

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

**STUDIE BLACKOUTU S OHLEDEM NA
JADERNOU ELEKTRÁRNU DUKOVANY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

Bc. JIŘÍ ŽÁK

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Jiří Žák
Ročník: 2

ID: 106896
Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Studie blackoutů s ohledem na jadernou elektrárnu Dukovany

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Modelový scénář blackoutů z pohledu spotřebitele.
2. Blackout z pohledu přenosové soustavy.
3. Příčiny a následky velkých výpadků v dodávkách elektrické energie a dukovanského scénáře blackoutů.
4. Porovnání průběhů blackoutů, preventivních a nápravných opatření.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 24.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Lukáš Radil

Konzultanti diplomové práce: Ph.Dr., Ing. František Kostina, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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:

ŽÁK, J. Studie blackoutů s ohledem na jadernou elektrárnu Dukovany. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2013, 78 stran.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové 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.

.....

Poděkování

Děkuji mému odbornému konzultantovi na EDU PhDr., Ing. F. Kostihovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc, vedoucímu mé práce Ing. L. Radilovi, který zaštilil moji práci na VUT a zaměstnancům EDU, kteří mi byli nápomocni při mé stáži. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a známým za podporu v průběhu studia.

V Brně dne 23. 5. 2013

Podpis autora.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**



Diplomová práce

Studie Blackoutu s ohledem na jadernou elektrárnu Dukovany

Bc. Jiří Žák

vedoucí: Ing. Lukáš Radil

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2013

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Master's Thesis

**Electricity blackout study with
regard to the nuclear power plant
Dukovany**

by

Bc. Jiří Žák

Supervisor: Ing. Lukáš Radil

Brno University of Technology, 2013

Brno

ABSTRAKT

Diplomová práce v modelovém scénáři blackoutů zkoumá příčiny, následky a dopady výpadku elektrické energie na spotřebitele. Jsou zde stručně popsány větší blackouty, které byly zaznamenány od roku 1965 a byly k nim dostupné základní informace. V práci je popsáno, jak se proti blackoutům brání přenosová soustava a jaké jsou priority napájení po blackoutu. Práce se také věnuje současnému stavu odolnosti ČR proti blackoutům a do jakých vážných stavů se česká elektroenergetika v posledních letech dostala. Také je zde zmíněn vliv Fukušimy na elektroenergetiku v České republice. V hlavní části diplomové práce jsou popsány příčiny a následky čtyř velkých evropských blackoutů. Tyto blackouty jsou porovnány vzájemně a také se scénářem cvičení blackout na jaderné elektrárně Dukovany, jakožto největšího zdroje v ČR. V závěru jsou také zdůrazněna preventivní a nápravná opatření proti blackoutům.

KLÍČOVÁ SLOVA: Blackout; Vedení; Výpadek; Elektrická energie; Elektrárna

ABSTRACT

The entire diploma thesis analyses causes, consequences and repercussions of an electricity grid network blackout and its impact to the respective consumers. Remarkable blackouts recorded since 1965 are briefly described and basic available information is considered. The grid standard fixing measures and electricity delivery priorities are characterized. The thesis also pays attention to entire Czech Republic grid availability and its blackout endurance as well as to its robustness within last several years. Indirect Fukushima event influence to the Czech Republic electricity system is mentioned. The main part of the thesis comprises of four big European grid blackouts causes and consequences, their comparison to each other and to the Dukovany nuclear power plant grid blackout drill scenario. The preventive and standard corrective measures against blackouts are pointed out.

KEY WORDS: Blackout; grid; electricity grid management; nuclear power plant; electricity supply

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	12
1 ÚVOD	14
1.1 CÍLE PRÁCE	14
1.2 PROBLEMATIKA BLACKOUTU	14
2 MODELOVÝ SCÉNÁŘ BLACKOUTU Z POHLEDU SPOTŘEBITELE.....	17
2.1 PRVNÍ DEN VÝPADKU ELEKTRICKÉHO PROUDU.....	17
2.2 TŘÍDENNÍ VÝPADEK ELEKTŘINY.....	18
2.3 UŽ TO TRVÁ TÝDEN	19
2.4 VELKÉ VÝPADKY PROUDU VE SVĚTĚ	20
3 BLACKOUT Z POHLEDU PŘENOSOVÉ SOUSTAVY	28
3.1 STAVY SOUSTAVY	28
3.2 PLÁN OBRANY.....	29
3.2.1 POKLESU A VZRŮSTU FREKVENCE	29
3.2.2 POKLESU A VZRŮSTU NAPĚTÍ.....	30
3.2.3 KÝVÁNÍ.....	30
3.2.4 ZTRÁTĚ SYNCHRONISMU	31
3.2.5 PŘETÍŽENÍ	31
3.3 PLÁN OBNOVY	31
3.3.1 PRIORITY NAPÁJENÍ PO BLACKOUTU	32
3.4 SOUČASNÝ STAV ODOLNOSTI PROTI BLACKOUTU V ČR.....	32
3.5 BLACKOUT V ČR.....	33
3.5.1 NOUZOVÝ STAV 24. ČERVENCE 2006	33
3.5.2 ORKÁN EMMA 1. 3. 2008	34
3.5.3 PŘETOKY ENERGIE Z NĚMECKA.....	35
3.6 VLIV FUKUŠIMY NA ELEKTROENERGETIKU V ČR.....	37
4 PŘÍČINY A NÁSLEDKY VELKÝCH VÝPADKŮ V DODÁVKÁCH ELEKTRICKÉ ENERGIE	38
4.1 VÝPADEK V DÁNSKU A VE ŠVÉDSKU 23. 9. 2003	38
4.2 VÝPADEK V ITÁLII 28. 9. 2003	40
4.3 VÝPADEK V JIŽNÍM ŘECKU 12. 7. 2004.....	42
4.4 VÝPADEK V NĚMECKU 4. 11. 2006	44
4.4.1 NEGATIVNÍ VLIV VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN NA RESYNCHRONIZACI SEVEROVÝCHODNÍ OBLASTI 2	47
4.5 CVIČENÍ BLACKOUT NA EDU 25.4. 2013.....	48
4.5.1 CÍLE CVIČENÍ	48
4.5.2 SCÉNÁŘ CVIČENÍ.....	49

4.5.3 ZHODNOCENÍ CVIČENÍ	49
5 POROVNÁNÍ PRŮBĚHŮ BLACKOUTŮ, PREVENTIVNÍCH A NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ	51
5.1 POROVNÁNÍ VELKÝCH EVROPSKÝCH BLACKOUTŮ	51
5.1.1 TABULKA HLAVNÍCH PŘÍČIN POROVNÁVANÝCH EVROPSKÝCH BLACKOUTŮ, CVIČENÍ NA EDU A MODELOVÉHO SCÉNÁŘE BLACKOUTU	53
5.2 BLACKOUT JE VÁŽNÁ A REÁLNÁ HROZBA	54
6 ZÁVĚR	56
6.1 ZÁVĚRY PRÁCE A JEJÍ PŘÍNOS	56
6.2 VÝZNAM A VYUŽITÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ A ZÁVĚRŮ	57
6.3 HLAVNÍ PŘÍNOSY PRÁCE.....	58
7 POUŽITÁ LITERATURA	59
PŘÍLOHY	64
PŘÍLOHA 1	64
PŘÍLOHA 2	77

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1-1: Satelitní pohled na výpadek proudu v Severní Americe 14. 8. 2003 (Kuchta, 2010).....</i>	<i>15</i>
<i>Obr 2-1: Rozložení blackoutů ve světě</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 3-1: Velké elektrárny, rozvodny a přenosová soustava v ČR (Kuchta, 2010).....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 3-2: Scénář blackoutů „Nejhorší případ“ (Beneš, 2010).....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 3-3: Vývoj instalovaného výkonu OZE v Německu (Chrapek, 2012).....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4-1: Schéma přenosové soustavy Švédska, Dánska a Norska s vyznačením hranice výpadku v zásobování elektrinou (Máslo, 2005)</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 4-2: Schéma propojení Itálie a UCTE (Máslo, 2005).....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 4-3: Schéma oddělení jižní části Řecka od druhé zóny UCTE (Máslo, 2005).....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 4-4: Orientační mapa při blackoutu v Německu (Nejedlý, 2008).....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 4-5: Rozdělení Evropy na tři oblasti podle velikosti frekvence (UCTE, 2004)</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 4-6: Fotografie ze cvičení blackout na EDU 25. 4. 2013</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 5-1: Hlavní příčiny porovnávaných blackoutů</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 6-1: Schéma řešení diplomové práce</i>	<i>56</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 3-1: Stavby soustavy (Máslo, 2012)</i>	28
<i>Tab. 5-1: Hlavní příčiny porovnávaných evropských blackoutů a cvičení na EDU</i>	53

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

AEP	American Electric Power, společnost provozující elektrárny a přenosová vedení, zásobující více než pět milionů obyvatel v jedenácti státech USA
ČEPS	Česká přenosová soustava
DACF	Day Ahead Congestion Forecast, databáze předpovědi počasí
DG	Diesलगenerátor
DP	Diplomová práce
EDU	Elektrárna Dukovany
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity, sdružení evropských provozovatelů elektroenergetických přenosových soustav
Etrans	Švýcarský provozovatel přenosové soustavy
E.ON	Distributor elektrické energie v ČR
ETE	Elektrárna Temelín
FE	FirstEnergy Corporation, podnik zásobující elektřinou části Ohia, Pensylvánie a New Jersey
GRTN	Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, italský provozovatel přenosové soustavy
JE	Jaderná elektrárna
kV	Kilovolt
MECS	Michigan Electric Coordinated System, provozovatel přenosové soustavy
MISO	Midwest Independent Transmission System Operator, operátor koordinující spolehlivost provozu středozápadní části USA
N – 1	Spolehlivostní kritérium 100% záloha
NERC	North American Electric Reliability Council, centrální organizace zabývající se spolehlivostí a bezpečností provozu ES v USA
OSARTO	Operational Safety Review Team – tým hodnotící bezpečnost provozu
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PHM	Pohonné hmoty a maziva
PJM	Nezávislý provozovatel soustavy, koordinující spolehlivost provozu severovýchodní části USA
PRE	Pražská energetika
PST	Phase Shift Tranfformer – transformátor na fázový posun

RWE	Německá energetická společnost sídlící v Essenu.
SAIDY	System average interruption duration index - ukazatel průměrné doby trvání přerušení u odběratele
SAIFYS	System average interruption frequency index - ukazatel průměrné systémové četnosti přerušení
SEK	Státní energetické koncepce
SI	Směnový inženýr
SBO	Station blackout
TenneT	Provozovatel distribuční sítě v Nizozemí
UCTE	Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity, sdružení provozovatelů přenosových soustav kontinentální Evropy
VTE	Větrná elektrárna
VVN	Velmi vysoké napětí
WAMS	Wide-Area Monitoring Systém, synchronizovaná měření

1 ÚVOD

1.1 Cíle práce

Diplomová práce se bude v úvodní kapitole věnovat problematice blackoutů¹, kde budou popsány obecné příčiny, a co při blackoutu nebude fungovat.

V druhém bodě budou ilustrovány následky a dopady výpadku elektrické energie na spotřebitele. V tomto bodě také bude stručný výpis všech větších blackoutů, které byly zaznamenány.

Třetí bod diplomové práce se zaměřuje na plán obrany a plán obnovy vůči blackoutu z pohledu přenosové soustavy a také zde bude popsán současný stav odolnosti ČR proti blackoutu a vážnější stavy, do kterých se česká elektroenergetika v posledních letech dostala. Tento bod má také stanovit vliv Fukušimy na českou elektroenergetiku.

Hlavní část diplomové práce popisuje příčiny a následky čtyř největších evropských blackoutů, které se staly v posledních deseti letech. Postupně jsou v tomto bodě rozebrány výpadky elektrické energie, které postihly 23. září 2003 Dánsko a Švédsko, 28. září 2003 Itálii, 12. července 2004 Řecko a 4. 11. 2006 Německo. V této části práce je popsán scénář z dubnového cvičení blackout na jaderné elektrárně Dukovany.

V pátém bodě budou porovnány průběhy popsaných blackoutů vzájemně, se cvičením blackout na EDU a s modelovým scénářem, tento bod práce se také věnuje preventivním a nápravným opatřením proti blackoutu.

Diplomová práce je specifickou srovnávací studií skutečných průběhů čtyř velkých evropských blackoutů se scénářem cvičení blackout na jaderné elektrárně Dukovany. Zabývá se i dopadem blackoutů na spotřebitele a jak se před tímto stavem chrání přenosová soustava.

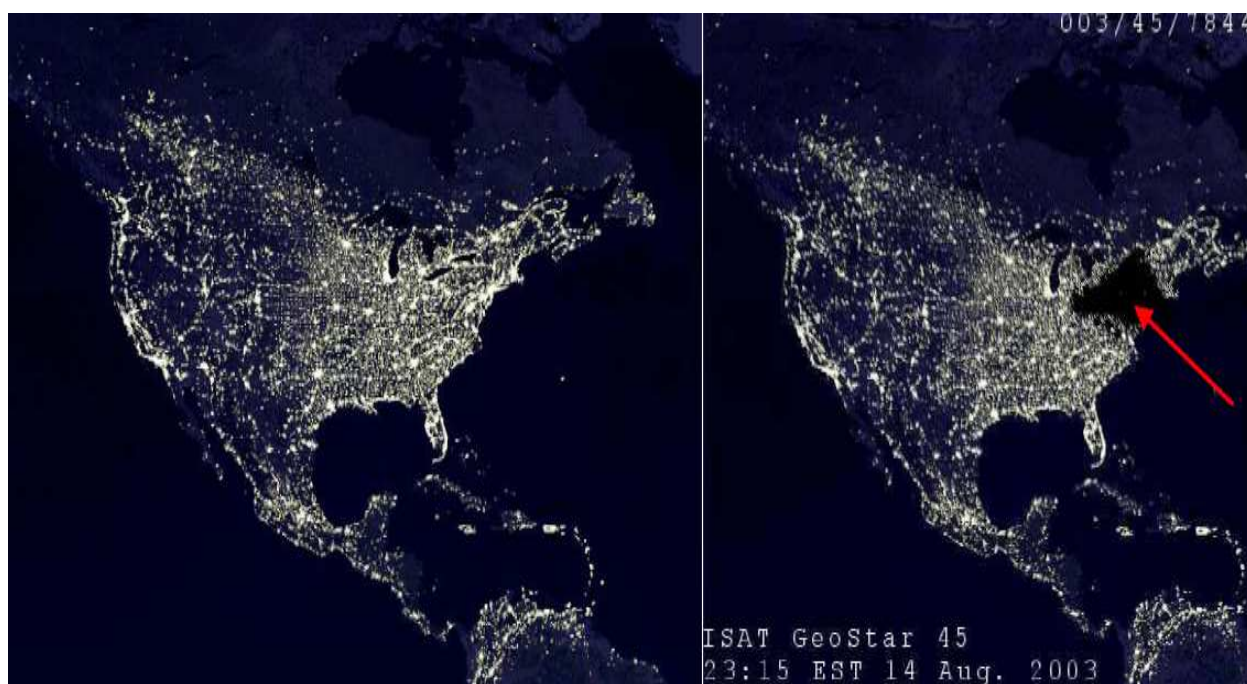
1.2 Problematika blackoutů

Rozsáhlý výpadek elektrické energie provázený kolapsem elektrizační soustavy nebo cizím slovem blackout, je většinou způsoben více příčinami najednou, které by jinak samostatně nezpůsobily žádné vážnější komplikace. Elektrizační soustava bývá sice navrhována a konstruována tak, aby vyřazení jednoho prvku nevyřadilo ostatní, ale není tomu tak pro vícenásobný sled jednotlivých poruch. Přenosovou soustavu pak může vyvézt z rovnováhy např. mimořádná spotřeba elektřiny v zimě nebo v létě², či naopak neplánované zvýšení výroby elektřiny³. Dalším důvodem kaskádových výpadků jsou silné bouřky, rozsáhlé požáry atd. Většinou jsou tedy na vině přírodní faktory. (PRE, 2011)

¹ Viz. kap. 3.3.

² Klimatizace jsou naplno zapnuty.

³ Např. když začne silně foukat vítr a větrné elektrárny se rozběhnou naplno.



Obr. 1-1: Satelitní pohled na výpadek proudu v Severní Americe 14. 8. 2003 (Kuchta, 2010)

Na Obr. 1-1 je fotografie satelitního pohledu na Severní Ameriku před blackoutem (vlevo) a po blackoutu (vpravo). Rozlehlý výpadek elektrického proudu, který postihl 14. srpna 2003 Severní Ameriku, byl největší v severoamerické historii.

K rozsáhlému výpadku elektrického proudu může také dojít z důvodu technických poruch nebo selhání lidského faktoru. Například při naplánovaném vypnutí vedení z důvodu opravy, kdy následně automatická ochrana vypne další vedení v důsledku výskytu poruchy. Vzniklým přetížením ostatních vedení může dojít k průvěsu vodiče, k jeho dotyku s větvemi stromů a k dalšímu vypnutí. (PRE, 2011)

Příčiny blackoutů (Bechník, 2013), (Kuchta, 2010), (Hrdlička, 2012):

- přenos velkých výkonů na hranici zatížitelnosti⁴,
- přetížení přenosových vedení⁵,
- nestabilní obnovitelné zdroje⁶,
- chyby obsluhy⁷,
- technický stav energetické sítě⁸,
- cílený útok.

⁴ Extrémní spotřeba elektrické energie v létě vlivem stále rostoucího využívání klimatizací.

⁵ Jejich následný průhyb a kontakt s okolní vegetací.

⁶ Např.: při bezvětří je minimální produkce větrných elektráren a jejich výkon je nahrazován přenosem elektřiny z jiných zdrojů, často na velké vzdálenosti.

⁷ Např.: nedostatečná komunikace mezi provozovateli propojených přenosových soustav, nebyla včas rozpoznána běžná porucha...

⁸ Závady na často zastaralých zařízeních elektrizační soustavy.

Velmi významný vliv na tuto problematiku už pak má „jen“ člověk, který má ovšem at' už přímý nebo nepřímý vliv na všechny uvedené příčiny výpadů elektrické energie.

Včasná a přesná dostupnost informací, koordinace akcí mezi provozovateli sousedních soustav a rychle provedená opravná opatření mohou přispět k rychlému zprovoznění systému. Stoprocentně eliminovat riziko blackoutu není technicky a ekonomicky možné. Ovšem existují obecná pravidla a řešení, která by měla být brána v úvahu, aby byl minimalizován dopad, který porucha vyvolá. (PRE, 2011)

V České republice se s výpadkem elektrické energie setkáváme zejména během bouřek, sněhových kalamit, haváriích na přenosové síti nebo při jejím místním přetížení. Můžeme říci, že mnoha vážným výpadkům se zabránilo díky naší silné a dobře dimenzované přenosové soustavě. (PRE, 2011)

Při blackoutu nebude fungovat (Mlčoch, 2008), (Kuchta, 2010):

Železniční doprava: Elektrifikované dráhy při výpadku nejezdí. Nefungují žádné signalizace na trati.

Doprava: Semaforey nefungují, dopravní zácpy a vyšší počet nehod. Komplikace při tankování. Městská hromadná doprava je velmi ochromena.

Průmysl: Je elektrifikován, převážně řízený počítačovými systémy a proto by byl nefunkční.

Infrastruktura: Nefungovaly by veškeré počítačové systémy, tzn. pevné telefonní linky, mobilní telefony, bankovní služby, platby kartami, pokladny, kamery, radary, fotobuňky apod.

Zásobování potravinami a zbožím: Rodiny mají zásoby na pár dnů, část by však znehodnotily nefunkční ledničky.

Vodárny: Jejich provoz je omezen na gravitační rozsah a zásoby.

Je ovšem třeba upřesnit, že každý z těchto celků, má vlastní charakteristický časový průběh a všechny jsou navzájem silně provázány. Z těchto důvodů je v konkrétním případě obtížné předpovídat skutečné dopady na život člověka i společnosti. Totéž provází adekvátní přípravu, prevenci a řízení krizového průběhu. To je konečně motivací tématu DP.

2 MODELOVÝ SCÉNÁŘ BLACKOUTU Z POHLEDU SPOTŘEBITELE

V následujícím bodě diplomové práce je nastíněna situace modelového scénáře výpadku dodávek elektrického proudu, který by mohl teoreticky nastat. Je zde popsáno, co všechno může blackout způsobit a jaké jsou jeho následky pro spotřebitele elektrické energie.

Modelovým scénářem blackoutu se práce zabývá, protože:

- uvádí specifické rysy na příkladech blackoutu,
- slouží jako základna pro analýzy.

S delší dobou trvání výpadku náklady na škody rapidně rostou.

2.1 První den výpadku elektrického proudu

Českou republiku trápily od začátku roku takřka tři týdny velmi silné mrazy. Velmi rychle začal stoupat odběr elektrické energie a také se začal ukazovat její lokální nedostatek. Silná sněhová bouře v prvních dnech po Novém roce poškodila na některých hlavních bodech přenosovou soustavu elektrické energie. Dodávka elektrické energie byla přerušena v ten nejméně vhodný okamžik – jednoho lednového pondělí v 7.16 hod., kdy většina občanů právě odcházela do zaměstnání, a děti byly na cestě školy. Mimo autobusy přestala fungovat veškerá městská hromadná doprava závislá na elektrické energii, nejezdily vlaky a letecký provoz byl velmi omezen. Řidiči soukromých vozidel se vraceli domů. Předpokládali, že by mohlo přestat fungovat i zásobování pohonnými hmotami. Zhasly semaforey, což vedlo k postupnému dopravnímu chaosu a na klíčových křižovatkách a dopravních uzlech ke kolapsu. Přestala svítit světla v dopravních tunelech a další důležitá osvětlení byla také mimo provoz. V deset hodin přestaly fungovat mobilní telefony. (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012)

Nemocniční provoz byl zpočátku zajišťován díky záložním zdrojům⁹, ale po několika hodinách musela být lékařská péče věnována jen nejvážnějším případům. V obchodech přestaly fungovat pokladny a další zařízení včetně různých služeb, které bylo nutné přerušit. V domácnostech přestal fungovat (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012):

- rozhlas¹⁰,
- televize,
- spotřebiče¹¹,
- topení,
- telefonní spojení na pevných linkách.

⁹ Např.: dieslovým agregátům.

¹⁰ Fungovala by jen rádia, která mají zálohu na baterie.

¹¹ Spotřebiče, které jsou napájeny výhradně ze sítě.

Lidé brali první hodiny výpadku elektrického proudu jako nepříjemnost, poté ji začali vnímat jako nepohodlnou zátěž, ale neuvažovali o tom, že by vedla k velkým hospodářským i osobním ztrátám. K ohrožení lidských životů docházelo zatím jen ve výjimečných situacích, např. při selhání náhradních agregátů v nemocnicích či při vzniku paniky. Státní a samosprávné orgány měst a obcí se situací začaly vážněji zabývat až v pozdních odpoledních hodinách; odpovědní funkcionáři řadu hodin předpokládali, že jde pouze o dočasný výpadek. (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012)

Většina lidí se zatím nijak zvlášť neznepokojovala, jednodenní výpadek elektrické energie neměl katastrofický průběh. Kromě výjimečných situací šlo o to, že přestaly fungovat běžné služby. Vzhledem k zimě bylo největším problémem vytápění. Mimo provoz bylo také venkovní osvětlení. Ukazovalo se, že čím větší město, tím vážnější problémy. (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012)

První den výpadku jsou dominující jevy, které člověk považuje za samozřejmost a až jejich výpadkem zjišťuje vážnost situace. Mimo provoz je veřejné osvětlení, startují náhradní zdroje energie, dochází k aktivaci nouzových opatření. Jistě se mohou objevit i prvky romantiky¹².

2.2 Třídenní výpadek elektřiny

Dopravní chaos se v následující den zmenšil, protože se zmenšovaly zásoby pohonných hmot a provoz dopravních prostředků se omezil na minimum. Obyvatelé, kteří byli dobře finančně zabezpečeni, raději odjeli s příbuznými mimo postiženou oblast. Kvůli nefunkčnosti bank a bankomatů začali mít někteří obyvatelé nedostatek peněz v hotovosti, z čehož plynul i ekonomický pokles. Přibývalo problémů v oblasti zásobování, kdy byly všechny obchody s potravinami a dalším zbožím mimo provoz. Lékařská zařízení poskytovala nemocným jen omezenou péči. Operováni byli jen lidé s nejnnutnějšími akutními případy. Hygienické problémy, které jsou spojeny s kažením potravin, byly naštěstí minimalizovány jinak velmi nepříjemným mrazivým počasím. Mráz postupně více komplikoval dodávky pitné vody. (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012)

Občané byli čím dál více nespokojení, vyskytly se některé případy rabování¹³, násilí a zneužívání situace, zejména vykrádání opuštěných bytů a rodinných domů. Státní a samosprávné orgány sice mobilizovaly svůj potenciál, ale efekt byl jen sporadický. Nejpodstatnějším cílem bylo znovu obnovit dodávky elektrické energie ze zahraničí.¹⁴ (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012)

¹² Americký blackout v roce 1965 zvýšil porodnost. (Fischleinová, 2012)

¹³ Rabování je nekontrolované brání cizích věcí a zboží během katastrofické události.

¹⁴ Je ovšem třeba počítat s tím, že zdroje elektrické energie jsou limitovány vzdáleností, topologií přenosových sítí a kapacitami přenosu a regulační rezervy zdrojů. Potenciální zdroje pomoci také mohou být postiženy týmiž vlivy.

