

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2019

**IVETA
JENIKOVSKÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Řešení mimořádné události výpadku elektrické energie ve
zdravotnickém zařízení se statutem nemocnice**

**Solution of exceptional event of power outage in health establishment
with hospital statut**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Tlustý, CSc.

Iveta Jenikovská

Kladno, květen 2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Jenikovská** Jméno: **Iveta** Osobní číslo: **434364**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Civilní nouzové plánování**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Řešení mimořádné události výpadku elektrické energie ve zdravotnickém zařízení se statutem nemocnice

Název diplomové práce anglicky:

Solution of exceptional event of power outage in health establishment with hospital statut

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce je analýza možností řešení mimořádné události spojené s výpadkem elektrické energie na vybrané nemocniční zařízení pomocí vlastní fotovoltaické elektrárny. V teoretické části budou definovány základní pojmy týkající se mimořádné události výpadku elektrické energie. Dále bude provedeno seznámení s provozem fotovoltaické elektrárny a jejím dopadem na krizovou připravenost poskytovatele zdravotnické lůžkové péče. Praktická část bude věnována vybranému objektu, bude provedena analýza nynějšího řešení výpadku elektrické energie a dále bude vypracována modelace řešení pomocí vybudované fotovoltaické elektrárny, s určením jejích kladných i záporných stránek v oblasti krizové připravenosti nemocnice. V závěru práce bude vypracován projekt na možné řešení mimořádné události spojené s výpadkem energie v nemocnici pomocí vlastní fotovoltaické elektrárny. Dále bude provedena komparace stávajícího řešení a řešení s fotovoltaickou elektrárnou a pomocí SWOT analýzy budou popsány kladné a záporné stránky tohoto řešení.

Seznam doporučené literatury:

- [1] MASTNÝ, Petr, Obnovitelné zdroje elektrické energie, ed. 1. , Praha: ČVUT, 2011, ISBN 978-80-01-04937-2
- [2] LIBRA, Martin, POULEK, Vladislav, Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie, ed. 2. , Praha: Ilsa, 2010, ISBN 978-80-904311-5-7
- [3] FRÖHLICH, Tomáš, Připravenost zdravotnického zařízení na mimořádné události a krizové situace, ed. 1. , Brno: T-soft a.s., 2014, ISBN 978-80-902488-9-2

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. Josef Tlustý, CSc.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **01.10.2018**

Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2020**

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

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

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem **Řešení mimořádné události výpadku elektrické energie ve zdravotnickém zařízení se statutem nemocnice** samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 15.05.2019

.....
Jeníkovská Iveta

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce panu prof. Ing Josefovi Tlustému, CSc. za velkou trpělivost, věcné připomínky, cenné rady a pomoc při psaní této práce. Dále bych chtěla poděkovat technickému pracovníkovi ČEZ Solární s.r.o., za spolupráci a poskytnutí cenných rad při modelaci fotovoltaické elektrárny.

Abstrakt

Obsahem diplomové práce je řešení rozsáhlého výpadku elektrické energie ve zdravotnickém zařízení se statutem nemocnice pomocí vybudované fotovoltaické elektrárny se záložním zdrojem ve formě baterií.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je zaměřena na definování základních pojmů týkajících se mimořádné události, krizové situace, jejich možné řešení a eliminace na základě zpracovaných havarijních plánů a plánu krizové připravenosti zdravotnického zařízení. Dále je definovaná oblast energetiky, její výroba, distribuce, popsání základních částí a fungování fotovoltaické elektrárny. V neposlední řadě je v teoretické části definován systém zdravotnictví a jeho začlenění do kritické infrastruktury. Poslední fází je popis vybraného objektu zdravotnického zařízení ležící na území hlavního města Prahy. Na teoretickou část navazuje praktická, kde jsou definovány cíle, hypotézy a charakterizované metody, které jsou využívány v celé závěrečné práci. Cílem práce je modelace fotovoltaické elektrárny na vybrané zdravotnické zařízení.

Dalším cílem práce je SWOT analýza stávajícího řešení a navrhovaného. Kde jsme vyhodnotili slabé stránky, silné stránky, příležitosti a hrozby obou řešení. Následné výsledky SWOT analýz jsme komparovali a popsali kladné a záporné stránky.

Výsledkem práce je namodelovaný projekt fotovoltaické elektrárny se systémem baterií pro případ dlouhodobého výpadku elektrické energie a porovnání se aktuálním řešením blackoutu ve zdravotnickém zařízení se statutem nemocnice.

Klíčová slova

Blackout; fotovoltaická elektrárna; řešení výpadku elektrické energie; nemocnice; diesel-agregát;

Abstract

The content of this diploma thesis is the solution of a large power outage in a medical facility with the status of a hospital using a built up photovoltaic power plant with a backup source in the form of batteries.

The thesis is divided into theoretical and practical part. The theoretical part is focused on defining the basic terms related to the emergency, crisis situation and their possible solution and elimination based on the prepared emergency plans and the emergency preparedness plan of the medical facility. Furthermore, the field of energy is defined, its production, distribution and description of the basic parts and the operation of the photovoltaic power plant. Last but not least, the theoretical part defines the health system and its integration into critical infrastructure. The last phase is a description of the selected medical facility located in the capital city of Prague. The theoretical part is followed by practical, where are defined goals, hypotheses and characterized methods, which are used in the final thesis. The aim of the thesis is to model a photovoltaic power plant for a selected medical facility. To simulate the situation, we used the available information from the emergency plans and analysis exercises from earlier years.

Another aim of the thesis is SWOT analysis of the existing solution and proposed one. Where we evaluated the weaknesses, strengths, opportunities and threats of both solutions. We compared the results of the SWOT analyzes and described the positive and negative aspects. We defined the risks of the created solar system and their reduction or elimination.

The result of this work is a modeled photovoltaic power plant project with battery system in case of long-term power outage and comparison with the current blackout solution in a medical facility with hospital status.

