALL STREET JOURNAL* [online]. 01.08.2012 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://blogs.wsj.com/indiarealtime/2012/08/01/how-many-people-actually-lost-power-in-india/4/>
- [18] MAJLING, Eduard. *Blackouty – 1. část: Největší blackout v historii lidstva* [online]. 08.08.2015 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/blackouty-1-cast-nejvetsi-blackouty-v-historii-lidstva>
- [19] *Nejhorší blackouty dějin. Když světlo zhasne, přichází smrt* [online]. 24.01.2011 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://tn.nova.cz/clanek/magazin/historie/akce/nejhors-i-blackouty-dejin-kdyz-svetlo-zhasne.html>
- [20] *Před 40 lety se New York ponořil do tmy a lidé se změnili v rabující lůzu* [online]. 13.07.2017 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/svet/2179654-pred-40-lety-se-new-york-ponoril-do-tmy-a-lide-se-zmenili-v-rabujici-luzu>
- [21] MAJLING, Eduard. *Blackouty – 2. část: Významné události 21. století* [online]. 15.08.2015 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/blackouty-2-cast-vyznamne-udalosti-21-stoleti>
- [22] *Proud se vrátil do Itálie až po 29 hodinách* [online]. 29.09.2003 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/proud-se-vratil-do-italie-az-po-29-hodinach.A030928_082719_zahranicni_jkl?r=zahranicni&t=A030928_082719_zahranicni_jkl&r2=zahranicni
- [23] DUFKOVÁ, Marie. *Problém jménem blackout* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.svobodny-svet.cz/3047/problem-jmenem-blackout.html>
- [24] *2003 Italy blackout* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/2003_Italy_blackout
- [25] ČEPS [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/casto-kladene-otazky>
- [26] *Fyzická ochrana* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/bezpecnost/fyzicka-ochrana.html>
- [27] ŠÍP, Jindřich a Jakub SVĚREK. *INFORMAČNÍ A KYBERNETICKÁ BEZPEČNOST* [online]. 07.05.2019 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/ospol/fileexport/o-spolecnosti/prododavatele/pravidla-chovani/vp-i-cybex_skoleni-dodavatelu.pdf
- [28] ING. BURDEK, Zdeněk. *Blackout a ostrovní provozy* [online]. 10.10.2019 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/19683-blackout-a-ostrovn-i-provozy>
- [29] *Start ze tmy* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/start-ze-tmy#article-top>

- [30] *OCHRANA KRITICKÉ INFRASTRUKTURY* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/cthh/clanek/ochrana-kriticke-infrastruktury-ochrana-kriticke-infrastruktury.aspx>
- [31] ŠPAČEK, František. *INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/integrovaný-zachranný-system.aspx>
- [32] *BLACKOUT - základní doporučení k nouzovému přežití* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: https://www.krvysocina.cz/assets/File.ashx?id_org=450008&id_dokumenty=4068496
- [33] *Vyhláška o technických podmínkách požární techniky* In: . ročník 2007, číslo 35. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-35>
- [34] *JEDNACÍ ŘÁD Krizového štábu Kraje Vysočina*. In: . Dostupné také z: https://www.krvysocina.cz/assets/File.ashx?id_org=450008&id_dokumenty=4063200
- [35] *Krizový management* [online]. 13.3.2003 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: http://m.krvysocina.cz/vismo5/dokumenty2.asp?id_org=450008&id=318141&n=krizovy%2Dmanagement&p1=77773&p3=%3E
- [36] *Kraj Vysočina: Krizový štáb kraje* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.kr-vysocina.cz/krizovy-stab-kraje/ds-136459>
- [37] *Krizový štáb*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Krizov%C3%BD_%C5%A1t%C3%A1b
- [38] *CERTIFIKOVANÉ ZÁSAHOVÉ AUTOMOBILY 2019: Cisternová automobilová stříkačka 20/4000/240 - S 2 T* [online]. 2019 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/certifikovane-zasahove-automobily-2019-cisternova-automobilova-strikacka-20-4000-240-s-2-t.aspx>
- [39] *Závěrečná zpráva odborné pracovní skupiny k problematice krizové situace typu „blackout“ v Jihomoravském kraji*.