Tři dny v kuse trvající výpadek elektrického proudu směřoval ke kritickému stavu základních odvětví, jako jsou doprava, počítačové sítě, zásobování, zdravotnictví, hygiena. V místě blackoutu byla mimo provoz výroba, téměř všichni obyvatelé přestali chodit do zaměstnání a zůstávali doma. Lidé se stravovali ze svých zásob a ve svých bytech trpěli zimou. Vytvořily se předpoklady pro závažnou trestnou činnost včetně té, která byla organizovaná. Zároveň však začala fungovat zatím skromná, a proto ještě nedostatečná pomoc z nepostižených okresů, krajů a ze sousedních zemí. Především to byla pomoc z Německa Rakouska a Polska. (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012)¹⁵

Po takové době trvání výpadku se uzavírá cyklus mediální informovanosti. Nárazový chaos prvního dne je na ústupu, dominovat začínají reálné škody v domácnostech¹⁶. Plánovité reakce obyvatel a přesun od nahodilých výtržností k organizovanému rabování. Nepřipravené instituce kolabují, začíná čerpání strategických zásob potravin, vody, pohonných hmot.

2.3 Už to trvá týden

Po týdnu trvání blackoutu začínají vypadávat i zálohované zdroje, které mívají zásoby nafty zhruba na týden.

Mimo provoz i v dalších dnech byla:

- doprava,
- počítačové sítě,
- telefonní spojení,
- bankovní systém,
- zásobování,
- problematické se stalo předávání veškerých informací,
- docházejí potraviny a peníze,
- ochromení zdravotní péče,
- nedostatek pitné vody - hygienické problémy.

Tyto problémy vedly ke stresovému i násilnému chování jednotlivců. Lidé si dovolili vycházet z domova pouze během dne – v noci se zvýšila závažná trestná činnost, a proto raději většina občanů zůstávala doma a dávala si pozor na svůj majetek. Někteří obyvatelé začali z postiženého místa odcházet pryč. Dodávku elektrické energie se podařilo opět obnovit po sto šedesáti hodinách, díky pomoci okolních států. (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012)

Tento týden trvající výpadek elektrické energie, který byl souvislý a rozsáhlý, znamenal vážný kolaps řady základních a nezbytných odvětví a služeb. Situace, která nastala, byla riziková po všech stránkách, zasáhla všechny oblasti společenského a osobního života. Krizový stav

¹⁵ Zhruba třetí den lze očekávat projevy skutečného stavu připravenosti systému havarijní připravenosti a nouzové odezvy státu.

¹⁶ Ledničky, zima v obytných prostorech, poruchy vodovodů.

prověřil nejen chování a schopnost přežití obyvatel na postiženém území, ale zároveň zpětně prověřil schopnost vládnoucí elity strategicky vládnout. Opět se jako vždy potvrdilo, že lidé řeší problémy, až když nastanou vážné situace. (Mlčoch, 2008), (Balabán, Rašek, 2012)

Po týdnu se projevují škody a dopady velkých rozměrů. Dochází k zvýšeným, až hromadným úmrtím¹⁷ Společnost přechází na střednědobý, relativně udržitelný stabilní nouzový „kasárenský“ život bez urbanistických výhod. V dalších dnech následuje naladění vazeb postižené oblasti na zbytek společnosti v rámci Evropy, jako je humanitní pomoc, evakuace akutně postižených, technická, technologická, znalostní a finanční podpora od společenství.

2.4 Velké výpadky proudu ve světě

V tomto bodě práce je vypsán seznam větších blackoutů, které byly zaznamenány a byly k nim dostupné základní informace.

9. a 10. listopadu 1965 (USA, KANADA) - "The Great Blackout" postihl severovýchod USA a Kanady, trval 13 hodin a zasáhl 30 milionů lidí. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

13. a 14. srpna 1977 (USA) - V horké letní noci zkolabovala hlavní přenosná linka zásobující New York. Postiženo bylo devět milionů lidí na 25 hodin. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

27. prosince 1983 (ŠVÉDSKO) - Bouře zničila vedení v Enköpingu. Výpadek elektřiny téměř celého Švédska. (Wikipedia, 2013)

13. března 1989 (KANADA) - Geomagnetická bouře způsobila výpadek elektřiny, který postihl šest milionů lidí v kanadské provincii Quebecu, bez proudu devět a více hodin. (Wikipedia, 2013)

7. července 1991 (USA, KANADA) - Silná větrná bouře ovlivnila velkou část centrální Severní Ameriky. Ovlivnilo jeden milión zákazníků od Iowy k Ontariu. (Wikipedia, 2013)

5. listopadu 1993 (ŘECKO) - Výpadek proudu uvedl čtyři miliony obyvatel Atén a jejich okolí na několik hodin do velkého chaosu. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

24. srpna 1994 (ITÁLIE) - Prudké bouřky a prudké deště způsobily přerušení dodávek proudu pro 18 milionů obyvatel jižní Itálie. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

4. října 1995 (USA, KANADA) – Hurikán Opal, který zabil přinejmenším 59 lidí, přerušil dodávku elektrické energie k více jak dvěma milionům zákazníků napříč východní a jižní Severní Ameriky. (Wikipedia, 2013)

¹⁷ Vysazení trvalé medicíny závažných nemocí, nehody, kriminalita, umrzlí lidé...V případě, že by výpadek nastal v létě, řešili by obyvatelé problémy s horkem.

2. července 1996 (USA) - Výpadek dodávky elektrického proudu postihl na několik hodin západ USA (asi 10 milionů lidí). (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

10. srpna 1996 (USA) - Kaskádový výpadek proudu zasáhl až 15 milionů obyvatel v devíti západních státech USA. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

19. listopadu 1996 (USA) - Ledová bouře ovlivnila region kolem Washingtonu a způsobila velké výpadky elektřiny, které trvaly na některých místech až dva týdny. (Wikipedia, 2013)

Srpen 1997 (VENEZUELA) - Kolem pěti milionů obyvatel Caracasu se ocitlo bez elektřiny. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

Leden 1998 (KANADA) - Sněhová bouře v kanadských provinciích Ontario a Québec přerušila elektrické vedení. Na tři miliony lidí se ocitlo bez elektřiny, mnoho z nich na téměř celý měsíc. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

Leden 1998 (FILIPÍNY) - Asi 35 milionů osob zažilo několikahodinové výpadky proudu na ostrově Luzon; podobný kolaps postihl ostrov i v květnu 2000. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

20. únor 1998 (NOVÝ ZÉLAND) - Auckland, 5 týdnů, 60 000 obyvatel bez proudu. (Nejedlý, 2011)

26. března 1998 (ŘECKO) - Počasí způsobilo výpadek proudu v Aténách a okolí, kde žijí čtyři miliony lidí. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

12. března 1999 (BRAZÍLIE) - Dvouhodinový výpadek elektřiny uvrhl do temnoty jihozápad země. Bez proudu se ocitlo 26 milionů lidí včetně Sao Paula, Rio de Janeira a metropole Brasília. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

6. července 1999 (USA) - New York zažil 19hodinový výpadek elektrické energie. Důvodem bylo přetížení sítě. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

29. července 1999 (TAIWAN) - 326 sloupů vysokého napětí se zhroutilo kvůli přílivové vlně, která odpojila téměř devět milionů spotřebitelů elektřiny. (Wikipedia, 2013)

26. prosince 1999 (FRANCIE) - Kvůli vichřici se bez proudu ocitlo asi 3,4 milionu domácností. Plné pokrytí obnoveno až v lednu 2000. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

10. března 2000 (NIGÉRIE) - Bez proudu se na více než 24 hodin ocitla většina Nigérie, včetně hlavního města Abuji. Příčinou byly technické problémy na státní rozvodné síti. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

2. ledna 2001 (INDIE) - Přes 200 milionů Indů žijících v severních oblastech země se muselo obejít bez elektrické energie. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

Červen 2001 (NIGÉRIE) - Bez dodávky elektřiny bylo několik dní 30 až 50 milionů obyvatel Nigérie. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

21. ledna 2002 (BRAZÍLIE) - Dvouhodinový výpadek proudu ochromil život poloviny Brazílie, včetně Rio de Janeiro a Sao Paula. Způsobeno vysazením turbín vodní elektrárny Itaipú. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

16. března 2002 (KOLUMBIE) - Velká část Kolumbie včetně metropole Bogoty byla bez proudu kvůli poruše transformátorů. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

3. února 2003 (ALŽÍRSKO) - Celé Alžírsko bylo několik hodin bez proudu kvůli selhání hlavní elektrárny v zemi. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

14. srpna 2003 (USA, KANADA) - Výpadek elektřiny (trval 42 hodin) postihl více než 50 milionů lidí v New Yorku, pěti amerických státech a kanadské provincii Ontario včetně Toronta a Ottawy. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

28. srpna 2003 (VELKÁ BRITÁNIE) - Provoz londýnského metra ochromil výpadek elektřiny a postižena byla také železniční nádraží na jihu Londýna. Po půl hodině byly dodávky obnoveny. Postiženo bylo půl milionu lidí. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

23. září 2003 (DÁNSKO, ŠVÉDSKO) - Téměř čtyři miliony Dánů a Švédů se na několik hodin ocitly bez proudu. Výpadek začal v rozvodně jaderné elektrárny Oskarshamn ve Švédsku. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

28. září 2003 (ITÁLIE) - Prakticky celá Itálie s výjimkou Sardinie se ponořila do tmy. Více než pětihodinový výpadek byl způsoben poruchou na vedení mezi Švýcarskem a Itálií. Postiženo 57 milionů osob. (ČTK, Reuters, iDNES.cz, 2003)

29. června 2004 (INDONÉSIE) - Výbuch ve skladu zemního plynu způsobil zatemnění v severní, východní a západní části Singapuru. (Wikipedia, 2013)

12. července 2004 (ŘECKO) – V elektrárnách v Lavrio a Megalopolis nestačili dodávat, během vysoké poptávky po proudu, to vedlo k postupnému kolapsu celého elektrického systému, ovlivněno několik milionů lidí v jižním Řecku. (Wikipedia, 2013)

4. září 2004 (USA) - Pět milionů lidí na Floridě bylo bez elektřiny kvůli hurikánu Frances. Jedeno z největších vypnutí proudu kvůli hurikánu. (Wikipedia, 2013)

15. září 2004 (USA) – Vláda v Puerto Ricu rozhodla odpojit ostrov od elektrické energie a předejít poškození linek během Hurikánu Jeanne. (Wikipedia, 2013)

8. ledna 2005 (ŠVÉDSKO) - Asi 341 000 domovů bez elektřiny. Několik tisíc těchto domů bylo bez elektrického proudu mnoho dní. Výpadek elektřiny byl kvůli bouři Ervin s rychlostí větru až 126 km/h. (Wikipedia, 2013)

25. května 2005 (RUSKO) - Většina z Moskvy byla bez proudu. Přibližně bylo ovlivněno deset miliónů lidí. Obnovení dodávky do 24 hodin. (Wikipedia, 2013)

18. srpna 2005 (INDONÉSIE) - Téměř 100 milionů lidí na Jávském ostrově. Ztráta elektřiny na 7 hodin. Největší výpadek v historii Jávy. (Wikipedia, 2013)

26. srpna 2005 (USA) – 1,3 milionu lidí v jižní Floridě bez elektřiny kvůli poraženým stromům na elektrická vedení od hurikánu Katrina. Nejvíce postižení zákazníci byli bez proudu po čtyři dny a někteří zákazníci byli bez dodávky až jeden týden. (Wikipedia, 2013)

12. září 2005 (USA) - Výpadek v Los Angeles ovlivnil milióny obyvatel v Kalifornii. (Wikipedia, 2013)

24. října 2005 (USA) - Hurikán Wilma způsobila ztrátu dodávky pro 3,2 milionů zákazníků v jižní Floridě a jihozápadní Floridě. Stovky tisíc zákazníků bylo bez proudu ještě týden. Plné obnovení dodávky až 11. listopadu. (Wikipedia, 2013)

12. června 2006 (NOVÝ ZÉLAND) - Polovina Aucklandu, největší město na Novém Zélandu, trpí osmi hodinovým výpadkem elektřiny, který ovlivnil 230 000 odběratelů. (Wikipedia, 2013)

18. července 2006 (USA) Více než 365 000 zákazníků bez dodávky v Philadelphii kvůli prudkým bouřím, rychlost větru 114 km/h , několik mrtvých a tisíce dolarů ve škodě na majetku. Navíc, asi 26 000 domovů bylo bez elektřiny v New Jersey. (Wikipedia, 2013)

2. srpna 2006 (USA) - Čtvrt milionu zákazníků ztratil elektřinu po velkých bouřkách, které zahrnovaly tornáda a škodlivý vítr ve východním Ontariu. (Wikipedia, 2013)

4. listopadu 2006 (EVROPA) - V částech Německa, Francie, Itálie, Belgie, Španělska a Portugalska bylo přes pět miliónů lidí bez elektřiny po velkém kaskádním zhroucení. Základní příčina byla přetížení odjištěné německou energetickou společností E.ON vypnutím linky elektřiny přes řeku Ems a poskytnout bezpečnou plavbu lodí. Dopad tohoto přerušení na bezpečnosti sítě nebyl vhodně odhadnutý a vyústil v evropské přenosové mřížkové rozštěpení do tří nezávislých částí pro období dvou hodin. (Wikipedia, 2013)

15. listopadu 2006 (KANADA) - Masivní větrná bouře v Britské Kolumbii způsobila, že přes 200 000 domovů bylo bez dodávky, v některých případech přes týden. (Wikipedia, 2013)

30. Listopadu 2006 (USA) - V St. Louis, v důsledku zimní bouře, asi 500 000 zákazníků přišlo o dodávku, kvůli vypnutí proudu, která trvala od jednoho dne ke dvěma týdnům. (Wikipedia, 2013)

15. prosince 2006 (USA, KANADA) - Hurikán Eve Windová způsobil výpadek elektřiny pro jeden milion lidí. Oblasti poruch: Tacoma, Seattle, Bremerton, Everett, Olympia a Bellevue, části pobřežní Britské Kolumbie a Oregonu. Většina ze škod byla způsobena stromy, které padaly do elektrického přenosu a rozvodných vedení. (Wikipedia, 2013)

12. - 24. ledna 2007 (USA, KANADA) - Jeden milion zákazníků od Texasu po Kanadu ztratil dodávku elektrické energie kvůli sérii zimních ledových bouřek včetně 330 000 v Missouri, 200 000 v Michiganu a 120 000 v Oklahomě. (Wikipedia, 2013)

19. Dubna 2007 (COSTA RICA) - Zažila národní výpadek. To ovlivnilo téměř všech 4 328 000 obyvatel. (Wikipedia, 2013)

23. července 2007 (ŠPAŇELSKO) - Město Barcelona utrpěla úplný výpadek proudu. Několik oblastí zůstalo bez elektřiny po více než 78 hodin kvůli poruše v rozvodně. (Wikipedia, 2013)

25. Července 2007 (JIŽNÍ EVROPA) - Výpadky se vyskytly v Makedonii, Albánii, Řecku, v části jihu Srbska, Černá Hory. Dodávka byla obnovena následujícím dnem. (Wikipedia, 2013)

8. – 12. prosinec 2007 (USA) – Ledová bouře přerušila vedení k více jak milionu domovů a obchodů od Oklahomy k Nebrasce. (Wikipedia, 2013)

4. ledna 2008 (USA) - Bouřka s deštěm udeřila do severní Kalifornie, způsobila, že 1,6 milionů zákazníků bylo bez dodávek elektrického proudu. (Wikipedia, 2013)

Od 25. ledna - 6. února 2008 (ČÍNA) - Těžké sněhové bouře porazily dálková napájecí vedení. Fosilní palivová elektrárna byla bez zásob uhlí. Vlaky byly neschopné doručit uhlí kvůli zmrzlé a zablokované dráze. Bouře byly přímo zodpovědné za minimálně 129 smrtí. (Wikipedia, 2013)

2. dubna 2008 (AUSTRÁLIE) – Postiženo na 420 000 domácností v Melbourne a jiných částí Victorie po ničivých větrech s rychlostí až 130 km/h. (Wikipedia, 2013)

8. dubna 2008 (POLSKO) - Kolem 400 000 osob bylo bez proudu ve městě Szczecin. Důvodem byl pád mokrého, těžkého sněhu, který byl na elektrických vedeních a přiměl je, aby se zlomila. (Wikipedia, 2013)

13. - 15. září 2008 (USA) - Hurikán Ike způsobil, že přibližně 7,5 milionů obyvatel bylo bez elektřiny ve Spojených státech od Texasu k New Yorku. (Wikipedia, 2013)

11. prosince 2008 (USA) - Nepřetržité zimní sněžení v Louisianě způsobilo 10 000 výpadků elektřiny, kvůli nahromadění sněhu na dálkových napájecích vedeních. Další noc v Massachusetts a novém Hampshire udeřila ledová bouře a způsobila, že byl jeden milion obyvatel bez elektřiny. (Wikipedia, 2013)

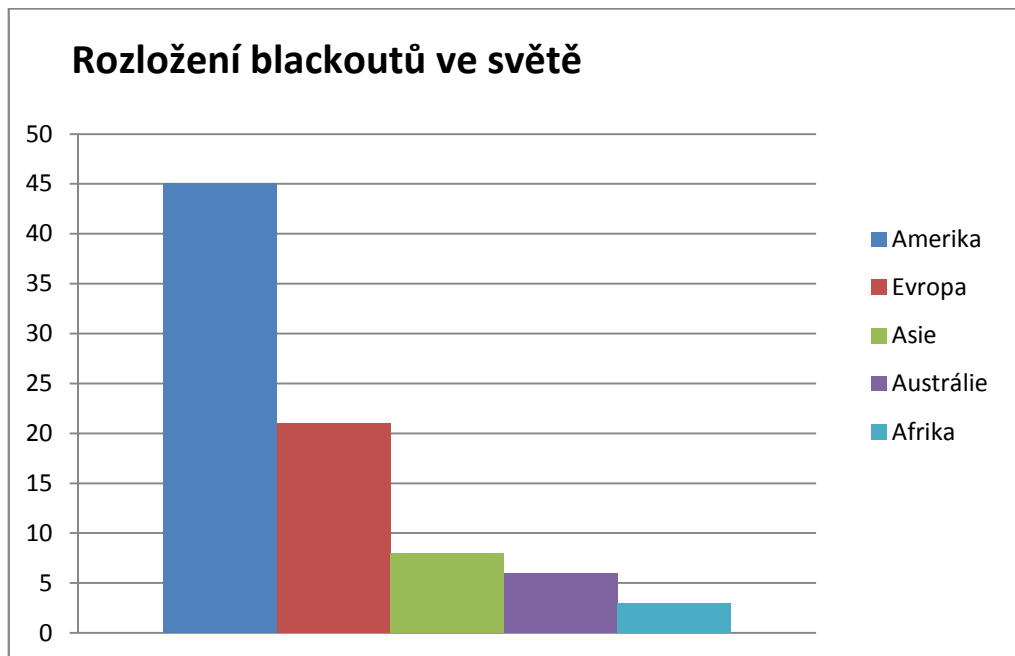
23. ledna 2009 (FRANCIE) - Vichr přerušil dodávku elektrické energie k 1,2 milionům zákazníků v částech Francie. (Wikipedia, 2013)

27. - 31. ledna 2009 (AUSTRÁLIE) - stovky tisíc domovů ve Victorii včetně Melbourne postihly výpadky elektřiny. Odhadem přes 500 000 obyvatelů v Melbourne bylo bez proudu večer 30 ledna 2009. (Wikipedia, 2013)

5. února 2009 (USA, KANADA) – Padesát milionů obyvatel bylo bez dodávek elektrické energie až po dobu jednoho týdne. (Wikipedia, 2013)
30. března 2009 (SKOTSKO) - Výpadek elektrické energie zasáhl Glasgow, Bearsden, Clydebank, Helensburgh, Dumbarton, Lochgilphead, Oban, Aran. K výpadku došlo v 16:20 a obnovit dodávky se podařilo kolem 18:30. (Wikipedia, 2013)
20. červenec 2009 (ANGLIE) – Výpadek proudu pro více jak 100 000 domácností v Londýně, poté co vandalové úmyslně založili požár. Největší výpadek v Londýně. (Wikipedia, 2013)
30. října 2009 (NOVÝ ZÉLAND) – Vysokozdvižný vozík najel do vedení 220 kV ovlivněno téměř 300 000 zákazníků. Dodávky obnoveny po třech hodinách. (CBC, 2009)
14. září 2009 (VELKÁ BRITÁNIE) – Výpadek proudu až pro několik set zákazníků po incidentu na místní rozvodně na ostrově Isle of Man. Všichni zákazníci měli obnovené dodávky do devadesáti minut. (Wikipedia, 2013)
10. – 11. listopadu 2009 (BRAZÍLIE, PARAGUAY) – Vlivem bouře 60 milionů obyvatel bez proudu na čtyři a půl hodiny. (Knihy-A, 2010)
26. února 2010 (USA) – Pád větví a sněhu na vedení ve středním Hudsonu. Asi čtvrt milionu zákazníků bez elektřiny. (Daily Freeman, 2010)
14. března 2010 (CHILE) – 15 milionů obyvatel bez dodávek elektřiny, kvůli poruše na transformátoru. Obnovení po několika hodinách až do druhého dne. (Wikipedia, 2013)
14. března 2010 (USA) Silná vichřice připravila o elektřinu stovky tisíc zákazníků v jihozápadním Connecticutu. Obnovení dodávek až po šesti dnech. (Wikipedia, 2013)
5. července 2010 (KANADA) – Výpadek proudu vyvolaný požárem trafostanice v Torontu čtvrt milionu zákazníků bez proudu. (CBC, 2010)
25. července 2010 (USA) Silná bouře připravila o dodávky ve Washingtonu více než 250 000 rodin. (Wikipedia, 2013)
4. února 2011 (BRAZÍLIE) – Deset milionů obyvatel bez proudu. (Foreign policy, 2012)
22. února 2011 (NOVÝ ZÉLAND) Zemětřesení způsobilo poškození vedení a výpadek pro více než 160 000 zákazníků po dobu pěti dnů. (Wikipedia, 2013)
11. července 2011 (KYPR) – Utrpěl týdenní výpadek proudu, který ovlivňoval všechna města na řecké části ostrova. Výpadek byl způsoben výbuchem vedle elektrárny Vassilikos. (Wikipedia, 2013)
8. září 2011 (USA, MEXIKO) - Rozšířený výpadek elektřiny, jež postihl velké plochy jižní Kalifornie stejně jako západní Arizonu. Jednalo se o největší výpadek proudu v historii Kalifornie. Pět milionů obyvatel bez elektřiny. (Nejedlý, 2011)

24. září 2011 (CHILE) – devět milionů lidí v severním a středním Chile bylo ovlivněno po výpadku, který trval více než dvě hodiny. (Wikipedia, 2013)
31. října 2011 (USA) – Sněhová bouře podél východního pobřeží Spojených států způsobila více než dva miliony výpadků. Někteří obyvatelé byli bez elektřiny i více než sedm dní. (Wikipedia, 2013)
14. ledna 2012 (TURECKO) – Výpadek v Trakia. Více než 20 milionů bez proudu. Obnoveno až ve večerních hodinách. (Wikipedia, 2013)
29. června 2012 (USA) – Hurikán připravil o dodávky proudu 3,8 milionů obyvatel. (Wikipedia, 2013)
30. - 31. červenec 2012 (INDIE) - Extrémně horké léto mělo na svědomí, že v Indii došlo k nejrozsáhlejším výpadkům proudu za více než deset let. Zatímco 30. 6. se bez elektřiny ocitlo 370 milionů lidí, 31. 6. to bylo přes 600 milionů. (IHNED, 2012)
29. – 30. října (USA) – Hurikán Sandy přinesl silný vítr a záplavy. 8 milionů zákazníků bez elektřiny. (Wikipedia, 2013)
26. říjen 2012 (BRAZÍLIE) - Brazilské domácnosti na severovýchodě země postihl v noci masivní blackout. Bez elektrického proudu se ocitlo 53 milionů lidí. Nejrozsáhlejší výpadek elektřiny v této oblasti od roku 2001. (ČTK, 2012)
16. listopadu 2012 (NĚMECKO) – Největší výpadek proudu v Mnichově za posledních 20 let. Ovlivněno téměř půl milionu zákazníků. (Theintelhub, 2012)

Všechny uvedené blackoutů jsou v následujícím grafu rozděleny podle toho, na jakém kontinentu k nim došlo. Obrázek 2-1 je zkrácen tím, že informace o blackoutech byly dostupné hlavně z Ameriky a Evropy. K výpadkům elektrické energie dochází i na ostatních kontinentech, ale informace k nim nejsou dostupné.



Obr 2-1: Rozložení blackoutů ve světě

Z obr. 2-1 je patrné, že k velkým blackoutu, které zasáhly velký počet obyvatel, nejčastěji došlo v Americe. Je však třeba vzít v úvahu důsledné publikování událostí v Americe a příčiny blackoutů, které se v Evropě nevyskytují. Výpadky v Americe jsou nejvíce způsobeny přírodními živly¹⁸. V práci budou dále vzhledem k lokalitě a infrastruktuře ČR popsány a rozebrány čtyři velké evropské blackoutu viz. kap. 4.

¹⁸ K těmto živlům jako jsou hurikány, tornáda, zemětřesení, sněhové bouře, tsunami atd. dochází hlavně v Severní Americe.





3 BLACKOUT Z POHLEDU PŘENOSOVÉ SOUSTAVY

Tento bod diplomové práce popisuje, jak přenosová soustava blackoutům předchází – plán obrany a jak dochází k obnově elektrické energie – plán obnovy. Je zde popsán současný stav odolnosti ČR proti blackoutu a také do jakých stavů se česká elektorenergetika v posledních letech dostala.