Keywords

blackout; photovoltaic power plant; power outage solutions; hospital; diesel-aggregate

Obsah

1	Úvod	12
2	Současný stav	14
2.1	Základní pojmy	14
2.2	Infrastruktura a zdravotnictví.....	16
2.2.1	Kritická infrastruktura	16
2.3	Elektrická energie.....	17
2.3.1	Výroba	17
2.3.2	Přenosová soustava	18
2.3.3	Distribuce	18
2.4	Fotovoltaická elektrárna	18
2.4.1	Slunce.....	19
2.4.2	Princip a systém fungování FVE	19
2.4.3	Negativa FVE.....	21
2.4.4	Pozitiva FVE	22
2.5	Blackout.....	23
2.5.1	Příčiny.....	23
2.5.2	Dopady	24
2.5.3	Blackout ve světě.....	25
2.6	Zdravotnictví.....	27
2.7	Popis objektu	30
2.7.1	Analýza dopadů výpadku elektrické energie	31
2.7.2	Aktuální řešení výpadku elektrické energie.....	33
3	Cíl práce a hypotézy	35

3.1	Cíle práce.....	35
3.2	Hypotézy	35
4	Metodika	36
4.1	Komparace	36
4.2	SWOT analýza	36
4.2.1	Hodnocení SWOT analýzy	36
4.3	Projektová metoda	37
4.4	Modelování	37
4.5	PV*SOL Premium 2018.....	37
4.6	Analýza.....	38
4.7	Pozorování	38
4.8	Konzultace	38
5	Výsledky.....	39
5.1	Stávající řešení	39
5.1.1	Dopady na poskytované zdravotní služby	40
5.2	Navrhované řešení.....	42
5.2.1	Konstrukce zařízení	42
5.2.2	Bateriový systém jako řešení výpadku elektrické energie v nemocnici	47
5.2.3	Rizika FVE.....	49
5.2.4	Prevence	51
5.2.5	Eliminace bezpečnostní rizik.....	52
5.2.6	Kladné stránky v oblasti krizové připravenosti nemocnice	54
5.2.7	Záporné stránky v oblasti krizové připravenosti nemocnice.....	55
5.3	SWOT analýza stávajícího řešení.....	55

5.4	SWOT analýza navrhovaného řešení.....	59
5.5	Komparace SWOT analýz.....	62
5.6	Vyhodnocení stanovených hypotéz.....	64
6	Diskuze.....	66
7	Závěr.....	78
8	Seznam použitých zkratk80	80
9	Seznam použité literatury82	82
10	Seznam použitých obrázků87	87
11	Seznamu použitých tabulek88	88

1 ÚVOD

Sluneční energie je přirozeně vhodná pro zdravotnické organizace jako jsou nemocnice, pečovatelské domy aj., a to nejen proto, že solární energie snižuje znečištění ovzduší a činí svět čistějším a zdravějším místem, ale můžeme tím snížit ekonomickou stránku vynaloženou na spotřebu elektrické energie ze sítě.

Blackout je často skloňované slovo v mnoha způsobech. Náročnost technicky vyspělého světa požaduje dostatečně kvalitní zásobování elektrickou energií. Avšak působením počasí, či chybou lidského faktoru může dojít velmi často k výpadku dodávek elektrické energie. Vytvořením fotovoltaické elektrárny se záložním zdroje energie můžeme tento stav řešit.

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. První zmíněna se věnuje základním pojmům týkající se krizové situace, mimořádné události a plány, které se pro případ výše uvedených událostí musí zpracovat. Rovněž se zabývá kapitolou o elektrické energii, její výrobě, distribuci a využívání. Dále se věnuje fotovoltaické energii, její výrobě, využívání, hodnocení kladných a záporných stránek této výroby solární energie. Zabýváme se dlouhodobým výpadkem elektrické energie, co to vůbec je a jak nás to ohrožuje, uvedena je i zkušenost ze světa s řešením a dopady blackoutu na zdravotnické zařízení. Popsána je kapitola systému zdravotnictví, jeho připravenosti na dlouhodobý výpadek elektrické energie, a zařazení do systému kritické infrastruktury České republiky. Poslední pasáží teoretické části diplomové práce je popis vybraného objektu, na kterého je v praktické části modelovaná fotovoltaická elektrárna se systémem záložního zdroje – bateriemi.

Hlavním úkolem praktické části je modelace komplexní fotovoltaické elektrárny na vybrané zdravotnické zařízení nacházející se na území hl. města Prahy. Popsané je aktuální řešení zařízení na výpadek elektrické energie pomocí diesel-agregátů a

bude hodnoceno pomocí SWOT analýzy. Tuto metodu využijeme i pro hodnocení silných, slabých stránek, příležitostí a hrozeb pro modelovanou část vytvořené fotovoltaické elektrárny. Poslední pasáží bude komparace obou SWOT analýz a popsání výsledků.

Cílem diplomové práce je analýza řešení výpadku elektrické energie pomocí vybudované fotovoltaické elektrárny se systémem baterií, a to z důvodu častého potýkání a aktuálností s řešením připravenosti na tento typ mimořádné události. Modelací chceme poukázat, že jsou i jiná možná řešení blackoutu než využívání diesel-agregátů jako záložních zdrojů ve zdravotnických zařízeních.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Základní pojmy

Mimořádná událost

Je škodlivé působení sil a jevů způsobené naturogenním či antropogenním nebezpečím, jehož dopady ohrožují životy, zdraví, majetek obyvatel a životní prostředí. Tyto situace vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. (1) (2)

Krizová situace

Krizová situace (dále jen „KS“) je mimořádná událost (dále jen „MU“), při nichž je vyhlášen jeden z krizových stavů. Stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav. Jedna z vytipovaných krizových situací určena bezpečnostní radou státu je i narušení dodávek elektrické energie, plynu nebo tepelné energie velkého rozsahu. (3)

Krizový stav

Krizový stav je nástroj odpovědných orgánů k řešení vzniklých krizových situací. Krizové stavy mohou být vyhlášeny pouze jako bezodkladná opatření, bez kterých by nebylo možné překonat vzniklou krizovou situaci. Krizový stav se vyhláší podle závažnosti události, a to na nezbytně nutnou dobu. (3) (1)

Krizová opatření

Opatření, která mají za úkol snížit nebo zcela odstranit následky, které má za důsledek vznikla krizová situace. V době konání krizových opatření mohou být omezena některá práva a svobody osob, stejně tak jim může být uložena některá z povinností vycházející ze zákona. Krizová opatření uplatňují orgány krizového řízení, a to dle jejich odpovědnosti.