- [40] *Blackout 2018 i Výpadek 2018. ČEPS ověřuje svou připravenost na řešení mimořádných situací* [online]. 5.9.2018 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/aktuality/novinka/blackout-2018-i-vypadek-2018-ceps-overuje-svou-pripravenost-na-reseni-mimoradnych-situaci>
- [41] *KRIZOVÉ STAVY* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/dokumenty/vyhlasovani-krizovych-stavu>
- [42] VYBÍRAL, Radek. *Výpadek elektrické energie a činnost složek IZS ve správním obvodu ORP Znojmo*. 2018. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [43] *POUŽITÍ SYSTÉMU A NÁSTROJŮ OCHRANY OBYVATELSTVA PŘI ROZSÁHLÉM A DLOUHODOBÉM VÝPADKU ELEKTRICKÉ ENERGIE VE VELKÉ MĚSTSKÉ AGLOMERACI* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <http://vypadekelektriny.cz/pouziti-systemu-a-nastroju-ochrany-obyvatelestva-pri-rozsahlem-a-dlouhodobem-vypadku-elektricke-energie-ve-velke-mestske-aglomeraci/>
- [44] *PROVEDENÍ KRAJSKÉHO TAKTICKÉHO CVIČENÍ ORGÁNŮ KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ A SLOŽEK IZS JIHMORAVSKÉHO KRAJE: BLACKOUT JMK 2015*. Brno, 2015.
- [45] BC STRAŠKABOVÁ, Aneta. *Aktéři řešení blackoutu v Jihomoravském kraji: východiska a současný stav*. Prostějov, 2018. Diplomová práce.

- [46] *Jak bychom žili den po dni, kdyby nastal blackout* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/co-je-noveho-u-vynalezce-specialni-ulove-vahy-beespy>
- [47] JANOŠEK, David. *Analýza příčin blackoutu v České republice*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Josef Kraus, Ph.D.
- [48] *Přenosová a distribuční soustava - 1. část: Vedení velmi vysokého napětí (VVN)* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/clanek/prenosova-distribucni-soustava-1-cast>
- [49] BUDÍN, Jan. *Analýza enormních přetoků výkonu z Německa na přelomu roku* [online]. 20.3.2015 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/analiza-enormnich-pretoku-vykonu-z-nemecka-na-prelomu-roku-20142015>
- [50] GROŠPIC, A. a Z. ŠLÉGR. *ELEKTRICKÝ ROZVOD V MÍSTNOSTECH PRO LÉKAŘSKÉ ÚČELY* [online]. In: . 2012 [cit. 2020-06-08].
- [51] BICEK, Lukáš. *Nouzové zdroje v nemocnici*. 2012. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.
- [52] GROŠPIC, A. *ELEKTRICKÉ ROZVODY VE ZDRAVOTNICKÝCH PROSTORÁCH* [online]. In: . 2015 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://cw.felk.cvut.cz/courses/a6m33bez/materialy/prezentace%20ucitele/Elektricke%20rozvody%20ve%20zdravotnickych%20prostorach.pdf>
- [53] PLK. ING HOŠEK, Zdeněk, Ph.D. *Dodávka elektrické energie podle ČSN 73 0802, ČSN 73 0804 a ČSN 73 0848* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/70hos5-dodavka-elektricke-energie-podle-csn-73-0802-csn-73-0804-a-csn-73-0848>
- [54] VOLF, Tomáš. *Jak by vypadal blackout: Nefunguje skoro nic, internet, mobily ani čerpací stanice* [online]. 14.9.2018 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/ekonomika/clanek/jak-by-vypadal-blackout-nefunguje-skoro-nic-internet-mobily-ani-cerpaci-stance-40071123>
- [55] *Souhrnný materiál ke scénáři cvičení „Blackout JMK 2015“ z pohledu dispečerského řízení elektrizační soustavy, činnosti pracovníků společnosti E.ON a pracovníků ČEPS, navázaný na časovou osu cvičení KÚ JMK.*
- [56] *Operační a informační středisko* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/usek-izs-a-operacniho-rizeni-oddeleni-kopis-operacni-a-informacni-stredisko.aspx>
- [57] RNDR. DATEL, Josef V., Ph.D., Ing. Anna HRABÁNKOVÁ a Zdeněk PIŠTORA. *Riziko sucha a nouzové zásobování v malých vodárenských systémech* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/14241-riziko-sucha-a-nouzove-zasobovani-v-malych-vodarenskych-systemech>
- [58] VOLF, Tomáš. *Jak by vypadal blackout: Nefunguje skoro nic, internet, mobily ani čerpací stanice* [online]. 14.9.2018 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/ekonomika/clanek/jak-by-vypadal-blackout-nefunguje-skoro-nic-internet-mobily-ani-cerpaci-stance-40071123>
- [59] *Česko se chystá na blackout: Benzinky dostanou pojistku, pojedou i bez proudu* [online]. 23.9.2016 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.blesk.cz/clanek/zpravy-udalosti/420121/cesko-se-chysta-na-blackout-benzinky-dostanou-pojistku-pojedou-i-bez-proudu.html>

- [60] WRANA, Pavel. *Využití náhradních zdrojů elektřiny při mimořádných událostech*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Lenka Maléřová, Ph.D.