VVN sítě jsou u nás provozovány státním podnikem ČEPS a krajskými distributory - ČEZ-distribuce, PRE nebo E.ON. Ti také sledují provozní spolehlivost¹⁹. Pro vyhodnocení spolehlivosti používají parametr SEIFY²⁰ a SEIDY²¹. (Kuchta, 2010)

3.1 Stav soustavy

Včasné a správné rozeznání stavu soustavy je jeden z předpokladů správného a efektivního uplatnění opatření Plánu obrany.

Stav	Legislativa	Příznaky	Prostředky
Normální „NORMAL“ 	Dispečerský řád - vyhláška č. 79/2010	Splněno kritérium N-1 U,I,P,Q,f v předepsaných limitech Stabilní provoz bez očekávaných problémů	
		Nesplněno kritérium N-1 Nedostatek regulačního výkonu	Příprava korektivních zásahů Preventivní zásahy Redispečink Rekonfigurace
Výstražný „ALERT“ 	Předcházení stavu nouze vyhláška. č. 80/2010	Napětí mimo meze $\pm 5\%$ (400 kV), $+11\%$ (220 kV) Odchylka f mimo meze ± 0.2 Hz Odchylka salda mimo meze spojená s vyčerpáním regulačních záloh Nelze obnovit splnění kritéria N-1 pro výpadky, které mohou ovlivnit sousední soustavy (s hrozbou šíření poruchy) Ostrovní provozu uvnitř PS Okolnosti, které ovlivňují či v blízké budoucnosti mohou ovlivnit bezpečný provoz PS Část PS nelze dočasně ovládat	Korektivní zásahy Rekonfigurace Vypínání/zapínání vedení Redispečink Havarijní výpomoc Regulace spotřeby Omezení exportu Protiobchod
		Pokles napětí pod $90\%U_n$ Odchylka f mimo meze ± 0.8 Hz Výpadky bloků způsobené změnami frekvence Působilo frekvenční odlehčování Vyčerpáný regulační výkon, velká odchylka salda Ostrovní provoz částí PS – rozpad PS Nefunkční dispečerské pracoviště	Vypínání spotřeby Řízené/automatické odlehčování Zrušení exportu
Nouzový „EMERGENCY“ 	Stav nouze vyhláška. č. 80/2010	Větší část PS ČR je bez napětí Většina elektráren je odpojena z PS ČR Většina přeshraničních vedení je vypnuta	Vystává potřeba použít proceduru „black-start“
„BLACKOUT“ 			

Tab. 3-1: Stav soustavy (Másló, 2012)

¹⁹ „Spolehlivost je obecná vlastnost objektu spočívající ve schopnosti objektu plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek“. (Skala, 2011)

²⁰ System average interruption frequency index - ukazatel průměrné systémové četnosti přerušení. (Skala, 2011)

²¹ System average interruption duration index - ukazatel průměrné doby trvání přerušení u odběratele. (Skala, 2011)

V tabulce jsou popsány čtyři stavy přenosové soustavy. Každý z těchto stavů sítě má své příznaky, které je možné také z tabulky vyčíst. V posledním sloupci tabulky jsou popsány prostředky řešení k jednotlivým stavům. Přenosová soustava při velké poruše přechází postupně z normálního stavu až do stavu blackout. Z tohoto stavu se zase postupně dostává až do normálního stavu.

Definice spolehlivostního kritéria N-1²² je taková, že při vypadnutí jednoho vedení, transformátoru nebo elektrárenského bloku nesmí dojít k přetížení jiného prvku v síti. (Galetka, 2009)

Pokud se neplní kritérium N-1²³, prověřuje se stav opravných zásahů, které by následovaly po výpadku elektrické energie. V případě, že nelze opravné opatření využít, je nutné udělat preventivní opatření. Pro odlehčení vedení se využívají také preventivní zásahy. V případě nedodržení kritéria N-1 po dobu přibližně 15 minut, kdy by výpadek ohrožoval i sousední soustavy a měl by tento stav trvat dál, stává se z normálního stavu stav výstražný. Soustava přejde do výstražného stavu také zhoršením klimatických podmínek, vypadnutím zařízení a dalšími poruchami. Do výstražného stavu soustava přejde i výpadkem zařízení, zhoršením klimatických podmínek nebo jinými poruchami. (Máslo, 2012), (ČEPS a.s., 2012)

V případě, že se zasahuje do práv odběratelů a výrobců je nutné vyhlásit stav nouze – regulace spotřeby, redispečink²⁴, protiobchod.

3.2 Plán obrany

Plán obrany je kvůli přehlednosti rozdělen podle pěti poruchových jevů, které mohou ohrozit bezpečný stav soustavy a jsou to opatření proti: (Máslo, 2012), (ČEPS a.s., 2012)

3.2.1 Poklesu a vzrůstu frekvence

V normálním provozu ES, který je charakterizován odchylkami frekvence v pásmu $\pm 0,2\text{Hz}$, bývá frekvence udržována pomocí primární regulace frekvence a sekundární regulace frekvence a výkonu.

Opatření proti poklesu a vzrůstu frekvence jsou definována ve frekvenčním plánu, který je koncepčně založen na²⁵:

- „čtyřstupňovém frekvenčním odlehčování odběrů na úrovni vývodů vn, přičemž jednotlivé frekvenční hladiny a sumární objem odlehčovaného výkonu v jednotlivých stupních je obdobný jako v ostatních soustavách kontinentálního propojení ENTSO-E a
- stanoveném chování regulace zdrojů při větších odchylkách frekvence od jmenovité hodnoty“

²² V zásadě se jedná o realizaci běžné technické bezpečnostní zásady, tj. odolnosti systému vůči selhání jednoho prvku, jež bývá obvykle spojována také s požadavkem nešíření této jednotlivé poruchy na prvky další.

²³ Platí pro vedení přenosové soustavy a vazební transformátory 400/200kV.

²⁴ Pro vnitřní redispečink jsou využívány jen zdroje uvnitř soustavy a musí se dodržet saldo regulační oblasti. To znamená, že když se v jednom uzlu výkon zvýší (zvýšení výroby případně snížení odběru), je potřeba v jiném uzlu o stejný výkon snížit (snížení výroby případně zvýšení odběru). Pro mezinárodní redispečink se využívají zdroje v obou sousedních soustavách postiženého přeshraničního profilu. Opět nezbytné dodržet celkové saldo obou regulovaných oblastí. (ČEPS a.s., 2010)

²⁵ (Máslo, 2012)

Reálné nastavení frekvenčního odlehčování v jednotlivých distribučních soustavách je nutno pověřovat pravidelně. Také je prováděna harmonizace a koordinace stupňů frekvenčního odlehčování v rámci ENTSO-E. Koncepční opatření dle druhé odrážky se musí týkat i nových obnovitelných zdrojů – především větrných a fotovoltaických elektráren, jejichž vlastnosti jsou specifické.

3.2.2 Poklesu a vzrůstu napětí

V přenosové soustavě jsou tato opatření v hierarchickém celku, který spočívá na²⁶:

- „*primární, sekundární a terciární regulaci napětí*“²⁷,
- *mimořádných zásazích v rámci operativního řízení provozu ES*“.

Kromě toho použije dispečer jako mimořádná opatření při poklesu napětí pod 380kV tyto prostředky²⁸:

- „*Pokyn na snížení činného výkonu klasických bloků v postižené oblasti za účelem uvolnění dostupného jalového výkonu – podle PQ diagramu, pro udržení výkonové bilance se najíždějí vodní elektrárny.*
- *Pokyn dispečerům DS ke snížení odebíraného činného výkonu v místech s minimálním napětím sítě.*
- *Žádost o pomoc u dispečera sousední soustavy při řízení nízkého napětí v hraniční rozvodně a směru toku jalového výkonu směrem ven*“.

V podmínkách PS ČR nejsou poklesy a vzrůsty napětí spojeny s přenosy činného výkonu²⁹, souvisí spíše s oslabenou konfigurací sítě, špatným účinkem na předacích místech a nedostatečným regulačním rozsahem jalového výkonu u zdrojů.

3.2.3 Kývání

Jestliže síť pracuje v oslabeném stavu³⁰ a zejména když zůstane větší elektrárenský výkon v paprsku, mohou v soustavě vzniknout netlumené kyvy. Hlavním pravidlem v tomto případě je, aby soustava nebyla oslabována dalším vypínáním. Všechny distanční ochrany vedení jsou pro zamezení chybného hlášení při výskytu kývání, které je považováno za stabilní, vybaveny závorou proti kývání.

Zároveň také při větších hodnotách přenosu v propojené soustavě může dojít k tzv. mezisystémovým kyvům o frekvenci 0.2 - 1 Hz, které se tlumí pomocí systémových stabilizátorů. Při těchto kyvech nesmějí zapůsobit ochrany.

V případě, že v soustavě vzniknou netlumené kyvy, může dispečer odstavovat elektrárenské bloky v místě s největšími kyvy, tj. nejvíce oslabené sítě.

²⁶ (ČEPS a.s., 2012)

²⁷ Hlavním cílem primární regulace je udržovat zadané svorkové napětí generátoru pomocí změny buzení stroje. Sekundární regulace udržuje požadované velikosti napětí v určených uzlech ES a rozděluje vyrobený jalový výkon na jednotlivé stroje. Terciární regulace koordinuje toky jalových výkonů a velikost napětí pro bezpečný a ekonomický provoz ES jako celku. (Doležal, Witner, 2000)

²⁸ (Másló, 2012)

²⁹ S výjimkou odlehčených vedení, kde vlivem nabíjecího výkonu kapacitního charakteru napětí stoupá a je ho nutno kompenzovat připojením tlumivek. (ČEPS a.s., 2012)

³⁰ např. vícenásobnou poruchou.

3.2.4 Ztrátě synchronismu

- Statická stabilita

Přenosová soustava ČR je kompaktní celek vykazující vysoký stupeň statické stability. K narušení meze statické stability dojde až v případě tranzitu výkonu, které překročí přenosové schopnosti jednotlivých přenosových profilů nebo ve výjimečných poruchových stavech. Proti ztrátě synchronismu chrání vypínací funkce distančních ochran na vedeních a transformátorech PS, která rozpozná nebezpečí narušení statické stability a následné ztráty synchronismu. Z těchto důvodů se nepředpokládá nutnost přípravy zvláštních opatření.

- Dynamická stabilita

V rozvodnách 400kV jsou pomocí výpočtu kontrolovány maximální dovolené doby trvání třífázového zkratu, aby nedocházelo k porušení dynamické stability blízkých generátoru. Podle této kontroly jsou hlídány i případy selhání vypínače. Generátory s výkonem, který je větší než 200 MVA, jsou podle normy ČSN 333051 vypínány ochranou proti ztrátě stability.

3.2.5 Přetížení

Přenosová soustava je z pohledu přetížení vedení provozována tak, aby vyhovovala kritériu „N-1“. V případě, že dojde k přetížení vedení, dispečer rozhoduje a provádí - podle stupně přetížení, učinit následující opatření³¹:

- „změna konfigurace sítě na úrovni přenosové soustavy,
- *dispečerský pokyn ke snížení výkonu elektráren v přebytečné části přenosové soustavy, při současném využití rychle startující zálohy v deficitní části (interní redispečink),*
- *dispečerský pokyn k přerušování případné práce na přenosových vedeních s cílem zapnout tato vedení,*
- *zvyšování napětí v přenosové soustavě,*
- *změna exportu/importu z/do sousedních soustav na základě sjednaného protiobchodu,*
- *v součinnosti s dispečinky PDS převádí výkon uzlových oblastí 110kV,*
- *dispečerský pokyn dispečerům distribučních soustav k snížení odběru“.*

3.3 Plán obnovy

Elektrizační soustava České republiky je navržena a provozována tak, aby vyhověla spolehlivostnímu kritériu „N-1“ a v případech spojených s vyvedením jaderných elektráren i kritériu „N-2“. U takto navržené soustavy je pravděpodobnost poruchy, doprovázené narušením normálního stavu, nízká. Praktický provoz ale ukazuje, že čas od času se vyskytne náhodné seskupení jevu vedoucí k rozsáhlé poruše a ze světa jsou dokonce známy případy poruch, jejichž důsledkem byla totální ztráta napětí uživatelů - výpadek soustavy (Black Out).

Výpadek soustavy s sebou nese značné hospodářské ztráty pro všechny uživatele soustavy. Základním parametrem ovlivňujícím velikost hospodářských ztrát je doba trvání poruchy, a zvláště pak doba trvání výpadku, což je doba, po kterou není dodávána elektrická energie. Hlavním účelem Plánu obnovy je na prvním místě zkrácení doby trvání výpadku elektrické energie.

³¹ (ČEPS a.s., 2012)

V této části práce bude dále definován stav soustavy po poruše typu blackout a chronologicky priority při obnově soustavy po této poruše.

„Blackout je stav elektrizační soustavy, kdy celá přenosová soustava, její části nebo významná oblast ES je bez napětí. K rozpadu soustavy může dojít po významném výpadku přenosových a nebo výrobních zařízení, které vedou ke vzniku ostrovních provozů a následnému napětíovému a nebo frekvenčnímu kolapsu.“ (Máslo, 2012)

3.3.1 Priority napájení po blackoutu

Zde jsou chronologicky napsány priority při obnově soustavy po poruše typu blackout (Energetický regulační úřad, 2012):

1. *“vlastní spotřeba jaderných elektráren,*
2. *vlastní spotřeba systémových klasických elektráren,*
3. *hlavní město Praha,*
4. *velké městské aglomerace,*
5. *ostatní spotřebitelé“.*

3.4 Současný stav odolnosti proti blackoutu v ČR

Elektrizační soustava ČR se díky své poloze řadí mezi vnitřní³² soustavy. Naše soustava je napojená prostřednictvím deseti vedení 400kV³³ a šesti vedení 220kV³⁴ na soustavy čtyř zemí (Polsko, Slovensko, Rakousko, Německo)³⁵. Z tohoto faktu vyplývá i základní strategie obnovy soustavy po poruše typu blackout. Způsob obnovy napětí ze sousedních přenosových soustav je upřednostňován z důvodů možnosti získat rychlým způsobem stabilní napětí. Když není možnost získat napětí ze soustav v zahraničí, postupuje dispečink ČEPS, a.s. podle provozních instrukcí pro obnovu napájení z elektráren schopných startu ze tmy. Bloky některých vodních nebo plynových elektráren jsou uváděny do provozu samostatně na pokyn dispečera podle místních provozních předpisů. Vypnutím všech vypínačů v postižené oblasti se dosáhne toho, že dispečer může vycházet, při řešení obnovy soustavy, z jasně definovaných podmínek. Dispečer, který je odpovědný za obnovu zasažené oblasti zajistí opětovné připojení elektrárenských bloků a jejich postupné zatěžování dalšími prvky přenosové soustavy. (Energetický regulační úřad, 2012)

Současná legislativa ČR zatím neobsahuje ustanovení o řešení provozní situace a nouzového zásobování „za stavem nouze“. Distribuční soustava v současnosti není bez propojení s přenosovou soustavou schopna funkce a provozovatel distribuční soustavy není při rozpadu přenosové soustavy odpovědný za škody způsobené výpadkem elektřiny. (Beneš, 2010)

³² Díky své geografické poloze v centru Evropy.

³³ Délka přenosového vedení 400 kV v ČR je 3 479 km. (ČEPS a.s., 2011)

³⁴ Délka vedení 220 kV je 1 910 km. (ČEPS a.s., 2011)

³⁵ Do zahraničí vede celkem 17 linek. (ČEPS a.s., 2011)

3.5 Blackout v ČR

V tomto bodě diplomové práce jsou popsány dva stavy, do kterých se česká elektroenergetika dostala. Při těchto stavech nebylo daleko k celkovému blackoutu.

3.5.1 Nouzový stav 24. Července 2006

I energetika v České republice byla téměř na počátku blackoutu. Nouzový stav, který vyhlásil ČEPS 24. července 2006, nebyl typickým blackoutem ve smyslu dopadu na obyvatelstvo. Dodávka elektrické energie v ČR nebyla žádnému spotřebiteli přerušena. Velcí spotřebitelé však vlivem vyhlášených regulačních stupňů museli omezit odběr. Dispečink ČEPS tento den musel řešit více než 1000 tísňových volání. Změnil objem toku energie v ČR a to vlivem přetížení sítě v sousedních státech, jak v severojižním směru, tak i od východu na západ. Stalo se to 4. července, kdy průměrná teplota ve stínu během dne byla 27°C, v 9 hodin ráno byla teplota již 33°C. Zatížení sítě bylo o 500 MW vyšší než obvykle v tomto čase. Dne 20. května 2006 bylo při vichřici zdemolováno vedení 400 kV mezi rozvodnou Hradec a německým Etzenrichtem. Toto vedení bylo rychle nahrazeno provizorní linkou a byla zahájena oprava. Shodou okolností také dne 24. července probíhalo přepojování z provizorního vedení na původní opravené vedení. (Kuchta, 2010)

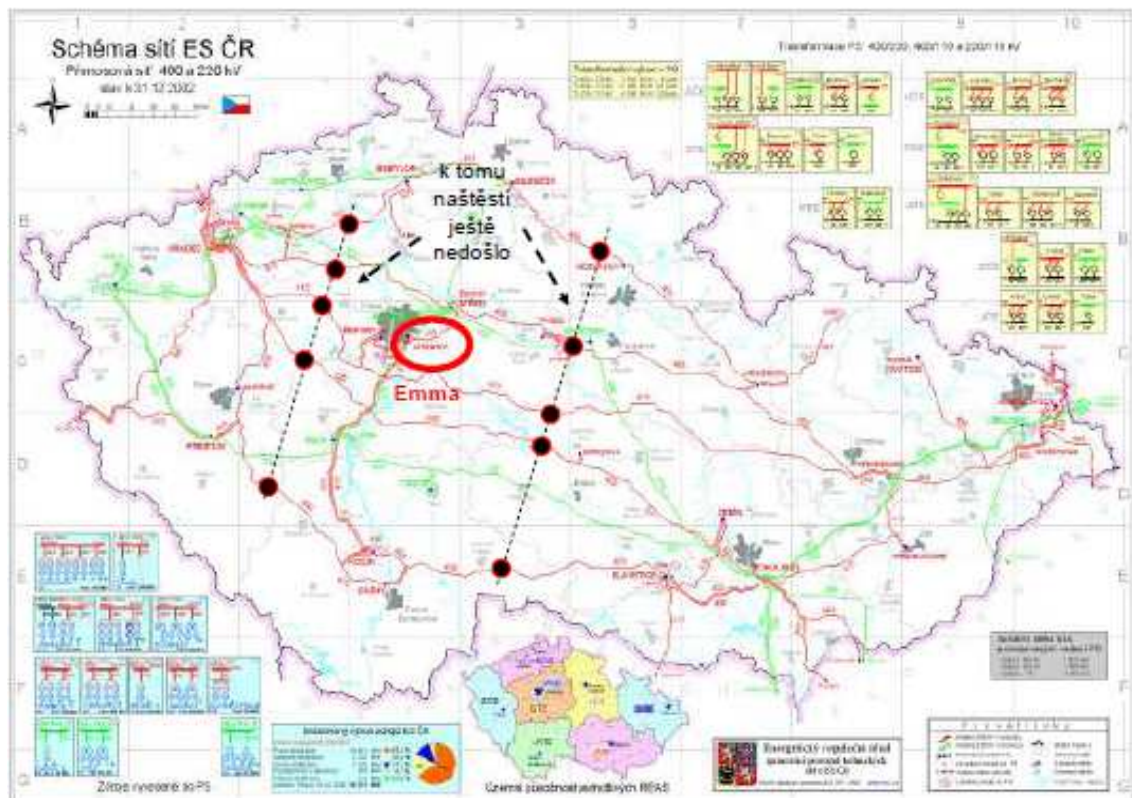


Obr. 3-1: Velké elektrárny, rozvodny a přenosová soustava v ČR (Kuchta, 2010)

Kvůli opravám a revizím byly na území ČR vypnuty další čtyři přenosové trasy. Po osmé hodině ranní došlo k nečekanému vypnutí rozvodny Diviča ve Slovinsku z důvodu požáru v blízkosti rozvodny a následně ke zvýšení odběru z ČR do Rakouska. To vedlo k přetížení jednoho ze 400 kV vedení rozvodny Hradec a jeho následnému vypnutí. Lavinovým efektem pak došlo k dalším výpadkům, a proto se část sítě v ČR dostala do ostrovního provozu. Tento ostrovní provoz byl však značně nerovnovážený, protože v něm zůstala velká část zdrojů a vykazoval značný přebytek výkonu 1 500 MW. Stejný rozdíl byl ve zbývající části soustavy, ale jako deficitní. Systém se podařilo i přesto zregulovat a asi po 1 hodině soustavu ČR opět spojit³⁶.

3.5.2 Orkán Emma 1. 3. 2008

Před rokem 2007 by téměř nikdo nebyl názoru, že může být území celé České republiky zasaženo ničivým orkánem v takovém rozsahu, který známe ze zpráv o velkých hurikánech v oblasti Severní Ameriky, tedy „nejhorší případ“, kdy by bylo překonáno kritérium N-1 (viz obrázek 3). (Beneš, 2010)



Obr. 3-2: Scénář blackoutu „Nejhorší případ“ (Beneš, 2010)

Po ničivém orkánu Kyril v roce 2007 a Emma v roce 2008 je tato situace reálná. Zatímco Kyril ničil hlavně lesy, orkán Emma působila škody i elektrizační soustavě³⁷.

³⁶ (Kuchta, 2010)

³⁷ (Beneš, 2010)

Nejvážnější byl dopad ze dne 1.3.2008 poškození vedení V415 u obce Břežany, které spojuje transformovny Chodov a Čechy Střed. Délka poškozeného vedení byla změřena na 2612 metrů, poškozeno bylo 6 nosných stožárů. Výstavba náhradního vedení o délce 2853 metrů sestavené z 24 stožárů typu „portál“ o rozpětí stožárů 130 metrů byla zahájena 7. 3. a dokončena 20.3. Z toho je možné usuzovat, kdyby nastala podobná havárie v budoucnu v rozsahu $N > 2$, mohlo by dojít k velmi vážné krizové situaci, která by postihla území celé České republiky po dobu několika týdnů. Následky tak velkého blackoutu by byly katastrofické. Je patrné, že bez ohledu na příčiny, bychom nebyli v žádném případě schopni bez elektrické energie zajistit základní potřeby obyvatel³⁸ a jejich bezpečí³⁹. Když dojde k obnovení funkce kritické infrastruktury do 24 hodin, je situace z hlediska ochrany obyvatelstva a udržení veřejného pořádku zvládnutelná. Pokud však není obnoveno uspokojení základních fyziologických potřeb a potřeba bezpečí v několika dnech, pak se s jistotou od 5. dne po katastrofě život komunity rozkládá. I početní občané berou osud a právo do svých rukou a v zájmu zajištění vody a potravin pro svou rodinu jsou schopni zúčastnit se rabování. Viz. kap. 2. (Beneš, 2010)⁴⁰

Za tím účelem jsou plánována regulační opatření, která slouží ke snížení spotřeby nedostatkových surovin, výrobků a energií nebo usměrnění jejich spotřeby v souladu s krizovými plány v případech, kdy krizová situace nabývá takového rozsahu, že běžné ekonomické nástroje nejsou při zajišťování nezbytných dodávek dostatečně účinné. Mohou být přijata jen v případě, že účinku s nimi spojeného nelze dosáhnout jinak a jen na nezbytně nutnou dobu. Ministerstva jsou povinna připravit v oblasti své působnosti potřebné činnosti. Zatímco pro regulaci zásob s potravinami, benzínem a naftou je navržen přidělový systém pomocí potravinových lístků a poukázek na PHM, pro přidělový systém v elektroenergetice zatím naše síť neumožňuje.⁴¹

3.5.3 Přetoky energie z Německa

Česká přenosová soustava v poslední době kvůli obnovitelným zdrojům v Německu čelila velkému zatížení. Jde o nárazové situace, které ale oproti minulým letům, kdy to byla otázka třeba jednoho až tří dnů, nyní trvají už týdny. Je v těch obdobích, kdy nastává souhra kombinací, že na severu Německa fouká vítr a na jihu svítí slunce. To pak ohrožuje naši soustavu tím, že my a sousedi v bývalém východním Německu máme vyčerpána všechna nápravná opatření, kterými bychom toky řídili a snažili se je snížit na technicky přijatelnou úroveň. Další zvýšení těchto toků by už muselo být řešeno ochrannými opatřeními typu rozpojení soustav a to je samozřejmě nepřijatelné. Stav byl vážný natolik, že se dokonce dostal na mezinárodní jednání na nejvyšší úrovni. Jedním z možných řešení je nainstalování PST⁴² - zařízení, které prostřednictvím změny fázového úhlu pomáhá řídit toky elektřiny v přenosových soustavách a rozložit je na méně zatížená vedení. PST jsou obecně uznávaným prostředkem pro řešení provozu PS. Instalace dvou transformátorů v rozvodně Hradec u Kadaně by stála přes dvě miliardy korun. (Charvát, 2012), (Froněk, 2013)

³⁸ Zajištění dodávek elektřiny a tepla, vody a potravin.