Krizový plán

Dokument obsahující souhrn krizových postupů, opatření k řešení KS. Zpracovávají ho orgány krizového řízení v jejich působnosti. Cílem je připravenost na možnost vzniku KS. Obsahuje základní, operativní a pomocnou část. (4)

Plán krizové připravenosti

Plán krizové připravenosti je dokument připravující dotčené právnické a fyzické osoby na krizové situace a jejich řešení. Obsahuje základní, operativní a pomocnou část. Plán krizové připravenosti zpracovávají i subjekty kritické infrastruktury, a to za účelem ochrany prvku kritické infrastruktury. (4)

Havarijní plán

Havarijní plán (dále jen „HP“) je dokument obsahující opatření a postupy k provádění záchranných a likvidačních prací na určitém území. Zpracovává se na vymezené území např. areál podniku, okolí aj. Obsahuje informační část, operativní část a plány konkrétních činností.

Havarijní plán může být HP kraje, Vnější HP – který je zpracován pro území zóny havarijního plánování – okolí podniku s nebezpečnými chemickými látkami nebo se zdroji ionizačního záření a Vnitřní HP je zpracován právnickou osobou na vnitřní území podniku, kde se nachází nebezpečné chemické látky nebo zdroje ionizačního záření. (4)

2.2 Infrastruktura a zdravotnictví

Infrastruktura je propojený systém státu, od činnosti státní správy po životy obyvatel a je definován na určitém území. Funkčnost a spolehlivost těchto systémů je životně důležité pro chod státu. Hlavním úkolem státu je zajistit bezpečnost občanů a legitimní rozvoj země. (4)

2.2.1 Kritická infrastruktura

Kritická infrastruktura (dále jen „KI“) je systém státu, jehož narušení funkčnosti by mohlo vést k ohrožení národní bezpečnosti, ekonomiky, zdraví, životů obyvatel a životního prostředí. Patří sem nejen systémy dodávky energií, vody aj., ale také systém zdravotnictví. V České republice tento pojem známe od ledna 2011, kdy pomocí novelizace krizového zákona byla KI začleněna do legislativy. (1) (5)

KI je vysoce zranitelný systém prvků, jejichž ochrana je založena na zvýšení odolnosti a snížení zranitelnosti. Prvky rozumíme stavby, objekty, zařízení, které jsou dle procesu určování prvků zařazeny mezi prvky kritické infrastruktury. (6)

Velké změny v kritické infrastruktuře zapříčinily teroristické útoky vedené na Světové obchodní centrum v New Yorku v roce 2001. Nutnost zlepšit ochranu a připravenost potvrdily pozdější teroristické útoky v Madridu v roce 2004 a v Londýně o rok později v roce 2005. Způsobené útoky zapříčinily uvažování o závažnosti ohrožení a nutnosti ochrany infrastruktury, její narušení znamená ohrožení nejen bezpečnosti státu. (7)

V pozdějších letech od roku 2005 se rozhodla Evropská unie přijmout kroky vedoucí k lepší ochraně infrastruktury a vydala doporučené postupy. Byla poprvé vydána Strategie ochrany KI a byl vypracován „Evropský program na ochranu KI“. Později byla také přijata „Zelená kniha o evropském programu na ochranu KI“, kde jsou uvedeny postupy, zásady a nástroje ochrany. (7) (8)

2.3 Elektrická energie

Elektrické energie se vyrábí ve výrobnách, kde se řídí přeměna různých druhů energie na energii elektrickou. (6)

2.3.1 Výroba

Výrobu elektrické energie dělíme dle energetických zdrojů. Obnovitelné zdroje v ČR jsou založeny na získávání energie z přírodních zdrojů mající se při postupném spotřebování částečně nebo zcela obnovovat. V ČR se využívá především vodní, větrné a sluneční energie. (9)

Pro fungování vodní energetiky nemáme ideální podmínky, a to vzhledem k nedostatečným spádům a množství vody, proto je produkce velice nízká. Pro fungování větrných elektráren nemáme stejně tak jako v případě vodní energie příliš příznivé podmínky, proto je využíváme pouze v malém množství. Místa, kde jsou příznivé větrné podmínky se nachází v horských oblastech. Velkou výhodou výroby elektrické energie pomocí větrných elektráren, je nízká až téměř nulová produkce škodlivých emisí.

Sluneční energetika se využívá z aktivních nebo pasivních solárních systémů. energii z aktivních systémů můžeme použít na výrobu tepelné nebo elektrické energie. Hlavní otázkou využívání solární energie je ekonomická stránka, kde se vychází z cen součástek. (9)

Neobnovitelné zdroje energie jsou zdroje, jejichž vyčerpání můžeme očekávat v horizontu několika stovek let a zároveň jejich obnovení je v nedohlednu. V ČR patří mezi hlavní zdroje fosilní a jaderná paliva. Do fosilních paliv patří uhlí, ropa a zemní plyn. Uhlí využíváme černé kvalitněji prouhelněné a hnědé uhlí, které je méně kvalitní. Energie z jaderných paliv se získává z jaderných reakcí, a to rozpadem nebo štěpením, které je u nás více rozšířené. (9)

2.3.2 Přenosová soustava

Přenosová soustava slouží k přenosu elektrické energie od výrobce k dodavateli po celém území ČR. Obsahuje vzájemně propojený systém vedení a zařízení o určitém napětí, pomocí které zajišťují rovnováhu výroby a spotřeby. (9) Přenosová soustava napájí distribuční soustavu. Patří sem celkem 41 rozvodoven a přes 70 transformátorů. (6)