- [61] HROMADA, Martin a Tomáš FROHLICH. *KATEGORIZACE A PRIORITIZACE OBJEKTŮ NEZBYTNÝCH PŘI OBNOVĚ DODÁVEK ELEKTRICKÉ ENERGIE PO BLACKOUTU* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/40/339.pdf>
- [62] *PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV: PRAVIDLA PRO PODPŮRNÉ SLUŽBY (PsS) ZDROJŮ PŘIPOJENÝCH K SÍTÍM PROVOZOVATELE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY* [online]. , 36 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/sites/default/files/2019-01/p%C5%99%C3%ADloha%207%20Pravidla%20pro%20podp%C5%AFrn%C3%A9%20slu%C5%BEby%20%28PsS%29%20zdroj%C5%AF%20E2%80%93%2011%202011.pdf>
- [63] BC. MUŽÍK, Václav. *PROPOJENÍ ELEKTROENERGETICKÝCH ZDROJŮ V PLZNI - OSTROVNÍ PROVOZ*. Plzeň, 2014. Diplomová práce. Vedoucí práce Prof. Ing. Zdeněk Vostracký, DrSc., dr. h. c.
- [64] HROMADA, Martin a Tomáš FROHLICH. *KATEGORIZACE A PRIORITIZACE OBJEKTŮ NEZBYTNÝCH PŘI OBNOVĚ DODÁVEK ELEKTRICKÉ ENERGIE PO BLACKOUTU* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/40/339.pdf>
- [65] CIMBOLINE, Ivan. *Provozování distribučních soustav: Regulace napětí a odběru* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: https://www.powerwiki.cz/attach/APES/1-Provoz_DS.pdf
- [66] DOC. ING. MATOUŠEK, Antonín, CSc. *Výroba elektrické energie*. Vysoké učení technické v Brně, 2007. ISBN 80-214-3317-5.
- [67] *Závěrečná zpráva odborné pracovní skupiny k problematice krizové situace typu „blackout“ v Jihomoravském kraji*.
- [68] Ing. VESELKA, Pavel. Citace dopisu [elektronická pošta]. Message to: blaham.98@gmail.com. 2. června 2020 11:48 [cit. 2020-06-10]
- [69] *Bezpečné dodávky vody při výpadku elektřiny zajistí náhradní čerpadla, ukázalo cvičení Blackout* [online]. 26.3.2018 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/bezpecne-dodavky-vody-pri-plosnem-vypadku-elektřiny-zajisti-nahradni-cerpadla-ukazalo-cviceni-black>
- [70] *Blackout by nás odřízl i od vody* [online]. 13.9.2018 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://prahatv.eu/zpravy/stredocesky-kraj/stredocesky-kraj/8253/blackout-by-nas-odrizl-i-od-vody>
- [71] Seznam měst v Česku podle počtu obyvatel. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_m%C4%9Bst_v_%C4%8Cesku_podle_po%C4%8Dtu_obyvatel
- [72] Zeppelin CZ s.r.o. *Musí mít záložní elektrocentrály vždy dieselový motor?* [online]. 2.1.2018 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/16769-musi-mit-zalozni-elektrocentraly-vzdy-dieselovy-motor>

- [73] MGR. TROMBIK, Petr. *JAK TO BUDE S PITNOU VODOU V PRAZE PŘI BLACKOUTU ANEB ZAJISTÍ POTŘEBU PITNÉ VODY V PRAZE TŘI KONTEJNERIZOVNÉ AUTOMATICKÉ ÚPRAVNY VOD Z POHOTOVOSTNÍCH ZÁSOB STÁTNÍCH HMOTNÝCH REZERV?* [online]. 11.9.2016 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <http://vypadekelektriny.cz/jak-to-bude-s-pitnou-vodou-v-praze-pri-blackoutu-aneb-zajisti-potrebu-pitne-vody-v-praze-tri-kontejnerizovane-automaticke-upravny-vod-z-pohotovostnich-zasob-statnich-hmotnych-rezerv/>
- [74] *Ochraňování zásob SSHR* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.ceproas.cz/produkty-a-sluzby/ochranovani-zasob-sshr>
- [75] ING. BALÁŠ, Marek, Ph.D., doc. Ing. Zdeněk SKÁLA, CSC. a Ing. Martin LISÝ, PH.D. *Spalovny odpadu - odpad jako palivo* [online]. 27.10.2014 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/nakladani-s-odpady/11897-spalovny-odpadu-odpad-jako-palivo>
- [76] *Přenosová a distribuční soustava - 1. část: Vedení velmi vysokého napětí (VVN)* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/clanek/prenosova-distribucni-soustava-1-cast>
- [77] *Vyhláška o technický podmínkách požární ochrany staveb*. In: . 2008, číslo 23. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-23>
- [78] ČSN 33 2000-1. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice*. 2009.
- [79] Supermarket. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Supermarket>
- [80] *Potravinová bezpečnost* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.sshr.cz/pro-verejnost/potravinova-bezpecnost/>
- [81] ČSN 73 6060. *Čerpací stanice*.