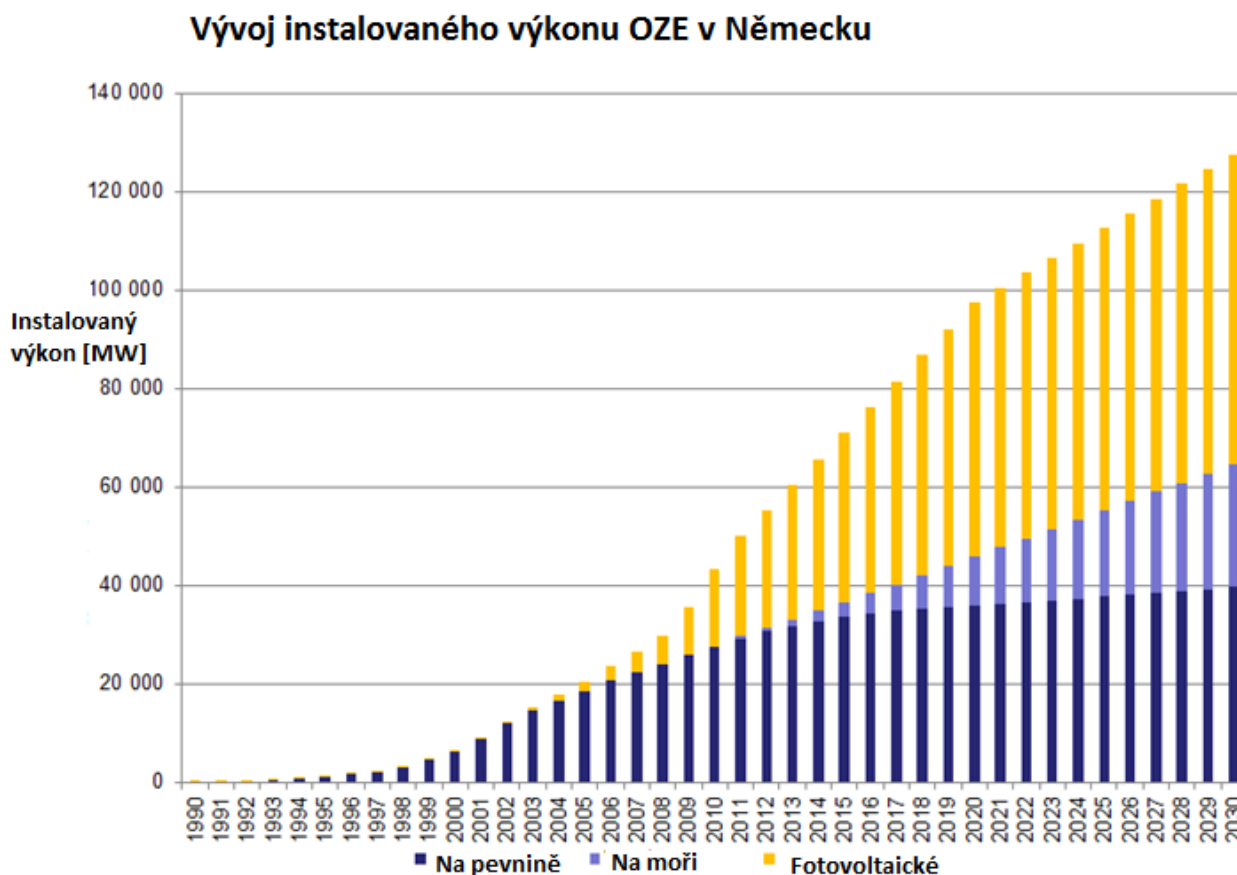
³⁹ Tj. funkci ostatní kritické infrastruktury.

⁴⁰ Autor zjevně používá Maslowovy motivační pyramidy. Ve skutečnosti však situace bývá mnohem složitější a reakce různých společenských vrstev v různě vyspělých společnostech mohou být značně odlišné, nehledě na reakce a vzory některých jedinců.

⁴¹ (Beneš, 2010)

⁴² Phase Shift Transformer – transformátor na fázový posun.

V loňském roce byla nucena Česká přenosová soustava v některých situacích zvládnout přenos až tři a půl krát vyšší tok výkonu, než na který je obvykle zvyklá. Největšímu náporu čelila síť 25. listopadu 2011. Na vině byl především výkon německých větrných parků, ke kritickému stavu přispěl také výrazný nárůst výkonu německých fotovoltaických elektráren. (Charvát, 2012), (Froněk, 2013)



Obr. 3-3: Vývoj instalovaného výkonu OZE v Německu (Chrapek, 2012)

Z obrázku je patrné, že hlavními důvody, proč přetoky výkonu z Německa začaly ohrožovat přenosovou soustavu ČR, patří výrazný nárůst množství elektřiny vyrobené z větrných zdrojů, umístěných převážně na severu Německa, a také fotovoltaických elektráren, které jsou spíše na jihu, v kombinaci s nedostatečnou vnitroněmeckou kapacitou pro její přenos. Situaci ještě umocňuje odstavení první skupiny jaderných elektráren⁴³ v Německu⁴⁴.

Z OZE vyplývají následující rizika:

- Velká a ohrožující disproporce zdrojů a přenosové infrastruktury.
- Investice do infrastruktury mají daleko větší setrvačnost.
- Neřízená dynamika rozvoje ES.

⁴³ Přes 8000MW.

⁴⁴ (Charvát, 2012), (Froněk, 2013)

3.6 Vliv Fukušimy na elektroenergetiku v ČR

Tento bod práce je věnován vlivu, který vyplývá z celosvětového hodnocení bezpečnosti a ze zátěžových testů JE, tzv. Stresstestů.

Odstoupení Německa od jaderných elektráren a možné vlivy na jeho následování znamenají pro Českou republiku významné nejistoty. Nemáme takové možnosti pro nahrazení jaderných zdrojů jinými, jako mají v Německu. Nejsme přímořský stát a nemáme tedy možnost využít mořské větrné parky. Naše zásoby uhlí jsou značně omezené a uhlí je také zapotřebí v teplárenství a chemickém průmyslu. Jestliže nebudeme uhlí dovážet, tak přechod od jádra na uhelnou energetiku není možný. Co se týká plynu, tak je reálné, že jeho spotřeba díky nastavené politice v Německu poroste a tím samozřejmě i jeho cena. Česká republika má mnohem menší kupní sílu obyvatelstva i ekonomickou sílu než je v Německu. Z toho důvodu jsou možnosti využití fotovoltaiky u nás sniženy, protože je z ní cena elektřiny příliš vysoká. Fotovoltaika nemůže být významným zdrojem ani v Německu, natož v ČR.⁴⁵

Jestliže Německo včas nepostaví nové linky pro přenos energie z větrných elektráren ze severu k jihu nebo nezajistí odstavení větrných elektráren v případě velkého přebytku výroby, pak bude stabilita⁴⁶ naší sítě výrazně ohrožena. Německo bylo převážně exportér elektrické energie, ale v posledních letech se změnilo spíše na importéra. Všechny naše sousedící státy jsou v současné době dovozci elektřiny a jen my máme aktivní saldo⁴⁷. Vzhledem k odstavování dosluhujících uhelných zdrojů a úbytku uhelných zásob, by se u nás včas měla zahájit výstavba nových jaderných bloků v Temelíně, jinak se situace změní i u nás. Slovensko by si mohlo, co se týká salda, polepsit díky dvěma rozestavěným blokům na jaderné elektrárně Mochovce. (Wagner, 2012)

Dalším velkým rizikem pro naši energetiku jsou:

- aktivisté z Rakouska a Německa,
- závislost Polska na uhlí.

Jestliže němečtí aktivisté přesměrují, po odstavení německých jaderných elektráren, svoji pozornost a aktivity k našim jaderným elektrárnám, bude to úplně jiná situace, než která byla od rakouských aktivistů. Německo je ekonomicky vyspělejší než naši jižní sousedé. Možný je i dopad ekologický. Polsko je silně závislé na výrobě elektrické energie ve starých uhelných elektrárnách a ke všemu je jeho průmyslová oblast kolem Katovic blízko našich hranic. V Polsku zvažují částečnou náhradu uhelné energetiky jádrem. Z toho důvodu by se mohly zlepšovat ekologické podmínky u nás. Pokud však od tohoto rozhodnutí odstoupí, pod vlivem německých protijaderných aktivistů, pak zůstanou ještě hodně dlouho u uhlí.⁴⁸

⁴⁵ (Wagner, 2012)

⁴⁶ Statická stabilita studuje pomalé změny výkonu o malou hodnotu ΔP např.: zvýšení odběru výkonu. Dynamická stabilita studuje rychlé změny výkonu o velkou hodnotu ΔP např.: zkrat na vedení, odepnutí jednoho vedení,...

⁴⁷ Rozdíl mezi exportem a importem.

⁴⁸ (Wagner, 2012)

4 PŘÍČINY A NÁSLEDKY VELKÝCH VÝPADKŮ V DODÁVKÁCH ELEKTRICKÉ ENERGIE

Příčiny výpadků elektrické energie mohou být různé, jak je popsáno v úvodu práce. Příčinám a následkům se práce věnuje proto, aby bylo možné blackoutu, které budou v tomto bodě rozebrány dopodrobna, vzájemně porovnat.

V této kapitole jsou popsány velké evropské výpadky elektrické energie, které postihly 23. září 2003 Dánsko a Švédsko, 28. září 2003 Itálii, 12. července 2004 Řecko a 4. 11. 2006 Německo. Je zde také rozebrán scénář cvičení blackout na EDU, které se uskutečnilo 25. 4. 2013.

4.1 Výpadek v Dánsku a ve Švédsku 23. 9. 2003

Švédská přenosová soustava byla zatížena 23. září 2003 kolem 15 000 MW. Dva bloky jaderné elektrárny Barsebäck byly odstaveny⁴⁹, takže spotřeba jižního Švédska byla pokryta pouze z místních malých zdrojů a importem 1 883 MW ze severu státu a 406 MW z ostrova Zeeland⁵⁰. Dvě vedení 400kV v této oblasti byla odstavena z důvodu údržby a dále nefungovaly stejnosměrné spojky do Polska a Německa. (Máslo, 2005), (Erkraft systém, 2003), (Union of the Electricity Industry, 2004)

Zpráva vypovídající o tomto výpadku v zásobování elektřinou (Máslo, 2005), (Erkraft systém, 2003) uvádí tento sled událostí:

12:30 – Jaderná elektrárna Oskarshamn snížila výkon třetího bloku z 1 175 MW na 800 MW kvůli problémům s ventily u obvodů s napájecí vodou. Závady se nepodařilo eliminovat a reaktor musel být odstaven. To znamenalo ztrátu 1 175 MW. Díky automatické regulaci frekvence ve vodních elektrárnách soustavy NORDEL⁵¹, byl tento výpadek pokryt. Napětí zůstalo v povolených mezích.

12:35 – V rozvodně Horred nastal dvoufázový přípojnicový zkrat. Do rozvodny Horred jsou vyvedeny dva bloky 900 MW jaderné elektrárny Ringhals. Porucha spínače přípojnic způsobila přípojnicový zkrat a to vedlo k vypnutí všech vedení přípojnicovou ochranou. Následkem toho byly vypnuty oba bloky o celkovém výkonu 1 750 MW a dvě přenosová vedení 400kV. To způsobilo velké rozdíly výkonu a pokles frekvence až na 49 Hz, takže začalo působit podfrekvenční odlehčování zátěže. Síť byla silně přetížena a z nedostatku jalového výkonu klesalo napětí.

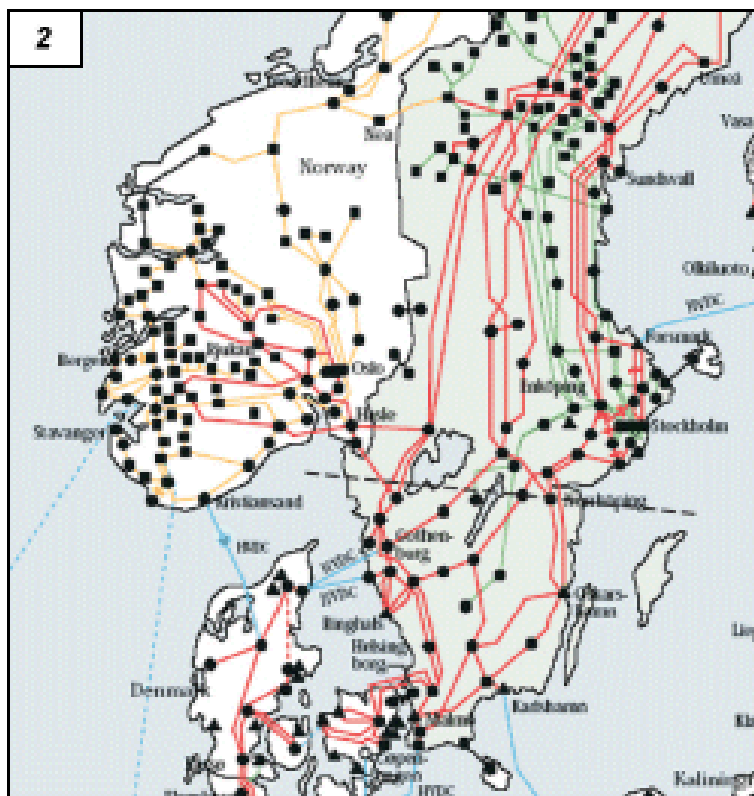
12:36:30 – Soustava se dostala do stabilizovaného stavu, ale zatížení oblasti rostlo vlivem přepínání odboček na distribučních transformátorech. Snaha o zvýšení napětí v distribuční

⁴⁹ První blok byl odstaven z politického důvodu – odmítnutí dále využívat jadernou energii.

⁵⁰ Dánský ostrov a je synchronně propojen se Švédskem podmořskými kabely.

⁵¹ Tj. Norsko, Švédsko, Dánsko.

soustavě ale vedla k poklesu napětí ve vedení 400kV a k napěťovému zhroucení v jihozápadní části Švédska a v Oslu. Distanční ochrany kvůli poklesu napětí vypnuly přenosové vedení. Následkem vypnutí vedení, se z jižního Švédska a východního Dánska stal „ostrov“, který byl deficitní⁵²viz. Obr. 4-1. Po tom co frekvence a napětí dosáhly meze pro vypínání zdrojů nastal v této oblasti blackout.



Obr. 4-1: Schéma přenosové soustavy Švédska, Dánska a Norska s vyznačením hranice výpadku v zásobování elektrinou (Máslo, 2005)

Výpadek celého napájení byl o velikosti 4 500 MW ve Švédsku a 1 850 MW v Dánsku. Oblast zasažená výpadkem elektrické energie je vyznačena na obr. 4-1 (pod čárkovanou čarou). Obnovit napájení se podařilo za jednu až šest hodin. Rozsáhlý výpadek byl způsoben souběhem dvou nezávislých poruch, které nastaly chvíli po sobě, takže po prvním výpadku bloku (událost N – 1) nebylo možné obnovit bezpečný stav soustavy. Po přípojnicovém zkratu vypadly další zařízení - dva bloky a dvě vedení. Při takto velkých poruchách (N – 3 a více) soustava nezvládá zajistit napájení odběratelů. (Máslo, 2005), (Erkraft systém, 2003)

⁵² S nedostatkem činného i jalového výkonu.

4.2 Výpadek v Itálii 28. 9. 2003

V neděli 28. září 2003 kolem třetí hodiny v noci byla italská přenosová soustava zatížena přibližně 24 GW a 3 638 MW na čerpání v přečerpávacích vodních elektrárnách. Celkový dovoz byl 6 651 MW, z toho (skutečně/plánovaně) 3 610/3 068 MW ze Švýcarska, 2 212/2 650 MW z Francie, 638/467 MW ze Slovinska a 191/223 MW z Rakouska. Vedení 220 kV Podlog (Slovinsko) – Obersielach (Rakousko) bylo z důvodu údržby vypnuto. (Máslo, 2005), (UCTE, 2004), (Union of the Electricity Industry, 2004)

První část poruchového děje byla vyvolána kaskádovitým vypínáním vedení, způsobeným jejich přetěžováním. Větší oteplení díky vyššímu procházejícímu proudu způsobilo zvětšování průhybu lan, a tím se zvýšilo riziko přeskoků a zkratů zaviněných dotykem stromů a vedení. Následující popis událostí vychází ze závěrečné zprávy. (Máslo, 2005), (UCTE, 2004):

03:01:42 – Došlo k prvnímu výpadku na vedení 380 kV Lavorgo – Mettlen ve Švýcarsku, nazývaném Lukmanier. Kvůli přetížení⁵³, silnému větru a vlhkosti došlo k jednofázovému zkratu, po kterém došlo k neúspěšnému opětovnému zapnutí. Neúspěšné opětovné zapínání nastalo kvůli velkému fázovému rozdílu napětí na konci vedení, který byl 42°. Velký fázový rozdíl byl způsoben velkými výkony, které přes oslabenou síť výpadkem protékaly. Švýcarský provozovatel sítě žádal po tomto výpadku italskou společnost GRTN, aby snížila import o 300 MW – během deseti minut splněno.

03:25:21 – Druhý výpadek nastal po zkratu, který vyvolal dotyk vodiče a stromu, a to na švýcarském 380 kV vedení Sils – Soazza, nazývaném San Bernardino. Přetížení na vedení bylo 110%. Takto přetížené vedení může být v provozu jen po omezenou dobu, aby nedošlo k překročení povoleného průhybu.

03:25:25 – Došlo k výpadku vedení 220 kV Airolo – Mettlen ve Švýcarsku.

03:25:26 – Italská síť vypadla ze synchronismu⁵⁴.

03:25:28 – Vypadlo vnitřní vedení 220 kV Cislago – Sondrio (Itálie) a další mezistátní vedení Riddes (Švýcarsko) – Avise (Itálie) a Riddes – Valpelline (Itálie); v rakouské rozvodně 220 kV Lienz došlo k rozpojení přípojníc,

03:25:32 – Nastalo vypadnutí 400 kV vnitřního vedení Albertville – La Coche (Francie); vypadla přečerpávací vodní elektrárna Malta v Rakousku o výkonu 145 MW.

03:25:33 – Vypadla dvě vedení 220 kV. Lienz (Rakousko) – Soverzene (Itálie) a Le Broc-Carros (Francie) – Camporosso (Itálie),

03:25:34 – Došlo k výpadku dvojitého vedení 400 kV Albertville (Francie) – Rondissone (Itálie),

⁵³ 86 % tepelné kapacity při 2 400 A a teplotě 10 °C.

⁵⁴ Velký tok činného výkonu nebyla zbylá vedení schopna přenést.

03:25:35 – Vypadlo vedení 400 kV Divača (Slovinsko) – Redipuglia (Itálie) a Redipuglia – Planais (Itálie) a 220 kV vedení Redipuglia – Safau (Itálie).

Na obr. 4-2 je patrné jak se italská síť oddělila od zbytku synchronní zóny UCTE a začal její ostrovní provoz. Obnovení se Itálie dočkala po osmi až šestnácti hodinách, ale některé části jižní Itálie byly bez dodávky elektrické energie až tři dny. (Máslo, 2005), (UCTE, 2004)



Obr. 4-2: Schéma propojení Itálie a UCTE (Máslo, 2005)

Nezávislá vyšetřovací komise zveřejnila svoji závěrečnou zprávu s těmito hlavními příčinami výpadku: (Máslo, 2005), (UCTE, 2004), (Union of the Electricity Industry, 2004)

- Vedení Lukmanier ve Švýcarsku se nepodařilo opětovně zapnout.
- Chybné rozklíčování vážné situace v době přetížení vedení San Bernardino ve Švýcarsku.
- Nerozpoznání urgentní situace při přetížení vedení San Bernardino (Sils–Soazza) ve Švýcarsku a nepostačující kroky k jeho odlehčení.
- Zhroucení napětí a po přechodu Itálie do ostrovního provozu došlo i ke ztrátě statické stability.
- Špatná údržba⁵⁵.

⁵⁵ Ořezávání stromů pro udržování bezpečné vzdálenosti větví od vodičů.

4.3 Výpadek v jižním Řecku 12. 7. 2004

Od poloviny 90. let minulého století bývá špičkové zatížení elektrizační soustavy Řecka větší v létě než v zimě, protože se čím dál více používá klimatizace. Zatížení bývá největší kolem poledne v pracovní dny před obdobím dovolených. Řecká přenosová soustava je velmi náchylná k napěťové nestabilitě, jejíž hlavním důvodem je přenášení velkých výkonů ze severu a západu do míst, kde se elektrická energie spotřebovává – do oblasti Atén. Od roku 1996, kdy byl objeven první případ napěťové nestability, byla síť zesilována, ale její zatížení také velmi rostlo, a to jednak vlivem většího využívání klimatizace a jednak z důvodu příprav na pořádání olympijských her. Výstavba nové 400 kV rozvodny v Argypolii byla zrušena kvůli nesouhlasu občanů. 12. července 2004 byla z důvodu poruchy a opravy odstavena mimo provoz dvě venkovní a dvě kabelová vedení 150 kV. Zařízení nebyla opravena včas, protože část personálu byla zaměstnána přípravami na olympiádu. Následkem bylo přetížení tří autotransformátorů v rozvodně Pallini a pokles napětí v oblasti Atén. Souběhem všech uvedených nepříznivých okolností bylo způsobeno, že se v tento den odpojila jižní část Řecka od zbytku přenosové soustavy a pak došlo k úplnému výpadku dodávek elektrické energie odběratelům. (Vournas 2004), (Máslo, 2005)

Dále jsou události z 12. července 2004 popsány podle zprávy (Vournas 2004), (Máslo, 2005):

07:08 – Kvůli poruše ve vlastní spotřebě byl odstaven 300 MW blok č. 2 v elektrárně Lavrio u Atén. Po odstranění poruchy nastaly problémy s najížděním. Zatížení sítě stále rostlo a napětí kleslo až na 90% jmenovité hodnoty. Po připojení opraveného bloku č. 2 byl pokles zastaven. Blok se podařilo synchronizovat a připojit k síti až v 12:01. Kolem dvanácté hodiny bylo zatížení v jižním Řecku⁵⁶ 4 300 MW. Místní výroba však byla pouze 2 300 MW. Dovoz ze severu 2 000 MW

12:12 – Blok č. 2 elektrárny Lavrio byl zatěžován na technické minimum a došlo k dalšímu výpadku, který byl způsoben vysokou hladinou vody v bubnovém kotli. Kvůli výpadku chyběl jalový výkon pro udržení napětí. Elektrárny snižovaly v postižené oblasti činný výkon, aby umožnily dodávku jalového výkonu. Tím ale stoupl import činného výkonu z 2 000 MW na 2 400 MW a pokles napětí se ještě zvýšil.

12:25 – Dispečeri přenosové soustavy požadovali snížení zátěže o 100 MW.

12:30 – Došlo k ručnímu vypnutí 80 MW, ale to nestačilo na zastavení snižování napětí.

12:35 – Zvýšení požadavku na vypnutí o dalších 200 MW. Kvůli pomalé komunikaci mezi provozovateli soustav zatížení naopak rostlo. Vypínání zatížení bylo pomalé a odlehčení nebylo provedeno včas, proto nastal napěťový kolaps.

12:37 – Vybavením ochran došlo k výpadku bloku č. 3 v elektrárně Aliverio ve středním Řecku.

12:38 – Blok č. 4 na této elektrárně byl ručně vypnut. Ochrana 400 kV vedení rozděluje sever a jih Řecka. Jih země se ocitl v ostrovním provozu.

⁵⁶ Oblasti Attika a poloostrov Peloponés.

13:39 – Nastal úplný výpadek napájení, s celkovým výkonem 4 500 MW. Soustava se začala obnovovat v 12:45 a byla ukončena v 17:30. Všem spotřebitelům byly obnoveny dodávky elektrické energie.



Obr. 4-3: Schéma oddělení jižní části Řecka od druhé zóny UCTE (Máslo, 2005)

Závěrečná zpráva (Vournas 2004), (Máslo, 2005) uvádí tyto rozhodující příčiny výpadku:

- Neudržování hladiny napětí kvůli vysoké spotřebě jalového výkonu⁵⁷, při přenosech činného výkonu ze severní do jižní části země docházelo k velkým úbytkům napětí, oslabení sítě a nedostačující dodávky jalového výkonu⁵⁸.
- Nedostavěné přenosové a transformační kapacity v letech 2003 a 2004, se kterými by byla síť odolnější.
- Neopravené výpadky oslabovaly síť.
- Zatížení bylo příliš pomalu nouzově vypínáno.

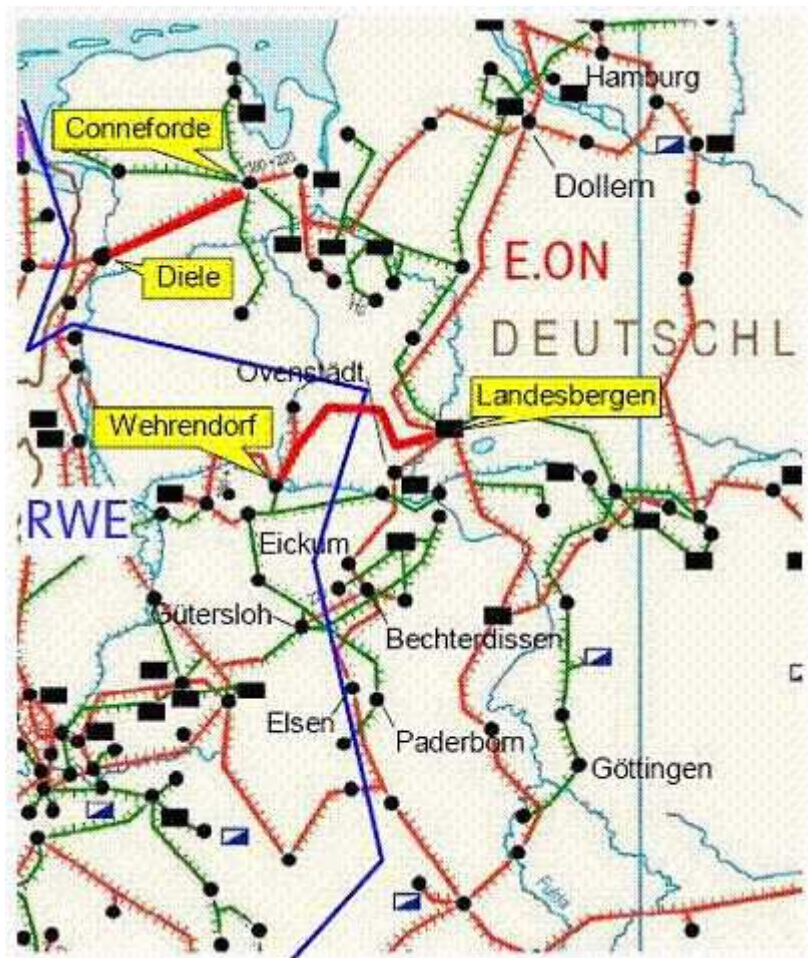
⁵⁷ Jalový výkon spotřebovávala hlavně klimatizace.