2.3.3 Distribuce

Distribuce zahrnuje distribuční soustavu, to je soubor vedení elektřiny a odpovídajících zařízení sloužící k distribuci elektrické energie na kratší vzdálenosti. Obsahuje ochranné, řídicí, měřící zabezpečovací a informační části. Distribuční soustavu provozují tři společnosti: E.ON Distribuce, a.s., ČEZ Distribuce, a.s., PREdistribuce, a.s. (6)

2.4 Fotovoltaická elektrárna

Již v roce 1839 Alexander Edmond Becquerel pozoroval fotoelektrický jev, kdy svůj fotovoltaický (dále jen „FV“) článek složený z kovových elektrod ponořených v elektrolytu. Další postupy v účinnosti FV článků došly až k aplikaci FV panelů jako zdroj energie pro kosmonautiku. Na základě zkušeností spolehlivosti a životnosti v rámci využívání FV v kosmonautice, se začaly budovat první zařízení pro využívání na zemi. (9) (10)

Fotovoltaika funguje na principu přímé přeměny slunečního záření na elektrickou energii, při kterém využívá fotoelektrického jevu na polovodičových fotodiodách. Fotodiody tvoří jednotlivé fotovoltaické články, které jsou spojeny v celky – panely. (11)

Slunce jako zdroj energie můžeme využít mnoha způsoby, od výroby teplé vody po výrobu elektrické energie. (10) Nejvyšší slávu fotovoltaika zažívá v posledních

letech, kdy pomocí dotačních programů je stále více rozvíjena a podporována, a to díky nutnosti obnovitelnosti energie v budoucnosti. Fotovoltaický panel je schopen vyrábět elektrickou energii i bez přímého svícení (tj. při oblačné až zatažené obloze) (9)

2.4.1 Slunce

Slunce jako zdroj sluneční energie patří mezi nejdostupnější a nejčistší energii na Zemi a řadí se do obnovitelných zdrojů energie. Energie se získává z elektronu, které jsou v důsledku interakce světla s částicemi hmoty absorbovány pomocí elektromagnetického záření látkou. Síla a složení záření je ovlivněno několika faktory a to např. počasím, ročním obdobím, denní dobou aj. (9)

Energii ze slunce využíváme způsobem přímým nebo nepřímým. V případě využívání přímým způsobem, záření Slunce přeměňujeme na určitý druh energie jako je např. ohřev vody pomocí kolektorů, nebo solárních článků na elektrický proud a využívá fotovoltického jevu. Nepřímým způsobem myslíme přeměnu přímého slunečního záření na sekundární formu jako je voda, biomasa, získávání tepla aj. (10) (6)

2.4.2 Princip a systém fungování FVE

Fotoelektrický jev

Základní a hlavní princip FV je fotoelektrický jev, při kterém jsou elektrony uvolňovány z látky v důsledku elektromagnetického záření látkou. Elektrony vyražené z materiálu nesou název fotoelektrony a proces uvolňování fotoelektrická emise. Rozlišujeme dva druhy fotoelektrického jevu. Vnější jev probíhá na povrchu dané látky a pomocí působení záření se elektrony uvolňují do okolí. V případě vnitřního jevu děj přeměny probíhá uvnitř látky, kdy uvolněné elektrony látku neopustí, ale zůstávají jako volné elektrony, tento proces nazýváme fotovoltický jev. (9) (11)

Aby FV plnila svojí funkci je potřeba, aby foton ze slunečního záření uvolnil elektron v látce a vznikl pár elektron – „díra“. V kovech poté dochází k okamžité kombinaci, které je třeba zabránit a vzniklé náboje odvést z článku. Nejvýznamnějším materiálem pro výrobu článků jsou polovodiče křemíku, kde jsou elektrony a „díry“ separovány pomocí vnitřního pólu. (9)

Fotovoltaické články

Nejjednodušší článek můžeme popsat jako velkoplošnou diodu s jedním P-N přechodem. Článek je tvořen dvěma rozdílnými křemíkovými vrstvami. Strana, na níž dopadá světlo je tvořena polovodičem typu N, obrácená strana typem P. Osvětlením článku vznikne vnitřní fotoelektrický jev, kdy se pomocí fotonů začnou uvolňovat elektrony a na jejich přechodu P-N vznikne elektrické napětí. Světelná energie dopadající na článek se mění na elektrickou energii. Aby přeměna proběhla musí být splněno několik podmínek: foton musí být pohlcen, musí excitovat elektron do vyššího vodivostního pásma, vzniklá dvojice musí být separována, tak aby se nespojila, a následně musí být odvedeny ke spotřebiči. (9) (12)

Typy zapojení

FV systémy můžeme dělit podle zapojení na: autonomní systémy, hybridní systémy s akumulací a systémy přímo spojené se sítí bez akumulace. (9)

Autonomní systémy se používají v místech, kde nejsou dostupné elektrorozvodné sítě. Skládají se z fotovoltaických modulů, akumulátorové baterie a ochranných prvků chránící akumulátor. Tyto systémy využívají baterie na bázi pomalého nabíjení a vybíjení, které je řešeno pomocí regulátoru. (9) (13)

Hybridní systém je kombinací ostrovního systému a klasické síťové elektrárny, kdy mají velkou výhodu v maximálním využití energie a integrace funkce využívání

přebytkové energie v době výkonných špiček. Měnič dokáže přesměrovat přebytečnou energii v daném čase do předem určeného spotřebiče. (13)

Systémy připojené k síti mají výhodu, protože se veškerá vyrobená elektřina zpracuje. Skládají se z fotovoltaických modulů, invertorů a zařízení pro měření, regulaci a ochranu sítě. Připojení do elektrizační soustavy se děje ve dvou úrovních. První možnost je zapojení v tzv. zeleném bonusu, kdy se část vyrobené elektrické energie využita pro vlastní spotřebu objektu. Druhá možnost je systém zapojení v tzv. Výkupním tarifu, kdy je fotovoltaická elektrárna připojena tak, aby veškerá vyrobená elektřina byla dodávána do elektrizačních soustav. Tento typ využívání převážně výrobci. (9) (13)

Akumulátory se využívají pro ukládání elektrické energie, která vznikla v důsledku přeměny sluneční energie na energii elektrickou. elektrický proud se ukládá prostřednictvím vratných chemických pochodů. Nejčastěji se z důvodu ekonomické náročnosti využívá olověné akumulátory. Pokud hovoříme o akumulátoru na solární energii, mluvíme o modifikované startovací baterii vyznačující se se schopností snést dvakrát až třikrát větší počet cyklů, to zvyšuje životnost baterie. (10)

2.4.3 Negativa FVE

Jednou z hlavních negativní stránkou fotovoltaické energie je její časová proměnlivost a malá plošná hustota. Celkový systém tedy musí být velký a musí obsahovat i další zdroj, který se využije v době, kdy nemáme dostatek slunečního svitu. (14)

Nevýhodou může také být ekonomická stránka při pořizování systému. Ačkoliv v dnešní době jsou možné využití dotačních – podpůrných programů nařízení i na vykoupení vyrobené elektrické energie. (14) (12)

Orientace a umístění panelů může částečně také komplikovat vybudování fotovoltaické elektrárny a její funkčnost. Orientace umístění by měla být nejlépe jih až jihozápad. V případě zdroje tepla, je potřeba mít i celoroční doplňkový zdroj energie, protože v průběhu roku přísun sluneční energie kolísá. (13)

2.4.4 Pozitiva FVE

Solární články jsou ploché součástky, které při dopadu světla vytvářejí pomocí systému dodávat elektrické napětí. Tato přeměna probíhá bez mechanických dílů, tudíž odpadá opotřebení a ztráty způsobené třením a další údržba pomocí mazání. Velké přednosti představují nepotřebnost žádné pohonné látky, nemají téměř žádné opotřebení, co se týče fungování, nevytváří téměř žádné znečištění, hluk, zplodiny ani zápach a při výrobě elektřiny neuvolňují žádné CO₂. Velkou výhodou je také možnost sestavování do libovolné velikosti, variabilita. (10)

Použitím fotovoltaické elektrárny se ušetří značná množství zplodin a látek znečišťující životní prostředí a patří do obnovitelného zdroje energie – prozatím tedy můžeme říct, že je slunce nevyčerpatelný zdroj energie. Energetická návratnost je také o hodně nižší než životnost celé fotovoltaické elektrárny. (13) (14)

Mezi další kladné stránky fotovoltaické elektrárny – sluneční energie můžeme řadit: nízké provozní náklady – slunce zdarma, nenáročnost obsluhovatelosti. Životnost zařízení je odhadována na 15-20 let, poté může nastat snížení účinnosti, avšak funkčnost je deklarována přibližně na 50 let. Vlastní výroba energie může nahradit až 50% výroby tepla, či ohřevu vody.

2.5 Blackout

Blackout je nejkritičtější stav, při kterém dochází k hodinovému až několika týdennímu výpadku dodávky elektrické energie. Tento výpadek má závažný dopad na druhotné dodávky potřebné k životu jako je teplo, voda, plyn, pohonné hmoty aj. Krizové situace, které vzniknou důsledkem nedostatku elektrické energie mají z pravidla mnohonásobně vyšší škody na zdraví, životech, majetku i životním prostředím. (15)

Narušení dodávek elektrické energie a jiných dodávek je vytipovaná krizová situace bezpečnostní radou státu, který by měla za následek vážné ohrožení zdraví, životů občanů České republiky.

V případě mimořádné události nebo krizové situace se nouzové dodávky elektrické energie řídí energetickým zákonem a vyhláškami Ministerstva průmyslu a obchodu (Vyhlášky o stavu nouze v elektroenergetice, plynárenství). Elektrická energie dodávána podle stanoveného regulačního, frekvenčního a vypínacího plánu. Stupeň regulačního opatření závisí na konkrétní události a její závažnosti. (3)

Rozděluje tři stupně blackoutu a to podle závažnosti. 1.stupeň je nedostupnost podpůrných systému a může trvat hodinu až několik dnů, při 2.stupni jsou destrukce vedení a trvá od několika dnů po týdny. Poslední stupeň - 3.stupeň, je nejhorší a dochází k destrukci transformátorů a trvat může od týdnů až po několik měsíců. (16) (15)

2.5.1 Příčiny

Příčin vzniku výpadku elektrické energie může být mnoho. Porucha může být způsobena přírodními vlivy, významným přetokem energie ze zahraničí, technickými poruchami, selháním lidského faktoru či teroristickým útokem.

Mezi příčiny způsobené přírodními vlivy můžeme zařadit např. větrné smrště, sněhové kalamity, velké mrazy a jiné živelní pohromy. Toto může zapříčinit domino efekt, kdy jedna událost spouští další. (17)

Přenos energie z jedné části Německa do další probíhá skrze přenosovou soustavu České republiky. To může zapříčinit náhlý nárůst produkce elektřiny a případné nevyrovnání spotřeby na straně druhé, tím může vzniknout rozsáhlý výpadek. (17)

Technické poruchy v přenosové soustavě, či místech výroby a produkce mohou vést k dlouhodobému výpadku energie. To může způsobit i selhání lidského faktoru, kdy osoba pověřená např. špatně vyhodnotí danou situaci. Prevencí proti selhání jsou odborná školení způsobilosti a vytváření bezpečnostních pravidel. (17)

Teroristický útok může být veden přímo na destrukci trafostanic a přenosové soustavy, nebo prostřednictvím kybernetického útoku. Nejpravděpodobnějším důvodem se jeví souběh několika výše uvedených příčin najednou. (17)

2.5.2 Dopady

Dopady rozlišujeme na primární a sekundární. Primárními dopady jsou takové, které přímo ohrožují životy, zdraví personálu zajišťující chod elektrizačních soustav nebo záchranných a likvidačních prací. Sekundární – druhotné jsou takové, které ohrožují obyvatele v důsledku stavu bez elektrické energie. Bez elektrické energie nebude fungovat mnoho každodenních věcí, které se ani neuvědomíme jako je např.: telefonní a datové spojení, televize, chladničky a mrazničky, nákup pohonných hmot, na komunikacích nebudou fungovat semaforey, tramvaje, vlaky nepojedou. V obchodech nebude možné platit a pomalu začne vznikat panika a chaos. Nebudou fungovat ani výtahy, osvětlení či zámky s elektrickým zabezpečením,

2.5.3 Blackout ve světě

Puerto Rico 2017

V září 2017 postihl Portoriko hurikán Maria. Hurikán způsobil druhý největší výpadek elektrické energie na světě a způsobil velké a rozsáhlé škody. Významně byla poškozena dopravní, komunikační i elektrická infrastruktura napříč celým ostrovem. Zničeno bylo téměř 80 % elektrického vedení.