⁵⁸ Výpadky zdrojů, nepřipravené kompenzační prostředky.

4.4 Výpadek v Německu 4. 11. 2006

Blackout, který nastal v Německu na řece Emži, nemá s žádným jiným výpadkem obdoby, co se týká příčiny tohoto výpadku sítě. Způsobila jej zaoceánská loď „Norská Perla“, kvůli které se vypínalo vedení. V sobotu 4. 11. 2006 se evropská elektroenergetická soustava otřásla v základech, jak popisuje následující zpráva: (ERGEG, 2007)⁵⁹

Začátek byl velmi prostý a to když 18.9.2006 požádalo rejdařství Meyerwerft firmu E.ON o vypnutí dvou linek 380 kV Conneforde - Diele, které jsou přes řeku Emži (Ems), a to v termínu 5. 11. 2006 od 01:00.



Obr. 4-4: Orientační mapa při blackoutu v Německu (Nejedlý, 2008)

Důvodem této, na první pohled, kuriózní komunikace byla skutečnost, že z loděnice vyplouvala na volné moře nová luxusní zaoceánská loď "Norwegian Pearl" pro 2500 pasažérů. Vzhledem k ponoru této třídy lodí bylo nutné zvýšit hladinu řeky, přičemž vzhledem k rozměrům lodi nelze zajistit dostatečný odstup elektrického vedení nad řekou od vrchní části její konstrukce, což je samozřejmě nebezpečné pro posádku i pro loď. Od roku 1995 vypínala E.ON z tohoto

⁵⁹ Problematice se také věnují následující zdroje: (Bundesnetzagentur, 2007), (Nejedlý, 2008), (UCTE, 2004)

důvodu tyto linky již čtrnáctkrát. Na základě provedených analýz předpokládaného zatížení přenosové soustavy firma E.ON dne 27. 10. 2006 předběžně povolila průjezd lodí a následně informovala o předpokládaném vypnutí spolupracující síťové operátory - TenneT (Nizozemí) a RWE, aby i oni mohli provést své síťové analýzy. Tyto analýzy ukázaly, že přenosové vedení bude silně zatížené, ale vše bude v rámci povolených mezí.

Chvilí před termínem, který byl původně naplánovaný, se akce začala komplikovat. Rejdařství požádalo dne 3. 11. okolo 12:00 firmu E.ON o uspíšení vypnutí linek o 3 hodiny, tj. už na 4. 11. ve 22:00. E.ON provedla novou síťovou analýzu a udělila předběžný souhlas, avšak o svém rozhodnutí o uspíšení akce neinformovala spolupracující operátory (TenneT a RWE). Kvůli pozdnímu oznámení ze strany rejdařství již nebylo také možné provést úpravy v dodávkách elektřiny mezi Německem a Nizozemskem, které již byly domluveny. E.ON rovněž nezpracovala nové informace do databáze DACF⁶⁰, sdílenou všemi operátory v rámci UCTE, kterou odesílala 3. 11. okolo 18:00. Spolupracující operátoři dostali od E.ON aktuální informace až 4. 11. v 19:00.

4. 11. – Díky tomu, že byla nízká poptávka po el. energii, probíhaly na mnoha vedeních v rámci soustavy UCTE údržby a rekonstrukce. Přes noc byla velká dodávka elektřiny z Německa do Holandska a Polska kvůli vysoké výrobě větrných elektráren.

21:30 - Síťoví operátoři, kteří spolu vzájemně spolupracovali, sdělili firmě E.ON své stanovisko, že přenosové vedení bude velmi silně zatíženo, avšak v povoleném rozsahu a souhlasili s vypnutím linek Conneforde - Diele.

21:38 – E.ON provedl vypnutí první linky 380 kV Conneforde - Diele (tzv. červená linka).

21:39 – E.ON vypnul druhou linku 380 kV Conneforde - Diele (tzv. bílá linka). Poté co E.ON vypnul druhou, obdržel několik výstražných hlášení o velmi vysokém zatížení linek Elsen - Twistetal a Elsen - Bechterdissen.

21:41- RWE informovalo E.ON o bezpečnostním limitu 1 795 A na lince Landesbergen - Wehrendorf . V této chvíli ještě k překročení limitu nedošlo. Tato linka byla zásadní pro následné situace. Primární věcí bylo, že elektrické ochrany na obou koncích vedení nebyly identicky nastavené. Nastavená hodnota vypínacího proudu na straně E.ON byla 3 000 A, na straně RWE 2 100 A. Toto nastavení bylo možné s odkazem na blíže neurčené technologické důvody a topologii sítě. Podle vyjádření *E.ON* jejich dispečeri o této skutečnosti vůbec nevěděli, ale podle vyjádření RWE byla E.ON o tomto stavu písemně informována už v září roku 2003.

21:46 - 21:52 - Vedení Landesbergen – Wehrendorf je přetížené a zatížení stále roste. Došlo ke vzrušené telefonické komunikaci mezi E.ON, RWE a Vattenfall Europe Transmission. Situace byla definována jako napjatá. RWE informovalo E.ON o nastavení ochran postiženého vedení.

22:05 - 22:07 - Vedení Landesbergen – Wehrendorf je přetížené a zatížení stále stoupá. Překročilo o 100 MW výkon odpovídající hraniční hodnotě 1 795 A na straně RWE.

⁶⁰ Day Ahead Congestion Forecast.

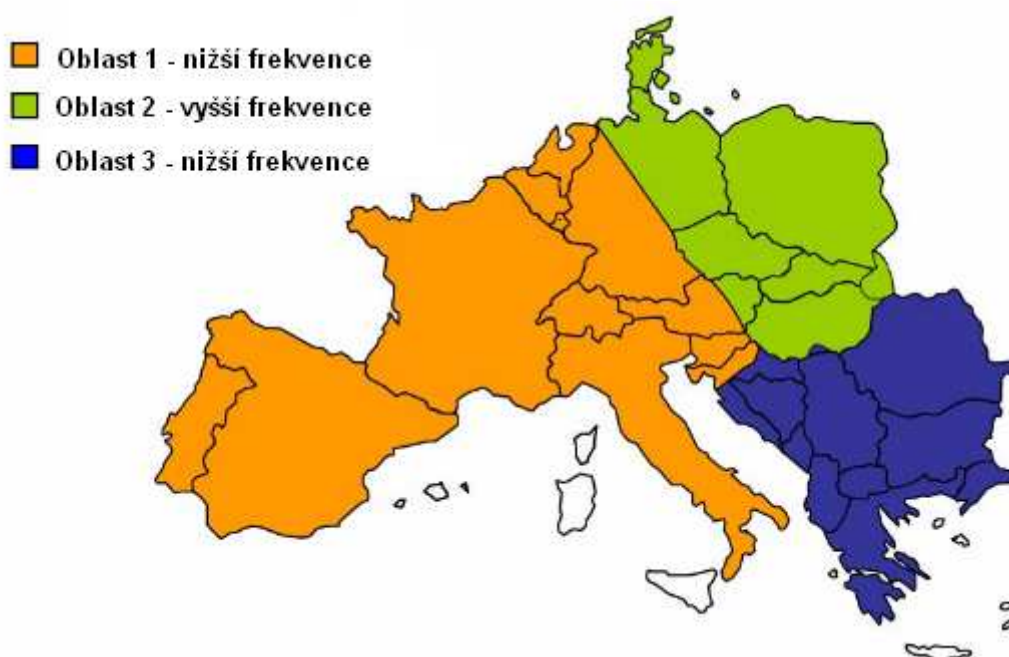
22:08 - Zatížení vedení Landesbergen - Wehrendorf se nadále zvyšovalo. Dispečeri RWE byli pod silným psychickým a časovým tlakem. Díky dříve zpracovaným síťovým analýzám si byli vědomi toho, že když dojde k výpadku linky Landesbergen - Wehrendorf může dojít ke zhroucení celé německé rozvodné soustavy. Okamžitě telefonicky kontaktovali E.ON a apelovali na okamžitý zásah. Pod stejným tlakem byli v téhle chvíli i dispečeri E.ON. Nebyl čas provádět další síťovou analýzu. Dispečeri E.ON propojili samostatně provozované přípojnice rozvodny Landesbergen, ale standardně bývá rozvodna provozována s dvěma oddělenými přípojnici kvůli omezení zkratového proudu v případě provozu elektrárny Robert Frank 4 (nebyla v provozu). Dispečeri odhadovali, že po manipulaci dojde ke snížení zatížení linky asi o 80 A. Odhad byl nesprávný a naopak došlo k zvýšení zatížení.

22:10:11 - Směna E.ON vykonala výše popsané manipulace v rozvodně Landesbergen.

22:10:13 – Ochrany vedení vypnuly linku Landesbergen - Wehrendorf. Tento stav je naprosto mimo kontrolu. Došlo ke kaskádovitému vypínání linek VVN směrem od severu Evropy na jih (hlavní směr: severní Německo - jižní Německo - Rakousko - Chorvatsko - Maďarsko).

22:10:13 - 22:10:32 (19 vteřin) – Ochrany došlo k vypnutí třiceti linek VVN v osmi státech Evropy. Kuriozitou je, že v 22:10:32 také došlo k výpadku linky 400 kV mezi Španělskem a Marokem.

22:11:29 - 22:11:33 – Vybavení ochran odepnulo další 3 linky v Chorvatsku a Bosně-Hercegovině. Během výše popsaných událostí (přesně ve 22:10:28) došlo k rozpadu jednotné evropské elektroenergetické sítě UCTE na tři oblasti, ve kterých se v závislosti na aktuální bilanci výroby a spotřeby ustálily různé fyzikální poměry.



Obr. 4-5: Rozdělení Evropy na tři oblasti podle velikosti frekvence (UCTE, 2004)

Vzhledem k rozpadu evropské soustavy se přerušil tok elektrického výkonu cca 9 500 MW z východu na západ Evropy. Na obr. 4-5 v severovýchodní oblasti (oblast 2), ve které se také nacházela i Česká republika, byl přebytek výroby nad spotřebou, frekvence se přechodně zvýšila na 51,4 Hz a ustálila se na 50,4 Hz. Dispečeri tedy museli rychle zapínat přečerpávací elektrárny do čerpacího režimu a provádět další manipulace, aby eliminovali přebytek výroby. V západní oblasti (oblast 1) byl velký nedostatek výkonu. Frekvence poklesla na 49,0 Hz. V této oblasti byly aktivovány systémy automatického odpojování zátěže, tj. spotřebitelů. Uvádí se odpojení celkové zátěže 17 000 MW a 1 600 MW čerpacího výkonu přečerpávacích elektráren. Dle údajů UCTE bylo postiženo výpadkem více než 15 milionů domácností. V jihovýchodní oblasti (oblast 3) panoval mírný nedostatek výkonu, frekvence se ustálila na 49,8 Hz.

Po 22:10 - Byla zahájena rozsáhlá komunikace mezi jednotlivými síťovými operátory s cílem zjistit aktuální informace a pokusit se o resynchronizaci soustavy. První pokus o vrácení do synchronismu severovýchodní oblasti (oblast 2) a západní oblasti (oblast 1) proběhl ve 22:34, avšak neúspěšně - z důvodu velmi velkého rozdílu frekvencí. Úspěšný pokus se podařil až ve 22:47. Ve 23:57 se podařilo soustavu opět kompletně propojit. Ve stejnou dobu se podařilo kompletně obnovit napájení u dříve odpojených zákazníků.

4.4.1 Negativní vliv větrných elektráren na resynchronizaci severovýchodní oblasti 2

Hlavním dodavatelem elektřiny v Evropě před výpadkem elektrického proudu byla severovýchodní oblast. Po tom, co se Evropa rozdělila na tři samostatné oblasti⁶¹ a došlo k přerušení výkonových toků⁶², velmi převažovala výroba nad spotřebou a z toho plynulo zvýšení frekvence nad limitních 50Hz⁶³. Téměř hned po "velkém třesku"⁶⁴ byly automaticky odpojeny výrobní elektrické energie citlivé na zvýšení frekvence (větrné elektrárny). Došlo k odpojení celkem 6 200 MW výkonu větrných elektráren, z toho cca 5 400 MW v severním Německu a cca 800 MW v Rakousku. Dispečeri jednotlivých států v oblasti se nyní snažili "zbavit" přebytku výroby. Za několik minut se dispečerům téměř podařilo vyrovnat bilanci výroby a spotřeby elektrické energie a došlo k poklesu frekvence. V čase od 22:13 ale začalo, právě díky poklesu frekvence, docházet k neovladatelnému automatickému připojování větrných elektráren k síti. To ale bylo velmi nepříjemné kvůli požadavku na omezení výroby. Vzhledem k tomu, že větrné elektrárny jsou decentralizované zdroje, tj. mimo přímou kontrolu síťového operátora, nebylo v silách dispečerů tento proces zastavit. Nekontrolovatelné toky elektrického výkonu z větrných elektráren vyvolaly silné přetížení linek v jižní části této oblasti, a to včetně linek v ČR. Následovala rozsáhlá komunikace dispečerů s energetickými společnostmi a ruční manipulace s cílem zajistit snížení výkonu centrálně řízených výrobních jednotek popřípadě jejich odstavení a přechod přečerpávacích elektráren do čerpacího režimu. Tím se podařilo síť opět zregulovat⁶⁵.

⁶¹ Podle velikosti frekvence viz. obr. 4-5.

⁶² Linky VVN byly mimo provoz.

⁶³ ± 200 mHz.

⁶⁴ Vybavení ochran, vypnutí vedení a rozpad jednotné evropské energetické sítě UCTE na tři oblasti (ostrovy), v kterých se v závislosti na aktuální bilanci výroby a spotřeby ustálily různé fyzikální poměry.

⁶⁵ (ERGEG, 2007), (Bundesnetzagentur, 2007), (Nejedlý, 2008), (UCTE, 2004)

Z popsaného scénáře blackoutu a negativního vlivu větrných elektráren vyplývají následující závěry:

- Negativní vlastností VTE i některých dalších OZE v současné organizaci elektrizační sítě je výrazný destabilizační účinek nahodilého charakteru.
- Síťový destabilizační účinek působí jednak mechanismem působení proti regulační funkci výkonu a
- jednak vysokými požadavky na přenosy velkých výkonů po přenosových trasách, jež k tomu stále ještě nejsou uzpůsobeny (tento účinek má navíc i volný trh s elektřinou).
- Výstavba VTE zvyrazňuje disproporci v uvádění do provozu energetických výrobních a přenosových kapacit⁶⁶.
- Plánování zátěží a vypínání linek.

4.5 Cvičení Blackout na EDU 25.4. 2013

Na EDU bývají každoročně⁶⁷ organizována cvičení blackout, ke kterým jsou přizvána i příslušná síťová pracoviště⁶⁸. Přínosy potvrdila v minulosti i mezinárodní mise OSART a zařadila je mezi tři nejvýznamnější dobré praxe na EDU. Po havárii ve Fukušimě byly zpracovány zátěžové testy JE (Stresstesty) a z nich vyplynul požadavek na další zlepšení odolnosti. Na EDU budou instalovány dva nové dieselagregáty (tzv. Station Black Out DG), které vydrží i definované extrémní přírodní vlivy. Byly rovněž zapracovány postupy pro řešení blackoutu paralelně na více než jednom bloku EDU a nadefinována rozhodovací kritéria, která umožní, jak předpokládáme, zkrátit dobu pro obnovu napájení. Jedním z cílů letošního cvičení je tedy i odzkoušení těchto nových postupů. (Fejta - 1, 2013)

4.5.1 Cíle cvičení⁶⁹

- Návuk a zmapování komunikace mezi EDU, dispečinkou, rozvodnami a vodními elektrárnami navzájem.
- Získání zpětné vazby a podnětů pro zlepšení postupů a zkrácení časů do obnovy při blackoutu nebo jiných větších poruchách přenosové a distribuční soustavy ČR.
- Ověření provázanosti dokumentace EDU s ČEPS a E.ON, podchycení požadavků na aktualizace.
- Ověření, zda jsou akceptovány potřeby EDU při blackout⁷⁰, změření dosažených časů.
- Sdílení „dobré praxe“ v oblasti kvality lidského výkonu, získané na EDU s ETE a se spolupracujícími síťovými pracovišti.
- Osobní setkání a prezentace technických informací z provozu ES⁷¹ a provozu EDU⁷².

⁶⁶ To lze chápat také jako odvrácenou stranu mince jinak nutného unbundlingu výroby, přenosu a distribuce elektřiny.

⁶⁷ Od roku 2007.

⁶⁸ Síťovými pracovišti rozumíme dispečinky, rozvodny, vodní elektrárny.

⁶⁹ (Fejta - 1, 2013)

⁷⁰ „STAV NOUZE“ na EDU, vyplývající z Kodexu přenosové soustavy.

⁷¹ Rozvoj a stabilita sítě, vliv fotovoltaiky, větrných zdrojů, přetoky ze zahraničí, podpůrné služby, obslužnost rozvodu, poruchové stavy.

⁷² Modernizace, zvyšování výkonu, prodlužování životnosti jaderných bloků aj.

4.5.2 Scénář cvičení

Charakteristickým faktorem scénáře je extrémní vítr v Evropě, který způsobuje poruchy s vlivem na frekvenci. Blackoutu soustavy a blackoutu druhého a třetího reaktorového bloku bude předcházet ostrovní provoz uzlu s nárůstem frekvence, tzv. přebytečný ostrov. K tomuto stavu přibude řetěz dalších poruch, jejichž smyslem je co nejvíce přiblížit cvičení předpokládaným reálným podmínkám události (Fejta - 2, 2013):

- Působením větru došlo k pádu stožárů dvojitého vedení 110kV mezi EDU a rozvodnou Slavětice.
- Výpadek rozvodny Sokolnice 400kV (exploze spínače přípojníc) a výpadek turbín 1. bloku EDU.
- Poruchové vypnutí 400kV vypínače vedení Slavětice - Dasný a jako následek výpadek turbín 2. bloku EDU a hydrogenerátorů na Dalešicích a Vranově (od nadfrekvence), kolaps ostrova a vznik stavu blackout uzlu Slavětice-Sokolnice-Čebín.
- Výpadek jediného pracujícího DG na 2. bloku EDU – vznik stavu blackout (SBO) 2. bloku, vyhlášení stavu „Nouze na EDU“ a stavu „Nouze v přenosové soustavě ČR“ a svolání havarijního štábu EDU (tzv. Mimořádná událost II. stupně).

SI EDU požádá o podání napájení z Dalešic, ale Dalešice hlásí problém s napájením vlastní spotřeby, protože se zatím nepodařila spustit turbína na nádrži Mohelno. Z důvodu spadlých stožárů 110 kV je nedostupné propojení z Vranova přes Slavětice a proto proběhne obnova napájení 2. bloku EDU přes Oslavany. Po zprovoznění vodní turbíny na Mohelně a rozjezdu Dalešic bude obnoveno napájení po vedeních 400 kV také na 3. bloku EDU⁷³.

4.5.3 Zhodnocení cvičení

Cílem cvičení byl nácvik a zmapování komunikace mezi EDU, dispečinky, rozvodnami a vodními elektrárnami, získání zpětné vazby pro zlepšení postupů a zkrácení časů do obnovy při blackoutu nebo jiných větších poruchách přenosové a distribuční soustavy ČR. Ověření provázanosti dokumentace EDU s ČEPS a E.ON a samozřejmě bylo záměrem odzkoušet zmíněné nově zpracované postupy.

Hlavním faktorem scénáře byl extrémní vítr v Evropě, který způsobil poruchy s vlivem na frekvenci. K tomu přibyl řetěz dalších poruch, který vyvolal ostrovní provoz a vyvrcholil výpadkem pracujících DG na 2. bloku EDU - vznikl stav blackout 2. bloku, byl vyhlášen stav "Nouze na EDU", stav "Nouze v přenosové soustavě ČR" a došlo ke svolání havarijního štábu. Později spadl do blackoutu i 3. blok.

Přestože letošní scénář cvičení byl zatím ze všech dosud odzkoušených nejsložitější, výsledek byl vyhodnocen jako dobrý a cvičení bylo úspěšné. Nyní se požaduje na dispečincích dodávka do vnější sítě do jedné hodiny. Cvičení blackout se stihlo za 40 minut. I když v reálném případě by byl čas jedné hodiny velmi ohrožen a to tím, že by se počet hovorů mezi jednotlivými

⁷³ (Fejta -2, 2013)

uzly několikrát zvýšil. Na úspěšné vyřešení stavu blackout má právě také velký vliv rychlost telefonické komunikace mezi síťovými pracovišti.



Obr. 4-6: Fotografie ze cvičení blackout na EDU 25. 4. 2013

Na obr. 4-6 je fotografie ze cvičení blackout na EDU. Tato fotografie je pořízena v okamžiku Blackoutu 2. Bloku EDU viz. Příloha 1, 6. bod.

5 POROVNÁNÍ PRŮBĚHŮ BLACKOUTŮ, PREVENTIVNÍCH A NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Tato kapitola diplomové práce se zabývá porovnáním velkých evropských blackoutů vzájemně, se scénářem cvičení blackout na EDU a s modelovým scénářem. Je zde popsáno, co mají společného a v čem se tyto výpadky elektrické energie liší. V tomto bodě se také píše o současném stavu odolnosti ČR proti blackoutům.

5.1 Porovnání velkých evropských blackoutů

Co mají popsané výpadky elektrické energie společného a v čem jsou rozdílné? Ve všech případech byly vždy přenášeny velké výkony. Na současném trhu s elektřinou síť přenáší velké množství elektrické energie nejen v jednotlivých soustavách, ale i přes hranice těchto soustav. Liberalizace trhu a vytvoření jednotného evropského trhu s elektřinou změnila podmínky, za kterých se musí být splněna bezpečná dodávka elektrické energie. Tradiční integrované plánování výroby a přenosu elektrické energie se již nepoužívá. Evropské sítě, které jsou navrženy jen pro vzájemnou výpomoc, se v dnešní době používají pro komerční přenosy na velké vzdálenosti. Provozovatelé jednotlivých soustav jsou tak na jedné straně více vzájemně závislí a na druhé straně jsou vystaveni tlakům komerčních zájmů rostoucího počtu účastníků trhu. Proto je nezbytné definovat nová technická, organizační a funkční pravidla přizpůsobení a přijmout odpovídající opatření. Je potřebné vytvořit závazná pravidla koordinace činností provozovatelů soustav, a to jak pro normální, tak i pro nouzové situace. Na úrovni UCTE se tato pravidla definují v nově vytvořeném souboru dokumentů tzv. provozního manuálu. Je právně závazný pro všechny provozovatele přenosových soustav sdružených v UCTE. Na úrovni EU byla schválena Směrnice EU a rady 2005/89/ES o opatřeních pro zabezpečení dodávek elektřiny a investic do infrastruktury, která ovlivňuje oblast bezpečného a spolehlivého provozování sítí. (Máslo, 2005), (UCTE, 2004)

Ve Švédsku za výpadek elektrické energie mohl nešťastný sled událostí, který byl velmi rychlý a nebyla šance výpadku zabránit technicky ani organizačně. Situaci na jihu Švédska z pohledu výkonové bilance a růstu přenosu výkonu ze severní části nejspíše zhoršilo rozhodnutí odstavit blok jaderné elektrárny Barsebäck. (Máslo, 2005), (Erkraft systém, 2003)

U italského výpadku byla pozdě rozpoznána běžná porucha⁷⁴, proto byla pozdě přijata příslušná opatření k její nápravě. To vedlo k postupnému šíření poruchy, až nastal úplný výpadek. Chyběly podpůrné programy, jako je odhad bezpečnosti provozu v reálném čase a dynamický odhad stavu soustavy, které by včas varovaly dispečery, že soustava není v bezpečném stavu, a je tedy nutné učinit preventivní a korektivní opatření. Při šíření poruch hrály významnou roli nedostatky v komunikaci, koordinaci a výměně dat mezi provozovateli soustav. Také selhal připravený obranný plán včetně mechanismů snížení odběru pro zmenšení zatížení vedení. (Máslo, 2005), (UCTE, 2004)

⁷⁴ Přeskok z vodiče vedení na větev stromu.