Nedostatkem elektrické energie se zvýšil počet vražd i sebevražd. Z důvodu porušení elektrického vedení a vodních čerpadel nebylo několik měsíců dostatek vody. Postižené obyvatelstvo nemělo, jak chladit potraviny, ty se začaly kazit. Obyvatelé byli závislí na potravinách poskytované v rámci humanitární pomoci, ale nedostatkem přístupu k odpovídajícím potravinám vznikala podvýživa a zhoršení zdravotních stavů.

Důsledkem pohromy byla i nefunkční kanalizace, využívaly se proto pouze přírodní zdroje, ale ty způsobilý kontaminaci vod. Když se povedlo zprovoznit čerpadla, tak čerpaly již kontaminovanou vodu. (18) (19)

Špatné hygienické podmínky způsobily vznik bakterií, infekcí a způsobila vážná onemocnění. Z důvodu nefunkčnosti klimatizací v období, kdy čelili vlně hork, vznikali další zdravotní omezení a potřeby zdravotnických zařízení a lékařských ošetření (např. infarkt myokardu aj.) (19)

Účinky hurikánu můžeme dělit na dvě skupiny a to: okamžité/krátkodobé a střednědobé/dlouhodobé. (20)

Okamžité/krátkodobé účinky jsou fyzická zranění, smrt nebo např. utonutí. Střednědobé/dlouhodobé účinky jsou např.:

- omezený přístup k potravinám, bezpečné vodě;
- kontaminace vody a potravinových zdrojů (odpad, trosky znečištění);
- narušení nemocničních služeb;
- snížená schopnost přístupu ke zdravotní péči nebo lékům;
- zvýšený počet rizika vzniku infekčních onemocnění v důsledku nedostatku bezpečné vody, hygieny;
- duševní zdraví, stres, deprese – může vést až k sebevraždám;

Všechny tyto účinky se v důsledku hurikánu na ostrově projevily.

Nemocnice a zdravotnická zařízení utrpěla rozsáhlé škody a byly závislé pouze na svých diesel agregátech s omezeným přístupem k palivu. Na ostrově fungovaly pouze 3 hlavní nemocnice ještě tři dny po hurikánu, postupem se opravovala další zdravotnická zařízení. Důsledkem nedostatku elektrické energie se začaly kazit vakcíny, inzulin i další léky, které je nutné skladovat v chladu. Některá zdravotnická zařízení vlastní náhradní zdroje elektrické energie ve formě fotovolatických elektráren a bateriového systému, avšak po hurikánu bylo vše zničené. Z důvodu potřeby zdravotních ošetření, byly dodávky elektrické energie jako první zprovozněny právě pro zdravotnická zařízení. Nové chladicí jednotky by měly dorazit na ostrov až letos v roce 2019 a to na základě žádosti ministerstva zdravotnictví Portorika. (18)

Tento hurikán byl hodnocen jako dvakrát horší než hurikán Katrina, která postihla jih Spojených států Amerických v roce 2005. Elektrické napětí se téměř obnovilo až po 9 měsících, a to pouze pro přibližně 99% obyvatel. Při bouři zemřelo více než 4 600 lidí. A celkový výpadek elektrické energie je považován za největší výpadek v historii USA (19)

2.6 Zdravotnictví

System zdravotnictví obsahuje síť zdravotnických zařízení. Cílem je zajištění veškeré ambulantní i ústavní péče. Celý systém obsahuje poskytnutí přednemocniční neodkladné péče, transport raněných až poskytnutí nemocniční lékařské péče, patří sem i preventivní léčba, která je zajišťována pomocí kritérií stanovených Ministerstvem zdravotnictví. (1) (21) (2)

Zdravotnické služby jsou deklarovány jako základní funkcí území a že při zajišťování zdravotní péče za krizových stavů nejsou zdravotničtí pracovníci laicky nahraditelní. V důsledku toho je také zdravotnická infrastruktura v rámci kritické infrastruktury státu pokládána za jednu ze základních. (1) (22)

Poskytovatelé zdravotní lůžkové péče mají za povinnost zpracovat traumatologický plán a projednat ho s odpovědným správním orgánem, v případě fakultních nemocnic je příslušným orgánem Ministerstvo zdravotnictví. Projednává se návrh i pravidelné aktualizace. Pokud by se jednalo o nemocnici vedenou jako Vojenskou nemocnici, tak se bude projednávat s Ministerstvem obrany. Taková nemocnice v době míru funguje pro obyvatele, tak jako na úrovni fakultní nebo krajské, ale v případě vyhlášení některého z krizových stavů, tak přednostně bude ošetřovat příslušníky ozbrojených bezpečnostních složek, ozbrojených bezpečnostních sborů a příslušníky bezpečnostních sborů České republiky. (1) (3)

Plán krizové připravenosti

Plán krizové připravenosti poskytovatele zdravotní lůžkové péče obsahuje potřebná data upravující přípravu nemocnice na řešení KS, MU, a to i v případě že opatření jsou nad rámec opatření uvedena v krizovém plánu kraje. (1)

PKP je zpracován, ověřován i aktualizován v době mimo ohrožení. Obsahuje dvě části základní a speciální, kde se nachází plán vnitřní krizové připravenosti, ten je

reakcí na vlastní ohrožení. Zpracování vnitřního plánu připravenosti vyjadřuje schopnost podílet se a čelit následkům MU, KS. Vyjadřuje schopnost reagovat na nebezpečí přímo hrozící nebo ohrožující jeho funkčnost. (1)

Traumatologický plán

Traumatologický plán je zásadní částí havarijního plánu poskytovatele zdravotní lůžkové péče a slouží k poskytnutí nezbytné péče při výskytu hromadného postižení osob v důsledku MU nebo KS. (1) (23)

Hlavním úkolem je zajištění přímé postižených osob z důsledků MU nebo KS a zajištění odborné zdravotní péče. (1)

Obsahuje základní, operativní a pomocnou část. V základní části jsou definovány základní informace od identifikace a místa poskytovatele, přehledech spojení, vytipovaných možných ohrožení, zdrojů rizik až po vymezení opatření, které musí poskytovatel plnit v souvislosti na analýzu výše uvedených zdrojů rizik. (3)

Operativní část obsahuje postupy pro plnění opatření vycházejících ze základní části, přehledů postupů při spolupráci se zdravotnickou záchrannou službou, také opatření, které pro ně jsou závazné z havarijních a krizových plánů krajů. V operativní části nalezneme přehled spojení na osoby, pro které jsou definovány některá z opatření uvedených v traumatologickém plánu. (3)

Poslední částí traumatologického plánu je část pomocná, kde jsou uvedeny přehledy uzavřených smluv s osobami, které zajišťují některá z výše uvedených opatření v plánu, seznam zdravotnických prostředků a léčiv. Je zde i uvedeno, jak nakládat s trauma plánem. (3)

Plán hygienických a protiepidemických opatření

Plán hygienických a protiepidemických opatření je na úrovni havarijního plánu, jeho cíl je ochrana veřejného zdraví v případě následků MU nebo vzniku ohniska nebezpečné nákazy. (1)

Pandemický plán

Pandemický plán je plánem řešící hromadný příjem postižených osob do zdravotnického zařízení, ale jeho aktivace trvá o něco déle než aktivace traumatologického plánu. Je reakcí na epidemiologická opatření a celý systém začíná vyhlášením pandemických opatření. (24)

Můžeme to chápat jako připravenost nemocnice, personálního, materiálního i logistického zajištění na události spojené s pandemií.

Krizové operační postupy

krizové operační postupy jsou postupy kde se jasně a standardně řeší havárie, výpadky v běžném provozu. Cílem je příprava odpovědných pracovníků na výše uvedené události, tak aby mimořádné události byly řešeny bezproblémově, a to pomocí stejných a běžných ověřených standartu a dostupných nástrojů. (4) (24)

Postupy jsou předem připravené a můžeme mezi ně zařadit např.: postup v případě požáru, výpadku elektrické energie, výpadek dodávek tepla, napadení osoby, nálezu zbraně aj. (24)

Využití fotovoltaické elektrárny v nemocnici

V rámci krizové připravenosti jsou nemocnice na úrovni fakultních povinni mít záložní zdroje energie, ve většinu případů mluvíme o diesela agregátech. Pokud nastane blackout je potřeba dodělat rozdělané chirurgické zákroky, další jiné již

nebude možné začít a nemocnice přejde do tzv. nouzového stavu, kdy bude fungovat pouze a základní a životně důležité systémy v rámci omezeného okruhu.

2.7 Popis objektu

Na základě neposkytnutí nedostatečných informací ke zpracování této práce a neochoty s námi komunikovat, jsme zvolili fiktivní zdravotní zařízení nacházející na území hlavního města Prahy. Informace k simulaci poskytovatele zdravotní lůžkové péče jsme použili z obdržených dat, které nám byli poskytnuty v roce 2017 ke zpracování bakalářské práce na téma dopady rozsáhlého výpadku elektrické energie na poskytovatele zdravotní lůžkové péče v Praze, avšak tyto data nebyly dostatečné k použití modelace FVE.

Zařízení se statutem nemocnice poskytuje zdravotní a lůžkovou péčí, jedná se o péči základní, specializovanou, super-specializovanou, ošetrovatelskou a diagnostickou, je určena pro děti i dospělé. Péče je založena na nejmodernějších metodách a postupech.

Nemocnice je spádová pro oblast přibližně s 350 tisíci obyvatel, ale díky specializovaným pracovištím je vyhledávána nejen pacienti z jiných krajů, ale i ze zahraničí.

Disponuje s přibližně 1900 lůžek z toho 1017 standartních a zbytek se jedná o lůžka následné a sociální péče. Lůžka jsou rozdělena do 15 klinik a několika desítek odborných oddělení. Zajišťuje také komplexní lékárenskou péči, včetně technologicky náročných příprav cytostatik a sterilních léčivých přípravků.

Zdravotnické zařízení disponuje s emergencí neboli urgentním příjmem, a to jak pro dospělou, tak i pro dětskou část populace. K příjmů pacientů skrze zdravotnickou záchranou službu lze využít také dva heliporty, z toho jeden umístěn

na střeše jedné budovy a druhý umístěn na zemi vedle jedné z klinik, převoz ze vzdáleného heliportu zajišťuje nasmlouvaná zdravotnická dopravní služba.

Cílem nemocnice je vybudování kvalitního a spolehlivého zdravotnického zařízení v České republice, tak aby nemocnice byla schopna fungovat i v omezeném režimu.

2.7.1 Analýza dopadů výpadku elektrické energie

Analýza dopadů vychází ze zpracované analýzy rizik na vybranou nemocnici, která je součástí plánu krizové připravenosti zařízení. Nemocnice se nachází v celku zastavěné oblasti a špatně vybudovanou dopravní infrastrukturou, často nastávají kolony. Vzhledem k závažnosti a rizikovosti je výpadek elektrické energie definována jako jedna z hrozeb, a to i z důvodu domino efektu ostatních hrozeb, které mohou u subjektu nastat, např. povodeň, požár v budově, živelní pohroma nebo nástražný výbušný systém.