Řecký výpadek elektrické energie byl způsoben chybami technickými⁷⁵, organizačními⁷⁶, a dokonce i společensko-politickými⁷⁷. (Vournas 2004), (Máslo, 2005)

Výpadek v Německu kvůli vypnutí vedení, aby mohla proplout loď, ukázal, že funkční, stabilní a spolehlivá elektroenergetická soustava zdaleka není taková samozřejmost, jak by se mohla jevit na základě mediálních informací. Jednou z příčin Německého výpadku byla také špatná komunikace mezi dispečery. Zvyšování podílu obnovitelných a decentralizovaných zdrojů malého výkonu na produkci elektřiny může mít možná svůj ekologický přínos. Ovšem toto je pouze jedna strana mince, druhou stranou téže mince je skutečnost, že se jedná o zdroje s velmi těžko předvídatelným chováním v elektroenergetické soustavě a provozovatelé sítě musí mít k dispozici účinné technické prostředky, které jim umožní vyrovnávat se s novými úkoly. To však také vyžaduje posilování stávající elektroenergetické infrastruktury, např. výstavbu nových zdrojů, přenosových vedení, přečerpávacích elektráren apod. (ERGEG, 2007), (Bundesnetzagentur, 2007), (Nejedlý, 2008), (UCTE, 2004)

Hlavním cílem cvičení Blackout na EDU, které proběhlo 25. dubna 2013, byl nácvik a zmapování komunikace mezi EDU, dispečinkami, rozvodnami a vodními elektrárnami, získání zpětné vazby pro zlepšení postupů a zkrácení časů do obnovy při blackoutu nebo jiných větších poruchách přenosové a distribuční soustavy ČR. Ověření provázanosti dokumentace EDU s ČEPS a E.ON. Hlavním faktorem scénáře byl extrémní vítr v Evropě. K tomu přibyl řetěz dalších poruch, který vyvolal ostrovní provoz a vyvrcholil výpadkem pracujících DG na 2. bloku EDU.

⁷⁵ Snižování činného výkonu elektráren.

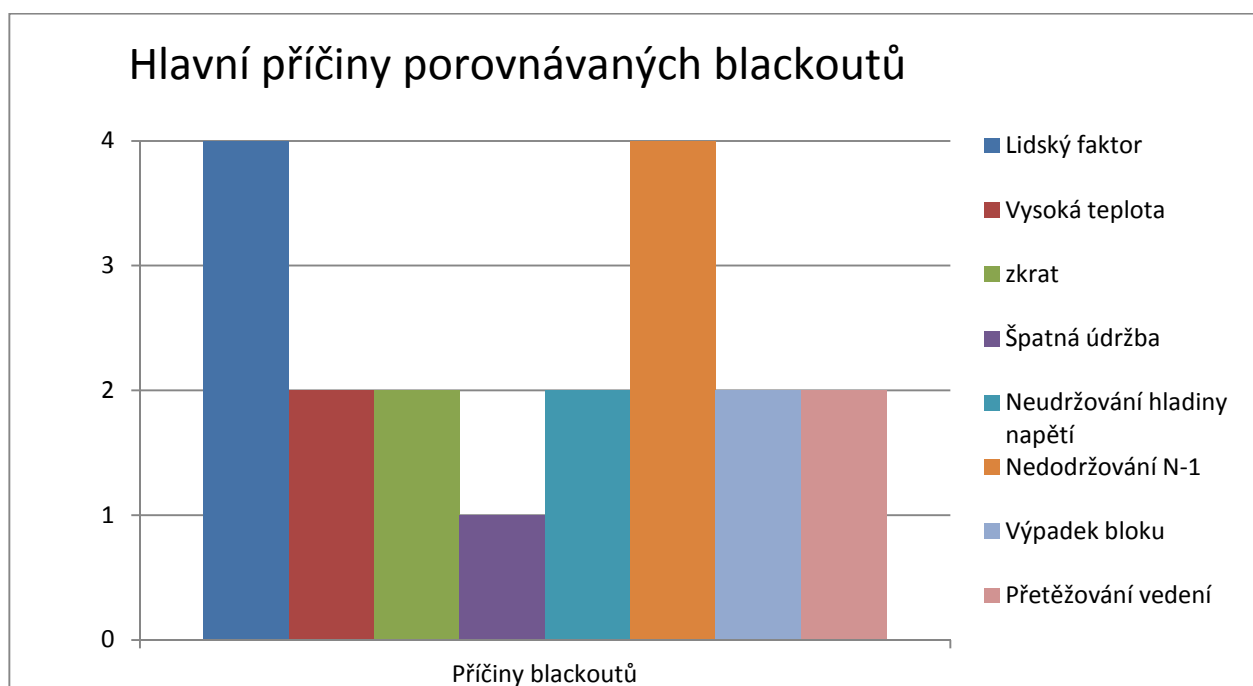
⁷⁶ Pomalého odlehčování zatížení v případě nouze.

⁷⁷ Přípravy olympiády dostaly přednost před opravou rozvodných zařízení.

5.1.1 Tabulka hlavních příčin porovnávaných evropských blackoutů, cvičení na EDU a modelového scénáře blackoutů

Blackout	Dánsko a Švédsko	Itálie	Řecko	Německo	Cvičení blackout na EDU	Modelový scénář blackoutů
Lidský faktor ⁷⁸	x	x	x	x	x	x
Vysoká teplota		x	x			
Zkrat	x	x			x	
Špatná údržba		x				
Neudržování hladiny napětí		x	x			
Nedodržování N-1	x	x	x	x		
Výpadek bloku	x		x		x	
Přetěžování vedení			x	x		
Pád stožáru					x	x
Sněhová bouře						x

Tab. 5-1: Hlavní příčiny porovnávaných evropských blackoutů a cvičení na EDU



Obr. 5-1: Hlavní příčiny porovnávaných blackoutů

⁷⁸ Lidským faktorem je myšlena špatná komunikace mezi dispečery, špatné rozklíčování situace, pomalé nouzové vypínání, lidská chyba.

V tab. 5-1 a obr. 5-1 vidíme, že lidský faktor se vyskytuje jako příčina u všech blackoutů. Tento faktor je tam také z toho důvodu, že má značný vliv na průběh blackoutů a za jak dlouho se soustava dostane do normálního stavu. Chybám lidského faktoru lze předcházet přísnými výběrovými testy na konkrétní zaměstnanecké pozice, odbornou přípravou, tréninky a pravidelným přezkušováním. Nikdy však nelze této chybě zabránit. Proto je praktické zaměřit se na jiné kořenové příčiny, které je možné eliminovat maximálně.

Nedodržování kritéria N-1 je velký problém, z kterého vždy hrozí blackout. Kdyby bylo kritérium vždy splněno, riziko blackoutů by bylo omezeno. Jenže v případě výpadku nějakého důležitého prvku o toto kritérium hned přicházíme a je jen na dispečerech – opět lidský faktor, za jak dlouho se jim podaří opět kritérium splňovat.

Špatná údržba je velmi kontrolovaný faktor a proto se v příčinách nachází jen jednou. Údržba se dá také dobře naplánovat.

Ve cvičení blackout na EDU i v modelovém scénáři byla uvažovaná příčina pád stožáru nebo poškozené vedení, která se u ostatních blackoutů nepotvrdila, ale v ČR 1. 3. 2008 po orkánu Emma došlo právě k poškození vedení. I když je tato příčina málo pravděpodobná, je jí i přesto, třeba věnovat pozornost.

5.2 Blackout je vážná a reálná hrozba

Jestliže se hned nezačne na evropské úrovni s masivními investicemi do infrastruktury, lze u nás očekávat dříve či později blackout. V Evropě je totiž stále větší podíl zdrojů, jejichž provoz není říditelný⁷⁹, stejným způsobem však nebyl dosud podpořen rozvoj síťové infrastruktury⁸⁰, a pravidel provozu⁸¹, a tak je zajišťování stability provozu elektrizačních soustav stále obtížnější. Státy (např. Česká republika a Polsko) jsou tak ohrožovány problémy, které vznikají mimo jejich území. Mimořádné situace však mohou vzniknout i z jiných, než provozních příčin. Přenosové soustavy jsou budovány podle zásad N-1, tj. musí být schopny provozu i při poruše jakéhokoli kritického prvku⁸², avšak jen jednoho. Pokud by se poškodilo více takových prvků současně, elektrická síť se s tím nemusí vyrovnat, a dojde k blackoutu. Po orkánech Kyrril (2007) a Emma (2008) je nutné připustit, že nejenom technologické příčiny, ale i extrémní meteorologické jevy se mohou stát jeho příčinou. Poměrně jednoduché by bylo umělé vyvolání výpadku elektrické energie záměrným činem namířeným na několik vedení přenosové soustavy současně⁸³.

Problém výpadku elektrické energie velkého rozsahu bývá považován jako jedno z nejzávažnějších ohrožení ekonomického růstu. Ve zprávách, které se zabývají hodnocením globálního rizika, patří blackout, který by nastal v Evropě mezi takové události jako je: zhroucení

⁷⁹ Větrné a sluneční elektrárny.

⁸⁰ Přenosové a distribuční soustavy.

⁸¹ Je pozoruhodné, že v přenosových a distribučních soustavách je stále patrný ostrůvkovitý charakter sítě kolem výrobních zdrojů, charakteristický pro pionýrské doby elektrifikace.

⁸² Kritickým prvkem se rozumí vedení, transformátor, elektrárny, ...

⁸³ (Beneš, 2010)

globálních kapitálových trhů, přehřátí čínské ekonomiky, neudržitelný vývoj třetího světa, zhroucení transatlantického datového spojení. (Beneš, 2010)

Z pohledu dopadu na národní hospodářství⁸⁴ je nutné mít na paměti, že globální ekonomikou propojený svět přináší nejen příležitosti, ale i hrozby z mezinárodních závislostí. Snahy o dosažení maximální liberalizace obchodu vedou k tomu, že se výroba centralizuje do míst s nejlepšími komparativními výhodami a rozvoj přenosové soustavy zdaleka nedosahuje úrovně srovnatelné s tempem globalizace ekonomiky. Rozvoj a růst obchodu vytváří vzájemnou ekonomickou závislost a může tak stabilizovat politickou situaci. Na druhé straně tato centralizace může vyvolávat různé tlaky, které mohou svobodný obchod ohrozit. Míra vzájemného propojení světového ekonomického systému zvyšuje hrozbu rozšíření dopadů a tedy zvýšení rizika nad úroveň, která byla původně předpokládána⁸⁵.

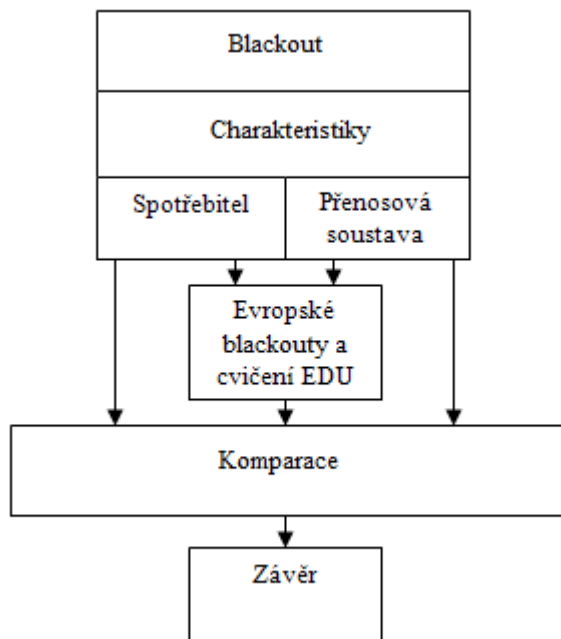
⁸⁴ Snad bychom mohli dokonce hovořit o regionálním a unijním hospodářství.

⁸⁵ (Beneš, 2010)

6 ZÁVĚR

6.1 Závěry práce a její přínos

Diplomová práce byla řešena podle následujícího schématu:



Obr. 6-1: Schéma řešení diplomové práce

Práce nás v první kapitole seznamuje s problematikou blackoutu. Blackout je rozsáhlý výpadek elektrické energie, který bývá způsoben více příčinami najednou. Hlavními příčinami jsou přenosy velkých výkonů, nestabilní obnovitelné zdroje, chyby obsluhy, technický stav energetické sítě, cílený útok a velmi významný vliv na tuto problematiku má ve všech uvedených příčinách, ať už přímo nebo nepřímo, člověk. Při blackoutu bude ochromena veškerá doprava, průmysl, infrastruktura a hlavně všichni spotřebitelé bez zálohovaných zdrojů.

Druhý bod přibližuje modelový scénář blackoutu na spotřebitele. Tento scénář ilustruje konkrétní možnosti dopadu na spotřebitele. První den výpadku elektrického proudu jsou dominantní jevy, které člověk považuje za samozřejmost a až jejich výpadkem zjišťuje vážnost situace. Mimo provoz je veřejné osvětlení, nastává chaos v programech a sdělovacích prostředcích, kolabuje zábavní průmysl. Tři dny trvající výpadek elektrického proudu směřuje ke kritickému stavu základních odvětví jako je doprava, počítačové sítě, zásobování, zdravotnictví hygiena. Uzavírá se cyklus mediální informovanosti. Nárazový chaos prvního dne je na ústupu a dominovat začínají reálné škody v domácnostech viz. kap. 2.2. Plánovitě reakce obyvatel a přesun od nahodilých výtržností k organizovanému rabování. Nepřipravené instituce kolabují, začíná čerpání strategických zásob potravin, vody, pohonných hmot, atd. Po týdnu trvajícím výpadku se projevují škody a dopady velkých rozměrů. Dochází ke zvýšeným až hromadným úmrtím. Společnost přechází na střednědobý, relativně udržitelný, stabilní nouzový „kasárenský“ život bez urbanistických výhod. V dalších dnech následuje naladění vazeb postižené oblasti na

zbytek společnosti v rámci Evropy, jako je humanitní pomoc, evakuace akutně postižených, technická, technologická, znalostní a finanční podpora od společenství. V této kapitole jsou také vypsány se základními informacemi všechny větší výpadky elektrické energie, které byly zaznamenány od roku 1965.

Ve třetím bodě se diplomová práce zaměřuje na studii blackoutů z pohledu přenosové soustavy. Je zde popsán plán obrany proti šíření poruch v přenosové soustavě, který se týká opatření proti: poklesu a vzrůstu frekvence, poklesu a vzrůstu napětí, kývání, ztrátě synchronismu, přetížení. Dále jsou zde napsány priority napájení po poruše typu blackout. V tomto bodě je také popsán současný stav odolnosti proti blackoutům a vážnější stavy, do kterých se česká elektroenergetika v posledních letech dostala, a těmi byly: Nouzový stav 24. července 2006, Orkán Emma 1. 3. 2008 a v poslední době čím dál větší přetoky energie z Německa. Tento bod se také zmiňuje o vlivu Fukušimy na českou elektroenergetiku.

Hlavní část práce popisuje příčiny, následky a dopady čtyř největších evropských blackoutů v posledních deseti letech a také popisuje cvičení blackout z 25. dubna 2013 na EDU. Postupně jsou zde rozebrány výpadky elektrické energie, které postihly 23. září 2003 Dánsko a Švédsko, 28. září 2003 Itálii, 12. července 2004, Řecko a 4. 11. 2006 Německo. Mezi hlavní příčiny evropských blackoutů patří lidský faktor a neplnění kritéria N-1.

V pátém bodě jsou porovnány průběhy popsaných evropských blackoutů vzájemně, se cvičením Blackout na EDU a s modelovým scénářem. Práce se v tomto bodě také věnuje preventivním a nápravným opatřením proti blackoutům. Lidský faktor lze jako příčinu blackoutů vylepšit jen do určité míry, ale nikdy nelze této chybě zabránit. Proto je praktické zaměřit se na jiné kořenové příčiny, které je možné eliminovat maximálně. Je třeba zvýšit investice do infrastruktury, jinak nám hrozí blackout. V Evropě je totiž stále větší podíl zdrojů, jejichž provoz není říditelný, stejným způsobem však nebyl dosud podpořen rozvoj síťové infrastruktury, a pravidel provozu, a tak je zajišťování stability provozu elektrizačních soustav stále obtížnější.

6.2 Význam a využití dosažených výsledků a závěrů

Elektroenergetika má výrazně síťový charakter, a to jak z hlediska technického, tak i z hlediska ekonomického a společenského. Tato práce se pokusila soustředit se na jeden z aspektů na hranici regulace přenosové soustavy, havarijního plánování a koordinace výrobních zdrojů elektrické energie a pojmout jej netradičně právě z uvedeného síťového pohledu. Jak se během práce ukázalo, tento pohled je v odborné literatuře spíše neobvyklý a téma je, zejména svými souvislostmi, mnohem širší, než předpokládalo zadání DP. Práce také potvrdila aktuálnost tématu a vhodnost jeho rozpracování, tj. potřebnost analytického zpracování:

- Role a vlivů OZE na pravděpodobnost a průběh blackoutů.
- Analýza restartu komplexu Dalešice – Dukovany.
- Citlivostní analýzy inherentních a regulačních schopností jednotlivých typů výrobních zdrojů a jejich odolnosti vůči blackoutům, tj. jaderných elektráren s různými výkony a typy bloků, paroplynových zdrojů, kogenerace, VTE, popř. dalších.

- Problém vyvážení rozvoje výroby a distribuce elektřiny s ohledem na lokální i velké blackouty.
- Schopnosti absorbování zkušeností z předchozích blackoutů do budoucích technických a investičních řešení.
- Ekonomické a dotační rozhodování v OZE.

Na zamyšlení je také fakt, že blackout je problém výpadku systému a stresstesty se provádí na uzlech.

6.3 Hlavní přínosy práce

1. Globální pohled na blackout - komplexnost. Práce bere v úvahu nejen technické aspekty blackoutu, ale také otázky psychologické a sociální spojené s využíváním velkých technických systémů.
2. Porovnání blackoutů v Evropě se cvičením blackout na EDU.
3. Shromáždění informací, souhrn blackoutů, vyhodnocení.
4. Zmapování tématu pro následná rozpracování.

7 POUŽITÁ LITERATURA

BALABÁN, Miloš; RAŠEK, Antonín. Ekonom: Leden 2018: Blackout v Česku [online]. 20. prosinec 2012. [cit 2013-4-10]. Dostupné z: <http://ekonom.ihned.cz/c1-59003090-leden-2018-blackout-v-cesku>.

BECHNÍK, Bronislav. Obnovitelná energie a úspory energie: Blackout a obnovitelné zdroje energie [online]. 28. leden 2013. [cit 2013-3-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/9517-blackout-a-obnovitelne-zdroje-energie>.

BENEŠ, Ivan. Rizika blackoutů: Vliv na obyvatelstvo a fungování státní správy. [online]. CityPlan. Praha 1. 2010 [cit 2012-10-10]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.af-cityplan.cz%2Fcz%2Fdownload%2F1404044410%2F%3Fat%3D1&ei=jsR6Ua_yHNHB7AaH3ICQAg&usq=AFQjCNEF9NTKWxVFPSjD4iAAIzmymRkVnw&bvm=bv.45645796,d.ZGU.

BRATKOVÁ, Eva. – Metody citování literatury a strukturování bibliografických záznamů podle mezinárodních norem ISO 690 a ISO 690-2: metodický materiál pro autory vysokoškolských kvalifikačních prací [online]. Verze 2.0 aktualiz. a rozšíř. Praha: Odborná komise pro otázky elektronického zpřístupňování vysokoškolských kvalifikačních prací, Asociace knihoven vysokých škol ČR, 2008-12-22 [cit. 2012-12-30]. 60 s. (PDF). Dostupné z: <http://www.Evskp.cz/SD/4c.pdf>.

BUNDESNETZAGENTUR. Bericht der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: über die Systemstörung im deutschen und europäischen Verbundsystem am 4. November 2006. Bonn. Februar 2007 [cit 2012-8-17]. 31 s. (PDF). Dostupné z: http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Berichte_Fallanalysen/Bericht_9.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

CBC news: Toronto power returns after blackout [online]. 5. červenec 2010. [cit. 2012-10-14]. Dostupné z: <http://www.cbc.ca/news/canada/toronto/story/2010/07/05/toronto-hydro.html>.

CBS news: Biggest Blackout In U. S. History [online]. 11. únor 2009 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z: http://www.cbsnews.com/2100-201_162-568422.html.

ČEPS a.s.: Bezpečnost provozu a kvalita na úrovni PS. Kodex přenosové soustavy [online]. 1. leden 2012 [cit. 2013-1-24]. 16 s. (PDF). Dostupné z: http://www.ceps.cz/CZE/Data/Legislativa/Kodex/Documents/2012/CastV_12_fin01.pdf.

ČEPS a.s.: Napěťové úrovně vedení ČEPS a jejich celková délka. [online]. 2011 [cit. 2013-1-17]. Dostupné z: <http://www300t.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Technicka-infrastruktura/Stranky/Udaje-o-PS.aspx>.

ČTK: Severovýchod Brazílie postihl největší blackout od roku 2001. Finanční noviny [online]. 26. říjen 2012 [cit. 2012-11-17]. Dostupné z: http://www.financninoviny.cz/zpravy/severovychod-brazilie-postihl-nejvetsi-blackout-od-roku-2001/857967&id_seznam.

- ČTK; Reuters; i.DNES.cz. Italský výpadek byl větší než v USA a Kanadě: iDNES.cz [online]. 28. září 2003 [cit. 2012-9-14]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/zahranicni.aspx?r=zahranicni&c=A030928_150425_zahranicni_jkl.
- Daily Freeman: Tens of thousands still lack power; outage is largest in Central Hudson's history [online]. 27. únor 2010 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z: <http://www.dailyfreeman.com/articles/2010/02/27/news/doc4b88a4c0d9002866716382.txt>.
- DOLEŽAL, Jaroslav; WITNER, Karel. Řízení distribučních soustav: Regulace napětí a jalového výkonu – současnost a trendy. [online]. Zář 2000. [cit 2013-5-20]. 3 s. (PDF). Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/download/au040118.pdf>.
- ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. 458/2000 Sb.: Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů [online]. 28. listopad 2010 [cit 2012 - 12 - 17]. 132 s. (PDF). Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/legislativa/legislativa_CR/Zakony/EZ_cerven_2010.pdf.
- ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Kodex přenosové soustavy: Bezpečnost provozu a kvalita na úrovni PS [online]. 1. leden 2012, 12. leden 2012 [cit 2012 - 12 - 25]. 16 s. (PDF). Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/sdeleni_elektro2/PPPS/C_V_2012_k_%20prip.pdf.
- ERGEG. The lessons to be learned from the large disturbance in the European power system on the 4th of November 2006. [online]. 6. únor 2007 [cit. 2012-8-17]. 35 s. (PDF). Dostupné z: http://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_PUBLICATIONS/CEER_PAPERS/Electricity/2007/E06-BAG-01-06_Blackout-FinalReport_2007-02-06.pdf.
- Erkraft systém. Power silure in Eastern Denmark and Southern Sweden on 23. September 2003, Final report on the course of events. [online]. 4. listopad 2003 [cit. 2012-9-17]. 25 s. (PDF) Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CFsQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.geocities.jp%2Fps_dictionary%2Fblackout%2FFinal_report_uk-web.pdf&ei=A_NvUdWeL8iQ4gSmw4CYBA&usg=AFQjCNF2Cf4toqia6P3DR7sp9QAPh5zbcw&bvm=by.45373924,d.bGE.
- FEJTA, Libor - 1. Cvičení blackout dvou bloků EDU 25. duben 2013. Materiál EDU.
- FEJTA, Libor - 2. Scénář cvičení Blackout 2013. 25. duben 2013. Materiál EDU.
- FISCHLEINOVÁ, Klára. Americký blackout kdysi zvýšil porodnost, bez proudu teď zůstalo na 600 milionů Indů. Zopakuje se historie? [online]. 1. srpen 2012 [cit. 2013-2-17]. Dostupné z: <http://zpravy.ihned.cz/c1-56841020-indii-stihl-nejvetsi-vypadek-proudu-v-dejinach-lidstva-bez-elektriny-byla-polovina-zeme>.
- Foreign policy: The world's other biggest blackouts [online]. 31. červenec 2012 [cit. 2012-10-14]. Dostupné z: http://blog.foreignpolicy.com/posts/2012/07/31/the_world_s_other_biggest_blackouts_ever.
- FRONĚK, Petr. Vliv OZE na provoz PS ČEPS. 25. duben 2013. ČEPS a.s.

- GALETKA, Martin. Vliv větrných elektráren na provoz přenosové soustavy České republiky [online]. 6. červen 2009 [cit. 2013-4-17]. 4 s. (PDF). Dostupné z: http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.elektrorevue.cz%2Fcz%2Fdownload%2Fvetrnych-elektren-na-provoz-prenosove-soustavy-ceske-republiky%2F&ei=aRWMUbbFNymF4ASB3oGgDg&usg=AFQjCNHvprIH_-79WY5-MoLnL75orUXOjA&bvm=bv.46340616,d.bGE.
- HRDLIČKA, Petr. Elektrická energie [online]. 2012. [cit. 2013-4-10]. 56 s. (PDF). Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDwQFjAC&url=http%3A%2F%2F15124.fa.cvut.cz%2F%3Fdownload%3D_%2Fpredmet.tzi2%2Felektricka-energie-2.pdf&ei=saF2UbyfCoq54AS68IHABA&usg=AFQjCNEnlKf139aZtgq4A-JqhPb5KJB3Aw&bvm=bv.45512109,d.bGE.
- CHARVÁT, Jan. Energetikům vadí přetoky energie z Německa do ČR [online]. 12. duben 2012 [cit. 2013-4-17]. Dostupné z: <http://www.radio.cz/cz/rubrika/ekonomika/energetikum-vadi-pretoky-eletriny-z-nemecka-do-cr>.
- CHRAPEK, Radim. OZE a jejich dopad na provoz elektrizační soustavy České republiky včetně rizika blackout. 2012. ČEPS a.s.
- IHNED: Indii stihl největší výpadek proudu v dějinách lidstva. Bez elektřiny byla polovina země [online]. 31. červenec 2012 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z: <http://zpravy.ihned.cz/c1-56841020-indii-stihl-nejvetsi-vypadek-proudu-v-dejinach-lidstva-bez-elekriny-byla-polovina-zeme>.
- Knihy–A: Největší blackoutu v historii: Když je 250 milionů lidí bez proudu! [online]. 12. říjen 2010 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z: <http://www.knihy-a.cz/7949/nejvetsi-blackouty-v-historii-kdyz-je-250-milionu-lidi-bez-proudu>.
- KUCHTA, Karel. Co je to blackout? [online]. 11. únor 2010 [cit. 2012-9 -17]. Dostupné z: <http://fyzmatik.pise.cz/21251-co-je-to-blackout.html>.
- KUCHTA, Karel. Nepřerušené napájení elektrickou energií [online]. 22. - 23. únor 2010 [cit. 2013-3-7]. 5 s. (PDF). Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Ffiles.srvo.cz%2F200000139-3a4513b3f1%2FNeperusene_napajeni.pdf&ei=ps-OUaaONobVsgah0YGoDA&usg=AFQjCNFWMq6hrV4OEDRJ-vu5kzVU_ubvsQ&bvm=bv.46340616,d.Yms.
- MÁSLO, Karel. Elektro: Odborný časopis pro elektrotechniku. Příčiny a následky velkých výpadků v dodávkách elektřiny [online]. 2005 [cit. 2012-9-17]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26794.
- MÁSLO, Karel. Plán obrany, plán obnovy. 3. vydání. Brno: Vydala ČEPS a.s., 1. listopad 2012, 7 s. (PDF).

MLČOCH, Zbyněk. Blackout - totální výpadek elektrické energie, následky a znovuzprovoznění sítě [online]. 2. prosinec 2008. [cit. 2012-9-10]. Dostupné z:

<http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/technika/blackout-totalni-vypadek-elektricke-energie-nasledky-a-znovuzprovozneni-site>.

NEJEDLÝ, Petr. Blackout na jihozápadě USA: Blog. iDNES [online]. 11. září 2011 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/209726/Blackout-na-jihozapade-USA.html>.

NEJEDLÝ, Petr. Jak „Norwegian Pearl“ srazila Evropu do kolen. [online]. 15. červen 2008 [cit. 2012-8-17]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/39287/Jak-Norwegian-Pearl-srazil-Evropu-do-kolen.html>.

OSIČKA, Jan; ČERNOCH, Filip; OCELÍK, Petr; VLČEK, Tomáš. Technicko-ekonomické aspekty energetiky. 1. vydání. Brno: Vydala Masarykova univerzita, 2012, 393 s. Tisk OPTYS. 200 výtisků. Neprodejně. ISBN 978-80-210-5997-9.

PRE. Vítejte ve tmě zvané Black-out [online]. 2011. [cit. 2012-9-17]. Dostupné z: <http://www.pre.cz/velkoodberatele/pre-aktualne-prehled-2011/vitejte-ve-tme-zvane-blackout.html>.

SKALA, Petr. Spolehlivost distribuce elektrické energie zákazníkům. Prosinec 2011. [cit. 2013-2-27]. 64 s. (PDF).

SKUPINA ČEZ. Výroba elektřiny: Dukovany [online]. 2013 [cit. 2013-3-17]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez/edu/technologie-a-zabezpeceni.html#p2>.

STÁTNI SPRÁVY [online]. Poslední úpravy 6. říjen 2012 [cit. 2012-9-14]. Dostupné z: www.cityplan.cz/cz/download/1404044410/?at=1.

Theintelhub.com: Munich: Biggest Power Outage in 20 Years [online]. 16. listopad 2012 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z: <http://theintelhub.com/2012/11/16/munich-biggest-power-outage-in-20-years/>.

UCTE. Final report of the Investigation Committee on the 28. September 2003 Blackout in Italy [online]. Duben 2004 [cit. 2012-9-16]. 128 s. (PDF). Dostupné z: http://www.rae.gr/old/cases/C13/italy/UCTE_rept.pdf.

UCTE. Final Report System Disturbance on 4 November 2006: union for the co-ordination of transmission of electricity [online]. [cit. 2012-9-17]. 85 s. (PDF). Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.geocities.jp%2Fps_dictionary%2Fblackout%2FFinal-Report-20070130.pdf&ei=kqh2UdX0DaS44ATq5YGQCQ&usg=AFQjCNFu54-1mzZXSvQ--Tr3LCrYkePM2Q&bvm=bv.45512109,d.bGE.

UCTE. Press repase – 19. July 2005: UCTE inter - TSO Multilateral Agreement entered into force on 1. July [online]. 19. červenec 2005 [cit. 2012-10-17]. 1 s. (PDF). Dostupné z: http://www.mavir.hu/documents/10262/3994820/PressRelease_MLA_20050728.pdf/3d84a135-3381-44a6-b04e-5f432febffd4.

UNION OF THE ELECTRICITY INDUSTRY. Power outages in 2003. [online]. Červen 2004 [cit. 2013-3-17]. 51. s. (PDF). Dostupné z:

http://www.mavir.hu/c/document_library/get_file?uuid=dd833355-8c82-4f29-abe2-35fee3babda1&groupId=13831.

VOURNAS, Costas. Technical summary on the Athens and southern Greece blackout of July 12, 2004 [online]. 24. červenec 2004 [cit. 2013-4-17]. 9 s. (PDF). Dostupné z:

<http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fciteseerx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Fdoi%3D10.1.1.140.8095%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf&ei=sCR8UcD2IcOh4gT644DoCg&usg=AFQjCNGnvb3MrFGxjZ8Exx78ADcpVQZbGw&bvm=bv.45645796,d.bGE>.

WAGNER, Vladimír. Jak ovlivní Fukušima elektroenergetiku v Evropě. [online]. 18. květen 2012 [cit. 2013-4-17]. Dostupné z:

http://ojs.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/energetika/evropa_energetika.htm.

WIKIPEDIA. List of major power outages [online]. 6. duben 2013 [cit. 2013-4-12]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_power_outages.

PŘÍLOHY

Příloha 1

SCÉNÁŘ CVIČENÍ BLACKOUT 2013	
č.	Stav
	<p>Vysvětlivky:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modrý text (kurzívou): pouze nadpisy pro jednotlivé stavy (kroky scénáře) - ● EDU: zkratka a popis stavu příslušného zařízení - ☎ SLV: symbol telefonu a zkratka pracoviště, které zahajuje komunikaci v daném kroku
1.	<p>Výchozí stav EDU, EDA, přenosové a distribuční soustavy ČR v uzlu Slavětice a Sokolnice:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● EDU: Reaktorové bloky 1 a 2 jsou v provozu na nominálním výkonu (4 turbíny á 250 MW = 1000 MW), na 2.bloku je zajištěn jeden DG (2QW) pro plánovanou opravu, napájení VS je nominální - od pracujících TG (přes odbočková trafa 1,2BT01,02). <p>Reaktorové bloky 3 a 4 jsou odstaveny současně pro práce na společných zařízeních v EDU, napájení VS je z rezervních přípojníc (3,4BL, BM), přes R 7AE z vedení 110 kV V5585 ze SLV a 5586 ze SOK (Režim A). Na 3. Bloku je zajištěn jeden DG (3QV).</p> <ul style="list-style-type: none"> ● EDA: HG1-záloha pro D-ČEZ, HG2 výkon 100MW dle DPP ČEZ, HG3,4-záloha pro ČEPS, podpurná služba MZ5 , HG5,6 Mohelno - 4.stupeň regulace, výkon 0,8/0,4 MW ● VRV: HG2 v provozu, HG1,3 v záloze ● PS, 400kV: Vypnuto vedení V422 (CEB-MIR, pro opravu), vypnuta vedení V437,438 (SLV-DRN, práce na straně APG) a vypnuta obě vedení odstavených bloků V485,486 (EDU3,4-SLV4). ● DS, 110 kV - rezervní napájení EDU: Vedení 110 kV ze Slavětic a Sokolnic/Oslavan do EDU jsou v nominálním provozu (V5584, V5585 ze SLV a V5586 a V5587 ze SOK jsou pod napětím). <p>Vypnuta obě vedení V5580, V5581 (SLV-RIP) pro práce (KZL, oprava) s pohotovostním časem 8 hod. Vedení V505, 506 (OSL-CEB1) jsou vypnuta pro opravu.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Počasí: extrémní nárazový vítr v Evropě, PORUCHA v propojených soustavách „entso-e“, NÁRŮST FREKVENCE rovněž v ES ČR, $f = 50,05 \text{ Hz}$ (3003 ot./min.)
2.	<p>Působením větru dojde k pádu stožárů vedení V5584,5585 (SLV1-EDU), AZR v EDU na V5586,5587 (OSL-EDU):</p> <p>☎ SLV /D-E.ON – potvrzení porucha a stavu V5584, V5585 - výpadek, ztráta rezervního napájení 110 kV ze směru SLV1.</p> <p>☎ D-E.ON/ OED EDU dotaz na úspěšnost AZR v EDU R 0AE, R 7AE – OED i D-E.ON potvrdí stav – V5586, V5587 jsou pod napětím, v provozu.</p> <p>☎ OED – SI informovat o AZR-u na Oslavany</p>
3.	<p>Výpadek celé rozvodny Sokolnice 400 kV, výpadek TG11,12 EDU:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● SOK: Únik plynu SF6 a exploze vypínače KSP2AB (W1,2) a destrukce okolního

	zařízení. Vypnutí všech navazujících vedení (V417-OTR,423-CEB, 424-KRI, 435,436-SLV, 497-STU a traf T401,402), nemožnost manipulací na R SOK 400 kV po dobu 4-8 hodin. V R SOK zůstává pod napětím transformace 220/110 kV.
	☎ SOK / ZDP Ostrava: informace o poruše, ☎ SOK / D-E.ON: informace o poruše -"-
	• EDU - 1.blok : Ztráta dynamické stability a vypnutí gen.vypínače TG11, od el.ochran „Ztráta buzení - Asynchronní chod (F45,F371,F441) + 60sec.“, TG12 vyp. gen.vypínače od „Poruchy hlídače meze podbuzení (F442)“. Napájení VS 1.bloku zůstává z V483.
	☎ VRB1/SI : informace o poruše -"- ☎ SI - OED – výpadek TG11,12 vypnutí gen.vypínače TG11,12 od el.ochran („Ztráta buzení - Asynchronní chod, „Poruchy hlídače meze podbuzení“). Zjistit příčinu stavu sítě na ZDP.
	• EDU- 2.blok : sign.F442 podbuzení. TG21,22 se udrží v provozu, f=50,17 Hz (3010 ot./min.)
	☎ VRB2/OED : informace o poruše -"-
	☎ OED/ZDP : dotaz na příčinu zakolísání sítě, které způsobilo ztrátu dynamické stability a vypnutí generátorových vypínačů TG11,12 (1.blok) od el.ochrany „Asynchronní chod“ (F45). Odpověď ZDP: exploze vypínače KSP2AB v R SOK
	☎ OED/ SI : zavolat příčinu výpadku TG11,12 - exploze vypínače KSP2AB v R SOK
	☎ SI/D-ČEZ : informace o příčině výpadku TG11,12 – TG11 „Asynchronní chod“ (F45), TG12 vyp. gen.vypínače od „Poruchy hlídače meze podbuzení (F442). Důvod: exploze vypínače KSP2AB v R SOK. ☎ SI/VHŠ – informace o příčině výpadku TG11,12 – TG11 „Asynchronní chod“ (F45), TG12 vyp. gen.vypínače od „Poruchy hlídače meze podbuzení (F442). Důvod: exploze vyp. KSP2AB v R SOK. SI – příprava HZ dle ZI N-13
	☎ D-ČEZ/HDP Praha : informace o příčině výpadku TG11,12 -"-
	☎ HDP Praha/OED EDU : vyvedení výkonu EDU z TG 21,22, které zůstaly v provozu zůstalo jen přes vedení V433, SLV-DAS a přes vedení V434, SLV – ČNT (CEB). ☎ OED – SI informovat o vyvedení výkonu EDU z 2. RB do ES
4.	<i>Další PORUCHA v propojených soustavách „entso-e“, NÁRŮST FREKVENCE v ES ČR, $f = 50,35$ Hz (3021 ot./min.) – přechod elektráren ČR do otáčkové regulace:</i>
	☎ HDP Praha / ZDP Ostrava / : Informace o příčinách odchylky frekvence -"-
	☎ HDP Praha /HDP Praha/OED EDU : Informace o příčinách odchylky frekvence -"-
	• EDU : TG21,22 - snižování výkonu v otáčkové regulaci
	☎ OED/SI : Informace o příčinách odchylky frekvence a snižování výkonu TG21,22

	<p>📞 VRB2/SI: přechod do přebytkového OSTROVA, zahájení činnosti, dle P002o</p>
	<p>📞 SI/D-ČEZ: informace o přechodu TG21,22 do otáčkové regulace působením ROP</p> <p>📞 SI/VHŠ - PORUCHA v propojených soustavách NÁRŮST FREKVENCE v ES ČR, $f = 50,35 \text{ Hz}$ (3021 ot./min.) – přechod TG21,22 do otáčkové regulace.</p> <p>Vyhlášení NU pro JE EDU (pád stožárů vedení REZ napájení V5584, V5585 + silný vítr a ohrožení vyvedení el. výkonu a napájení VS EDU) – úsudek SI</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • EDA: HG2 - snižování výkonu v otáčkové regulaci
	<p>📞 EDA/D-ČEZ: máme frekvenci 50,35Hz, HG2 přešla do režimu ostrovní provoz a snižuje výkon</p>
	<p>📞 D-ČEZ/HDP Praha: informace o nárůstu frekvence ES a přechodu TG21,22 EDU, HG2 EDA a dalších strojů ČEZ do otáčkové regulace</p>
5.	<p>Vypnutí vedení V433 (SLV-DAS), vznik OSTROVA, nárůst frekvence, vypnutí vypínačů 400 kV a poruchové odstavení TG21,22 EDU, HG2 EDA a HG2 VRV, kolaps OSTROVA a BLACK-OUT v uzlu Slavětice - Čebín – Sokolnice</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Neúspěšný OZ na V433 (SLV-DAS): vznik silně přebytkového OSTROVA - EDU, EDA, SLV, CEB f (TG21,22) = 52,57 Hz (3154 ot./min.) • Ztráta napětí na všech vedeních 400, 220 a 110 kV v uzlu Slavětice - Čebín - Sokolnice • Kolaps OSTROVA a stav BLACK-OUT v uzlu Slavětice - Čebín - Sokolnice: $U=0$, není možno podat napájení do EDU ze SLV, SOK a CEB
	<p>📞 ZDP Ostrava/HDP Praha/D-E.ON Brno/OED EDU – minikonference: informace o poruše -"-</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • EDU ztráta rezervního napájení 110 kV ze směru SOK-OSL (V5586, V5587 bez napětí), rozvodny OAE, 7AE a rezervní přípojnice 1,2,3,4BL,BM bez napětí, vypnutí V483, V484 a TG21,22; EDA – výpadek HG2
	<p>📞 OED/SI: informace o poruše</p> <p>SI – OED – zeptat se E.O.N na VE VRANOV k eventuelnímu použití</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • EDU-1. blok: vypnutí vedení V483 (působením FREA), neúspěšný HAZR ($U_{1BL,BM} < 0,8U_n$), ÚZNVŠ, výpadek všech HCČ, odstavení reaktoru (signál HO-1), start všech 3 DG
	<p>📞 VRB1/SI: informace o poruše -"-</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • EDU-2. blok: vypnutí vedení V484 (působením FREA) a vypnutí gen.vypínačů TG21,22 od působení el.ochrany „Nesymetrie (F46 II^o)“, HAZR rozvoden 2.bloku EDU – neúspěšný ($U_{2BL,BM} < 0,8U_n$), výpadek všech HCČ, rychlé odstavení reaktoru (HO-1). Působení zkratové ochrany DG 2QV. Aut.start pouze jednoho DG (2QX), spuštění ELS III a postupný náběh čerpadel 3.syst.
	<p>📞 VRB2/SI: informace o poruše -"-, přechod do předpisu P003a, E-0, ES-0.1</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • EDU-3 a 4. blok: ztráta rezervního napájení, ÚZNVŠ, start 4 DG + automatiky ELS I, II, III
	<p>📞 VRB3,4/SI: informace o poruše -"-</p>
	<p>📞 SI/D-ČEZ: informace o vypnutí TG21,22</p>

	<p>SI/velitel hav.štábu: ÚZNVS na 1. až 4. bloku EDU, na 2. bloku úspěšný start pouze jednoho DG (2QX), MU 1. st. na 1-4. bloku EDU.</p> <p>SI – provedení činnosti dle ZI N-13 MU1. st (HO1+P002)</p> <p>SI – OED - svolat TPS</p>
	<p>SI/ odeslání hlasové zprávy: -"-</p>
	<p>SI/BI: informace o poruše -"-, požadavek na přechod na 2. blok</p>
	<p>SI : vyhlášení MU 1.stupně (vyhlásí pouze instruktor na trenažéru!)</p>
	<p>• EDA: Poruchové odstavení HG2, obě linky 400 kV (V481,V482) bez napětí, obě linky 22 kV (VN100, VN313) bez napětí, poruchové odstavení HG5,6 Mohelno, výpadek komunikací EDA-EMO, práce na obnově napájení VS EDA, vyslání pracovníka na Mohelno pro obnovu komunikací.</p>
	<p>EDA/D-ČEZ: Soustrojí HG2 poruchově odstavilo, zapadl rychlozávěr, linky 400kV (V481 a V482) i 22kV (VN 100 a VN 313 jsou bez napětí, poruchově odstavily i soustrojí HG5 a 6 Mohelno, došlo k výpadku komunikace mezi EDA a EMO, posíláme tam pracovníky, aby obnovil komunikací.</p>
	<p>D-ČEZ/HDP Praha: informace o poruše -"-</p>
	<p>OED/D-E.ON : na základě dotazu od SI předběžný požadavek na blackstart HG VE Vranov a podání napětí do VS EDU</p>
	<p>D-E.ON/VRV: informace o poruše + předběžný požadavek na blackstart jednoho HG</p>
	<p>• VRV: Vyp.gen.vypínače HG2 (kontrola), zahájení přípravy HG1 a VS do pohotovostního stavu pro blackstart</p>
	<p>D-E.ON Brno/management E.ON: Informování o situaci, Blackout uzlu SLV, příprava na Blackstart VRV HG1</p>
6.	<p>Výpadek posledního (jediného pracujícího) DG 2. bloku, dosažen stav „Blackout 2.bloku EDU“.</p> <p>SI EDU – informování HDP ČEPS a D-EON o stavu " NOUZE" NA EDU, zjištění stavu SLV, SOK, DS a ES, zvolena trasa obnovy z VRV, ČEPS vyhláší stav „NOUZE v PS ČR“</p>
	<p>• EDU-2.blok: Po ukončení sekvence „ELS“, provede operátor primárního okruhu pokus o najetí čerpadla doplňování (TK60D01,2), čímž dojde ke zvýšení zatížení rozvodny 2BX a k následnému poruchovému vypnutí 2QX – jediného pracujícího DG na 2. bloku.</p> <p>!!! DOSAŽEN stav „Blackout 2.bloku EDU“ !!!</p> <p><u>NADPROJEKTOVÁ HAVÁRIE</u></p>
	<p>VRB2/SI: informace o poruše -"-, přechod do předpisu ECA-0.0</p> <p>SI – vstup do PP P002b provedení kroků 1,2,3,4 (kap.5.2) – vyhlášení STAV NOUZE na EDU</p>
	<p>SI/SMEL: požadavek na přípravu Cílové rozvodny 2BD+BV+EV (zajistit na „A“), po dokončení zajistit 2BA+BX+EX a po dokončení zajistit 2BB+BW+EW.</p>
	<p>SI/VRB1,2,3,4: zjištění stavu TG (VS), 400 kV, R 6kV ZNII a NZN, stav DG</p>
	<p>SI/SMSO: zjištění příčiny poruchy a doby pro zprovoznění nejedoucích DG – prioritně na 2. Bloku</p>
	<p>SI/OED: zjištění stavu BL, BM, 0AE, 7AE – nikde není napětí, BL, BM bez poruchy,</p>

	ale bez napětí
	☎ SI/OED: požadavek k OED na vytvoření konference s HDP Praha, ZDP Ostrava, D-E.ON Brno a EDA
	☎ SI/OED/HDP Praha/ZDP Ostrava/D-E.ON /EDA: po spojení konference - informace o "STAVU NOUZE NA EDU" - nutnost dodat energii z vnější sítě na postižený 2. blok do 1 hodiny! Zjištění stavu uzlu a možností obnovy napájení 2.bloku EDU: Není možná obnova z PS 400kV ani DS 110kV do 1 hodiny. Není možná obnova z EDA (nemožnost spuštění HG5 – ztráta spojení, bude k dispozici cca za 45 minut – až bude k dispozici, budu informovat), ale je možná obnova z VRV HG1 přes V5515 do SUZ, V501-OSL , a V5587 do R 0AE EDU (odběr do 1MW – dle PI E.ON 377). Ukončení konference. SI – vstup do PP P002b kap. 5.7
	• HDP ČEPS Praha vyhláší stav NOUZE v PS ČR
	☎ HDP ČEPS Praha/Management ČEPS: stav NOUZE na EDU, obnova z VRV
	☎ D-E.ON Brno Praha/Management E.ON: stav NOUZE na EDU, obnova z VRV, odběr do 1 MW.
7.	<i>Příprava trasy obnovy z VRV1 přes V5515, SUZ, V501-OSL a V5587 do EDU 0AE-0AU02</i>
	☎ D-E.ON/OED: požadavek na nastavení V5587, 0AE EDU (6,3 kV vypínač trafo 0AU02 zůstává vypnutý)
	☎ D-E.ON/VRV: Příprava HG1-VRV s pomocí rozběhového DG, přes trafo 110/22/6kV T101, kontrola zapnutí V5515.
	• D-E.ON 22kV ve VRV: Vypnutí VRV T102 str.110, 22, 6kV, zablokování automatické regulace napětí VRV T102 a vypnutí VRV T101 str.22kV, zapnutí str.110kV, 6kV.
	• D-E.ON 22kV v SUZ: Vypnutí T101, T102, T103 str. 22 kV a zablokování automatické regulace napětí SUZ T102.
	• D-E.ON 110kV v R SUZ: Vypnutí všech vývodů 110kV, mimo V501 (SUZ – OSL), T102 (induktivní zátěž připravované trasy obnovy), SUZ T101, T103 , V5515 (SUZ – VRV)
	• D-E.ON 22kV v R SUZ: vypnutí T101, T103 str.22kV
	☎ D-E.ON/CEB: informace o přípravě trasy z VRV HG1 přes V5515 do SUZ, V501-OSL a V5587 do R 0AE EDU.
	• D-E.ON 110kV v R OSL: vypnutí všech vývodů 110kV v R Oslavany (OSL), včetně T101, T102, T103, mimo V501 a V5587 - v případě provozu na rozdílnou přípojnicí – sepnutí pomocí spínače přípojnic.
	• D-E.ON 110kV: vypnutí vypínače 110 kV FVE Lesná V5515
	• D-E.ON 110kV: V5515, V501, V5587 oboustranně vyp. OZ
	• D-E.ON: ověření připravenosti trasy z VRV do EDU a připravenosti VS a HG1 VRV ke startu ze tmy
8.	<i>Tvorba trasy uvnitř EDU a svolání havarijního štábu EDU.</i>
	☎ SI/SMEL: zahaj přípravu pro obnovu z DG 1. Bloku – dle kap. 5.8., 1QX, přes 1BX a 1BC, (zatím nepřivádět napětí na trasu 1BM, 0BF, 2BM, 2BD, 2BV, 2EV)
	☎ SI/SMEL: (dle kr. 3, kap. 5.7.) zabezpeč s VRB1, SMMaR přípravu napájecí trasy

	<p>uvnitř EDU pro obnovu napájení z VRV přes OSL (P002b kap. 5.7): V5587-0AE-0AU02-0BF-2BM-2BD-2BV, a současně (paralelně) přípravu trasy od DG prvního bloku (dle Přílohy 7.13 Postupu č.17 PP P002b kap. 5.8): 1QX,1BX, 1BC, 1BM, 0BF, 2BM, 2BD-2BV CÍLOVÁ rozvodna 2BV je shodná pro obnovu z VRV i z DG. Připojena bude trasa od VRV (bude dostupná dříve). 1QX,1BX, 1BC, 1BM zůstanou k dispozici pro případ selhání obnovy z VRV.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • SMEL zahájí přípravu obou tras uvnitř EDU.
	<p>☎ SI/velitel HŠ: Black-out 2.bloku EDU, MU-2.stupně, svolání sHŠ, dohodnuta obnova z VRV a jako záloha obnova napájení od 3QV na rozvodnu 2B</p> <p>SI – zahájení činnosti dle ZI N-13 MU2. st.</p>
	<p>☎ SI/odeslání hlasové zprávy: o MU2. st.</p>
	<p>☎ SI/společná dozorna: vyhlášení MU2. st. (vyhlásí pouze instruktor na trenažéru!)</p>
	<p>☎ SMEL/PE1,PE2,VRB2: zahaj přípravu CÍLOVÉ rozvodny 2BD, 2BV pro obnovu napájení přes 2BM dle P002b kap. 5.4</p>
	<p>☎ SMEL/PE3,VRB3: zahaj přípravu ZDROJOVÉ rozvodny 1BC,1BX pro obnovu na 2.bloku dle P002b/kap.5.7 Příloha 7.13, Postup č. 17.</p>
	<p>☎ SMEL/OED: Připravit rozvodnu 0AE na obnovu napájení, přepnout regulaci napětí traťa 0AU02 do „RUČ“, vypínače nastavit tak, aby byla spojena celá trasa obnovy a vypnutý zůstal pouze vypínač na 6,3kV straně traťa 0AU02 (110/6,3kV)</p>
	<p>☎ SMEL/TPEL: požadavek na vypnutí vypínačů 6.3kV traťa 0AU02, které přísluší k přípojnicí 2BM a ověření rozpojení BM mezi HVB, přípojnice 2BM a 3BM budou spojeny (přes 9BM) až bude rozhodnuto o využití zdrojového DG (3QW).</p>
	<p>☎ SMEL/TPEL1,2: Požadavek na vypnutí rezervních přívodů rozveden připojených k 1BM, 2BM, 3BM, 4BM (včetně vyblokování AZR), vypnutí rez.přívodu na 9BB</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • SMEL ověření připravenosti dohodnutých tras a zařízení uvnitř EDU na podání napájení na rozvodnu 2BD, 2BV.
	<p>☎ SMEL/SI: informace o připravenosti -"-</p>
9.	<p>KONFERENCE, spuštění HG1 VRV. Zahájení obnovy napájení na 2. Bloku EDU z VRV.</p> <p>Výpadek posledního pracujícího DG na 3. Bloku – dosažen „Blackout 3. bloku EDU“. SI EDU – informování HDP ČEPS a D-EON o stavu blackout na 3. Bloku EDU, zjištění stavu SLV, SOK, DS a ES, vnější zdroj není zatím k dispozici zvolena obnovy z DG 4. Bloku EDU. a ukončení stavu Blackout 2. bloku EDU</p>
	<p>☎ D-E.ON/OED: Trasa z VRV do EDU je připravena, VS a HG1 VRV je připraven ke startu ze tmy. Informujte nás, až bude EDU připravena na podání napájení.</p>
	<p>☎ OED/SI: Trasa z VRV do EDU je připravena, VRV je připraven ke startu ze tmy.</p> <p>Pokyn SI/OED : trasa uvnitř EDU je připravena, vytvoř konferenci: OED, SI, D-E.ON, CEB, VRV, ZDP, HDP a VRB2</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • OED: Tvorba konference -"-
	<p>☎ SI /Konference: OED – slyší?, D-E.ON, CEB, VRV, ZDP Ostrava, HDP Praha, VRB2...slyší?</p>

	!!!! VRB3 přes telefon VRB2 do konference oznámí SI, že nastal blackout 3. Bloku!
	<p>SI /Konference: dotaz do konference (dle kr. 9/ kap. 5.9.) na možnosti podání napětí ze 400, 110, EDA – odpověď nejsou dostupné, SI – obnovíme napájení na 3. Bloku z DG 4. Bloku trasou 4QX, 4BA, 4BM, 7BF, 3BM, 3BB, 3BV (dle přílohy 7.13, postup 36) – OED předej požadavek SMEL.</p> <p>SI /Konference: pokračujeme v podání napájení z VRV na 2. Blok EDU:</p>
	<p>SI /Konference: Po potvrzení připravenosti všech subjektů, dá SI požadavek na D-E.ON na start HG1 VRV</p>
	<p>D-E.ON /konference: pokyn na VRV na rozjezd HG1 VRV „v režimu VS EDU“, ruč. spuštění DG, zapnutí generátorového vypínače HG1, otevření uzávěru a regulačního kruhu, roztočení na 100% otáček, zapnutí odbuzovač, zapnuta budící souprava - regulace napětí v manuálním režimu, zablokovány podpěťové ochrany, pomalé (ruční) zvýšení "Un,,: 50%Un, 90%Un, 100%Un. Nabuzení trasy VRV HG 1 - V5515, SUZ - V501-OSL a OS - V5587 - OAE EDU na vypnutém vypínači na straně 6 kV TR 110/6 kV (transformátor 0AU02). Celá trasa do EDU je pod napětím. Napětí v OAE = 116 kV.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • OED: Ověření zda je připravenost na sepnutí vypínače 6,3 kV v rozvodně 0BF v EDU. OED ověří zda je napětí až po 6,3 kV vypínač transformátoru 0AU02 a zda je připravenost na sepnutí vypínače 6,3 kV v rozvodně 0BF v EDU a na pokyn SI provede sepnutí vypínače 6,3 kV v rozvodně 0BF a přivedení napětí na rezervní přípojnicí 2BM. Korekce napětí přes HRT trafa 0AU02, pro dosažení napětí 6,5 kV na rozvodně 0BF
	<p>OED/Konference: informace o připravenosti -"-</p>
	<p>SI /Konference: pokyn pro OED na sepnutí vypínače 6,3 kV v rozvodně 0BF a přivedení napětí na rezervní přípojnicí 2BM.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • OED: sepnutí vypínače 6,3 kV v rozvodně 0BF v EDU
	<p>OED/Konference: provedl jsem sepnutí vypínače v rozvodně 0BF, napětí je 6,2 kV, provedu zvýšení regulátorem trafa 0AU02 na 6,5 kV.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • OED: Korekce napětí přes HRT trafa 0AU02, pro dosažení napětí 6,5 kV na rozvodně 0BF
	<p>OED/Konference: informace o provedení -"-</p>
	<p>SI /Konference: přes OED zadá SMEL přivést napájení na rozvodny 2BD, 2BV</p>
	<p>SMEL/VRB2: žádám o povolení přivést napětí na rozvodny 2BD, 2BV – VRB2 vydá souhlas</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • SMEL: pokyn PE, aby přivedl napětí na CÍLOVOU rozvodnu 2BD, 2BV a provedl následnou kontrolu rozvoden EV, usměřovačů EQ, střídačů EP a osvětlení
	<ul style="list-style-type: none"> • PE2: předem informuje VRB2 a následně sepne rezervní přívod z 2BM na 2BD a pak sepnutím sekčních vypínačů přivede napětí na rozvodnu 2BV. Sleduje stabilizaci napětí (přechod akubaterií I.systému do nabíjecího režimu), odečte hodnotu = 6,3 kV a informuje VRB2. <p>!!! UKONČEN stav „Blackout 2.bloku EDU“ !!!</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE2: dle zadání SMEL - kontrola rozvoden EV, usměřovačů EQ, střídačů EP a osvětlení • VRB2: Zadat nastavení tras vysokotlakého vzduchu US k RČA, kontrolu

	komunikačních prostředků a zařízení SKŘ.
	☎ VRB2/konference: na rozvodnách 2BD, 2BV bylo obnoveno napětí, žádám o povolení spustit čerpadla ČTVD11 a HNČ1 (zátěž 250 kW a 200 kW).
10.	Úprava napětí a frekvence vytvořeného OSTROVA, spouštění spotřebičů na EDU a zatěžování HG1 VRV
	☎ SI /Konference: Požadavek SI na zvýšení napětí na rozvodně 2BV na 6,5 kV buzením VRV HG1 a doregulování frekvence na 50±0,1Hz
	<ul style="list-style-type: none"> • VRV: Zvýšení napětí buzením HG1, dosaženo 6,5 kV na 2BV, frekvence stabilizována na 50±0,1Hz.
	☎ VRB2 /Konference: potvrzení stavu -"-
	<ul style="list-style-type: none"> • VRB2: pokyn pro OSO: vzhledem k tomu, že TVD I máme k dispozici z 1. Bloku (jedou čerpadla ČTVD 9,10), tak zadej požadavek na odjištění HNČ1 (OSO zadá PE)
	☎ VRV /Konference: Souhlas VRV k postupnému zatěžování HG1 a startu HNČ1
	<ul style="list-style-type: none"> • PE: odjištění HNČ1 a informování OSO -VRB2
	☎ VRB2 /Konference: jsme připraveni ke spuštění HNČ1 – odpověď VRV: souhlas se spuštěním
	<ul style="list-style-type: none"> • VRB2: pokyn pro OSO – spuštění HNČ1 a vytvoření průtoku do PG
	<ul style="list-style-type: none"> • VRV: stabilizace U a f
	<ul style="list-style-type: none"> • VRV: Po stabilizaci U a f na VRV HG1 + kontrola úrovně napětí 116 kV na V5587 EDU přepnout ve VRV HG1 z ruční regulace napětí na automatickou regulaci napětí.
	<ul style="list-style-type: none"> • VRB2: pokyn pro OSO požadavek na odjištění TG11D01 (OSO zadá PE)
	<ul style="list-style-type: none"> • PE: odjištění TG11D01 a informování OSO -VRB2
	<ul style="list-style-type: none"> • VRB2: ověření připravenosti TG11D01 a prodlevy nejméně 3 min. po spuštění HNČ1
	☎ VRB2 /Konference: jsme připraveni ke spuštění TG11D01– odpověď VRV: souhlasíme
	VRB2: pokyn pro OSO – spuštění TG11D01
	<ul style="list-style-type: none"> • VRV: stabilizace U a f
	☎ VRB2 /Konference: nemáme další požadavek na zvyšování zátěže OSTROVA
	☎ SI /Konference: děkuji za spolupráci, končím konferenci
	<ul style="list-style-type: none"> • KONEC KONFERENCE
11.	Připravenost EDA3 na podání napájení do EDU a příprava trasy
	☎ EDA/SI EDU: EDA informuje EDU: Je úspěšně obnoveno napájení VS EDA z HG5 – EMO a EDA je připravena na podání napájení do EDU od HG3 EDA.
	☎ SI OED: vytvoř konferenci: OED, SI, D-E.ON, SLV, EDA, ZDP Ostrava, HDP Praha
	<ul style="list-style-type: none"> • OED: Tvorba konference -"-
	☎ SI /Konference: OED – slyší?, D-E.ON, SLV, EDA ZDP Ostrava, HDP Praha ... slyší?
	☎ SI /Konference: Praho, žádáme o podání napájení z EDA na 3. Blok EDU. Ostravo a

	D-EON - připravte trasu z EDA3, přes R SLV 400 kV, a vedení V485, trafo 3AT01, a trafo 3BT01 na rozvodnu 3BB na 3. Blok EDU.
	HDP /Konference: HDP ČEPS Praha souhlasí s podáním napájení z EDA do EDU a žádá ZDP Ostrava a D-E.ON o přípravu potřebné trasy.
	ZDP /Konference: Napájení může být bude podáno z EDA3, přes R SLV 400 kV, a vedení V485, trafo 3AT01, a trafo 3BT01 na rozvodnu 3BB na 3. Blok EDU. Dělicím vypínačem bude pracovní přívod na R 6 kV 3BB na sekundární straně trafo 3BT01.žádáme CD-E.ON o potvrzení
	CD-EON /Konference: Potvrzujeme navrženou trasu z RSLV-W21 a z EDA3, přes R SLV 400 kV, a vedení V485, trafo 3AT01, a trafo 3BT01 na rozvodnu 3BB na 3. Blok EDU. , kde požadujeme na EDU vypnout vypínač 6 kV na sekundární straně trafo 3BT01, pracovní přívod na R 6kV – 3BB, který zůstane jako dělicí.
	SI /Konference: Zabezpečíme vypnutí dělicího vypínače 6 kV, což je pracovní přívod na R 6 kV 3BB na sekundární straně trafo 3BT01
	SI /Konference: OED předej požadavek SMEL na přípravu trasy uvnitř EDU: od vedení V485, trafo 3AT01, a trafo 3BT01 na rozvodnu 3BB na 3. Blok EDU, kde ponechte vypnutý pracovní přívod na R 6kV – 3BB od trafo 3BT01, který zůstane jako dělicí. Dokončete přípravu prioritního 1. elektrický systém na 3. Bloku pro přivedení napětí z EDA.
	OED/Konference: předám informace SMEL a zabezpečíme přípravu trasy uvnitř EDU, podle požadavků. Vypínač na pracovním přívodu R 6kV – 3BB od trafo 3BT01, zůstane vypnutý jako dělicí na trase uvnitř EDU. Až dokončíme přípravu 1. ES na podání napětí, tak o tom budeme informovat.
	SI /Konference: žádám D-EON Brno a D-ČEPS Ostrava, aby informovali OED EDU o dokončení přípravy dohodnuté trasy. Nyní ukončíme konferenci a po potvrzení připravenosti od D-EON a D-Ostrava ji OED EDU opět spojí. Končím konferenci.
	• KONEC KONFERENCE
	ZDP/OED: Dohodnutá trasa z EDA3, přes V482 a R SLV 400 kV, a vedení V485, je připravena
	• OED: Dohodnutá trasa uvnitř EDU vedení V485, je připravena
	ZDP/D-EON: Dohodnutá trasa z EDA3, přes V482, RSLV4, V485, trafo 3AT01, a trafo 3BT01 na rozvodnu 3BB na 3. Blok EDU, je připravena, pracovní přívod na R 6kV – 3BB od trafo 3BT01, je vypnutý.
	• D-EON: Bereme na vědomí připravenost trasy z EDA3 přes RSLV na 3.blok EDU
	OED/SI: D-Ostrava i Brno potvrdily připravenost trasy do EDU, tak, že je celá trasa od z EDA3, přes V485 připravena. V EDU máme připravenou trasu přes trafo 3AT01 a trafo 3BT01 na rozvodnu 3BB na 3. Blok EDU a pracovní přívod na R 6kV – 3BB od trafo 3BT01, je vypnutý
	• SI: Zjistí u SMEL připravenost trasy a rozveden 3. Bloku pro podání napětí, až bude příprava dokončena, spoj mi konferenci s HDP, ZDP, D-EON a EDA.
	• SMEL: určí dobu, kdy je trasa uvnitř EDU a rozvodny 3. bloku 3BB a 3BV jsou připraveny na podání napětí.
	SMEL/SI: trasa uvnitř EDU a rozvodny 3. Bloku jsou připraveny na podání napětí, OED spojí požadovanou konferenci.

	☎ OED- Tvorba konference: SI, OED, HDP, ZDP, EDA, HDP, D-E.ON.
	☎ SI /Konference: OED – slyší?, HDP Praha, ZDP Ostrava, D-E.ON Brno , EDA... slyší?
	☎ SI /Konference: Trasa uvnitř EDU a rozvodny na 3. Bloku EDU jsou připraveny na podání napětí, dělicí vypínač na R 6kV – 3BB od trafo 3BT01, je vypnutý. Prosím potvrďte připravenost trasy na rozjezd EDA3 a uvedení pod napětí.
	☎ HDP, ZDP, D-EON, EDA , D-E.ON. /Konference: potvrzení připravenosti na start HG3 EDA.
	<ul style="list-style-type: none"> • HDP se z konference odpojí.
12.	<i>Spuštění EDA3 a podání napětí na 3. Blok EDU – ukončení stavu Blackout 3. bloku EDU</i>
	☎ SI /Konference: EDA slyší? Ano, EDA slyší. Žádám o rozjezd HG3 EDA a uvedení trasy pod napětí, včetně trafo 3AT01 a 3BT01 v EDU.
	☎ EDA/Konference: rozumím, provádím rozjezd HG3, otevření uzávěru a regulačního kruhu, roztočení na 100% otáček, zapnutí generátorový vypínač HG3, zapnutí odbuzovač, zapnuta budící souprava, pomalé zvýšení "Un,,: 50%Un, 90%Un, 100%Un .
	<ul style="list-style-type: none"> • Trasa EDA3-V482-SLV4-V485-T 3AT01-T 3BT01 je pod napětím.
	<ul style="list-style-type: none"> • SI EDU ověř, zda je napětí až po 6,3 kV vypínač na R 6kV – 3BB od trafo 3BT01, a je připravenost na jeho sepnutí z BD3
	☎ SI/SMEL: ověř napětí na V485 a nech přivést napájení na zvolenou CÍLOVOU rozvodnu 3BB, 3BV .
	<ul style="list-style-type: none"> • Pokyn SI pro SMEL, aby zadal PE3 sepnutí pracovního přívodu v rozvodně 3BB a ověření stabilizace napětí na úrovni 6,3 kV.
	☎ SMEL/VRB3: žádám o povolení přivést napětí na rozvodny 3BB a 3BV – VRB3 vydá souhlas
	☎ SMEL/PE3: sepní pracovní přívod na 3BB a po stabilizaci napětí sepní sekční spojku na 3BV a provedl následnou kontrolu rozveden EV, usměrňovačů EQ, střídačů EP a osvětlení
	<ul style="list-style-type: none"> • PE3: předem informuje VRB3 a následně sepne rezervní přívod z 3BM na 3BB a pak sepnutím sekčních vypínačů přivede napětí na rozvodnu 3BV. Sleduje stabilizaci napětí (přechod akubaterií I.systému do nabíjecího režimu), odečte hodnotu = 6,3 kV a informuje VRB3. <p style="text-align: center;">!!! UKONČEN stav „Blackout 3.bloku EDU“ !!!</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE3: dle zadání SMEL - kontrola rozveden EV, usměrňovačů EQ, střídačů EP a osvětlení • VRB3: Zadat nastavení tras vysokotlakého vzduchu US k RČA, kontrolu komunikačních prostředků a zařízení SKŘ.
13.	<i>Úprava napětí a frekvence trasy, spouštění spotřebičů na EDU a zatěžování HG3 EDA a ukončení stavu NOUZE na EDU</i>
	☎ SI/OED: Požadavek na připojení VRB3 do konference . Informace o obnově napájení na 3BV a přípravě na start čerpadel na 3. bloku EDU. Požadavek SI na korekci buzení HG3

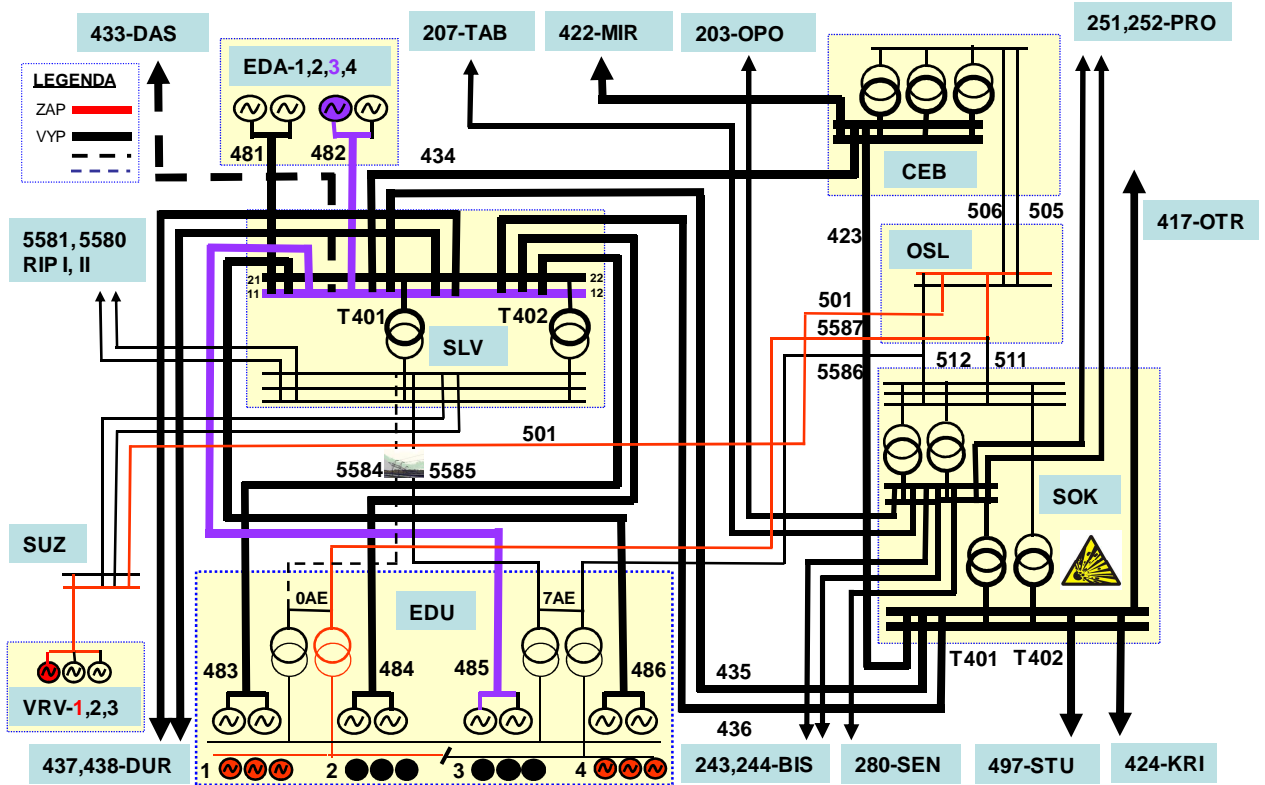
	EDA (napětí) pro dosažení napětí 6,5 kV na 3BV, doregulování frekvence na 50±0,1Hz
	<ul style="list-style-type: none"> • PE3: informace pro VRB3 – provedena kontrola po obnově napětí.
	<ul style="list-style-type: none"> • VRB3: zadá pokyn PE el. odjistit HNČ1 a TG11D01
	☎ VRB3/Konference: 3. Blok žádá o souhlas EDA se startem pohonů
	Souhlas EDA k zatěžování HG3, start HNČ1 a po , stabilizaci U a f a prodlevě nejméně 3 min start HNČ1 . EDA souhlasí se startem pohonů EDU
14.	<i>Informování účastníků konference a příslušných managementů o stavu EDU, EDA, ES a DS a rozhodnutí o dalším postupu</i>
	☎ SI /Konference: SI informuje účastníky konference o úspěšném startu pohonů na 3.bloku EDU, a ukončení stavu NOUZE na EDU, ukončení konference .
	<ul style="list-style-type: none"> • KONEC KONFERENCE
	<ul style="list-style-type: none"> • D-E.ON, HDP a SI informují příslušné managementy o úspěšné obnově napájení a startu pohonů na 2. a 3. bloku a ukončení STAVU NOUZE na EDU.
KONEC SCÉNÁŘE	
<u>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</u>	
0AE	Rozvodna EDU - přívody 110 kV ze SLV a SOK (V5584, V5587)
0AU02	Trafo 110/6,3 kV - v rozvodně 0AE - EDU
AUT	Automatické ovládání
APS	Automatika postupného spouštění čerpadel
ASV	Automatika selhání vypínače
AZ	Aktivní zóna reaktoru - EDU
AZR	Automatický záskok
9BA	Rozvodna 6,3 kV - napáj.společné (neblokované) vlastní spotřeby EDU
2BB	Rozvodna 6,3 kV nezajištěného napájení 2.bloku EDU
0BF	Rozvodna 6,3 kV - napájení rezervních přípojnic (1BM, 2BM) EDU
1BL	Rezervní přípojnice 6,3 kV - 1.bloku EDU a spol. vl.spotřeby EDU
2BL	Rezervní přípojnice 6,3 kV - 2.bloku EDU
2BV	Rozvodna 6,3 kV zajištěného napájení 2.bloku EDU - 1.systém
2BW	Rozvodna 6,3 kV zajištěného napájení 2.bloku EDU - 2.systém
2BX	Rozvodna 6,3 kV zajištěného napájení 2.bloku EDU - 3.systém
BI	Bezpečnostní inženýr EDU
BS	Bazén skladování použitého paliva
ČNT,CEB	Rozvodna Čebín

ČTVD	EDU - Čerpadlo technické vody důležité
D ČEZ	Dispečink ČEZ Praha
D E.ON	Dispečink E.ON Brno
DG	Dieselgenerátor
DS	Distribuční soustava
EDA	Vodní elektrárna Dalešice
EDU	Jaderná elektrárna Dukovany
ELS	Automatika postupného spouštění čerpadel (Emergency Load Sequencer)
EW	Rozvodna 0,4 kV zajištěného napájení - EDU
ES	Energetická soustava
ESFAS	Bezpečnostní systém (Engineered Safety Features Actuation System)
HCC	Hlavní cirkulační čerpadlo
HDP	Hlavní dispečerské pracoviště Praha
HG	Hydrogenerátor
HNČ	Havarijní napájecí čerpadlo
HO -1	Havarijní ochrana rektoru - rychlé odstavení (pád všech tyčí)
HŠ	Havarijní štáb EDU
KSP	Kombinovaný spínač přípojnic
KZL	Kombinované zemní lano
MIR	Rozvodna Mírovka
MU	Mimořádná událost - EDU (svolání havarijního štábu)
MZ5	Minutová záloha 5minutová – podpůrná služba
NN	Napájecí nádrž - EDU
NZN	Systém nezajištěného napájení EDU
OED	Operátor elektrodozorný EDU
OPO	Operátor primárního okruhu
OSO	Operátor sekundárního okruhu
OS, OSL	Rozvodna Oslavany
OZ	Automatika opětného zapínání
P002b	Provozní předpis pro likvidaci Blackout EDU a obnovu v uzlu SLV
PE	Provozní elektrikář EDU
PG	Parogenerátor - EDU
PS	Přenosová soustava
PSK	Přepouštěcí stanice do kondenzátoru
PSP	Podélný spínač přípojnic
QW	Dieselgenerátor - 2.systém - EDU

R	Rozvodna
ROP	Rozdílová ochrana přípojníc
RB	Reaktorový blok EDU
RUČ	Ruční ovládání
SI	Směnový inženýr EDU
SKŘ	Systém kontroly a řízení
SLV	Rozvodna Slavětice
SO, SOK	Rozvodna Sokolnice
SMEL	Směnový mistr elektro
SMSO	Směnový mistr sekundárního okruhu
SUZ	Rozvodna Suchohrdly u Znojma
TG	Turbogenerátor
TK	Systém doplňování primárního okruhu
TPS	Technické podpůrné středisko - součást havarijního štábu EDU
TVD	Technická voda důležitá - EDU
T401,402	Transformátor 400/110 kV v rozvodně Slavětice
US	Systém vysokotl. vzduchu (pro ovládání rychločinných armatur)
VRB	Vedoucí reaktorového bloku
VRV	Vodní elektrárna Vranov nad Dyjí
VS	Vlastní spotřeba
ZDP	Záložní dispečerské pracoviště - Ostrava
ZN	Zajištěné napájení - elektrický systém EDU

(Fejta – 2, 2013)

Příloha 2



(Fejta – 2, 2013)