Tabulka 1 Možné dopady na zdravotnické zařízení

Příčina	Důsledek
Výpadek elektrické energie	Omezené poskytnutí zdravotních služeb (omezený režim)
Nefunkčnost záložního zdroje	Nefunkčnost nemocnice
Nefunkčnost odvozu/odvodu odpadů	Omezený režim
Nefunkčnost zásobování zdrav. Materiálem	Omezený režim
Nedostatek léčiv v době krize (celoplošně)	Podvody s léčivy, napadení personálu, krádeže, agrese
Kolaps dopravy v okolí nemocnice	Nedostatek personálu, dovoz materiálu
Zvýšený počet osob vyžadující zdravotnickou péči (ošetření, hospitalizace)	Přetížení nemocnice
Občané závislí na zdravotních pomůckách, přístrojích (dialýza aj.)	Potřeba uvolnění lůžek pro hospitalizaci

Dlouhodobý výpadek elektrické energie má v době pokročilé, mechanicky i elektronicky vyspělé medicíně fatální důsledky pro kvalitu poskytované péče. Největší problémy nastanou na oddělení intenzivní péče.

Na oddělení intenzivní péče jsou pacienti v přímém ohrožení života a je u nich potřeba neustálé monitorace základních životních funkcí. K léčbě takovýchto pacientů se často využívá dostatečné množství léčiv, které jsou podávány pomocí infuzních pump a lineárních dávkovačů, které v případě výpadku elektrické energie mají vlastní baterie, na které jsou schopny určitý čas fungovat. Tyto přístroje nejsme schopni mechanicky nahradit, proto je potřeba aby záložní zdroje těchto přístrojů byly schopny fungovat několik hodin. Na těchto pracovištích jsou často i pacienti, kteří potřebují plicní ventilátory, zajišťující dechovou činnost, bez kterých se neobejdou. I tyto přístroje mají vlastní záložní bateriový systém schopný fungovat několik hodin, avšak po určité době i ty přestanou fungovat a je třeba zajistit zdroj z oběhu – oběh v omezeném režimu. Řešením uvolňování těchto míst je přesouvání pacientů s těžkými zdravotními problémy do jiných zdravotnických zařízení, avšak v době rozsáhlého výpadku elektrické energie může nastat situace, že nebude kam, protože výpadek postihne i ostatní zdravotnická zařízení v blízkých dojezdových vzdálenostech.

Na standardních odděleních nastane problém v zajištění základních potřeb pacientů – hygiena, teplo, jídlo aj. Pacienti nacházející se na odděleních standardních jsou ve stabilizovaném stavu a léčba neprobíhá povětšinou skrze elektronická zařízení. Např. kyslík lze distribuovat z kyslíkových lahví. Pokud jsou součástí i elektrické přístroje, mají zabudovaný vlastní záložní zdroj – baterie, které jsou schopny několik hodin vydržet. Avšak vše záleží na vybavenosti daného oddělení, ač máme pokročilou dobu, stále jsou součástí zdravotnická zařízení bez vlastních záložních zdrojů. Toto řeší omezený okruh, který funguje na centrální úrovni.

Nejméně zasaženou částí je ambulantní oddělení, kde největší problém bude v části administrativní, ale tyto počítače jsou napojeny na omezený okruh, ale ne všechny. Sem jsou pacienti přiváženi převážně pomocí posádek zdravotnické záchranné služby. Lékař konající službu si umí v případě, kdy není přímo ohrožen život a zdraví, vyšetřit pacienta pomocí fyzikálních nebo mechanických pomůcek. Oddělením, které přijímá zraněné je v tomto příkladu urgentní příjem, který je napojen na okruh omezeného režimu, tudíž v případě dlouhodobého výpadku elektrické energie by toto oddělení fungovalo, avšak v omezeném režimu. Otázkou času je, kdy se oddělení přetíží raněnými a pacienty, kteří jsou v ohrožení života a zdraví a dopraví se do nemocnice po vlastní ose.

2.7.2 Aktuální řešení výpadku elektrické energie

V důsledku výpadku elektrické energie budou odstaveny všechna oddělení a místnosti, které nejsou napojeny na nouzový okruh. Nouzový okruh můžeme rozdělit na dvě části, a to na část klinickou a neklinickou. Klinická část obsahuje všechna potřebná oddělení, které musejí fungovat, bez nich by šlo o zdraví a životy hospitalizovaných pacientů např. Anesteziologicko-resuscitační oddělení, Jedinoty intenzivní péče nebo operační sály aj. Neklinická část obsahuje ředitelství a všechna potřebná data-centra – např. serverovny, laboratoře aj.

Aktuálně nemocnice vlastní 9 diesel-agregátů, které jsou strategicky rozmístěny po areálu, tak aby maximálně plnily svoji funkci. Podle potřeby a umístění jsou různého charakteru a mají různě velké zásobníky na pohonné hmoty. Celkovou zásobu pohonných hmot má nemocnice na přibližně 16 hodin chodu v omezeném režimu. Z důvodu obsahu bio-složky v palivu, nelze mít více rezervy, tato složka diesel-agregátům škodí a mohl by nastat vážný stav, kdy nebude možné použít tento náhradní zdroj.

Dobu mezi výpadkem elektrické energie a nastartováním diesel-agregátů plní svoji funkci Uninterruptible Power Source (dále jen „UPS“) – zdroj

nepřerušovaného napájení, kterých je přibližně 60 kusů. Tyto zdroje nejsou výrobci elektrické energie nýbrž pouze akumulátory, které zabezpečují důležité okruhy elektrické sítě. Jejich úkolem je eliminace prodlení dodávek elektrické energie ze sítě a z diesel-agregátů. UPS může ochránit i citlivá elektrická zařízení před nežádoucími stavy jako např. přepětí, mikro-výpadky aj.

3 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

3.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je poukázat na jedno z možných řešení blackoutu v nemocnici pomocí vybudování vlastní fotovoltaické elektrárny v areálu. Řešení bude prováděno na základě namodelované FVE usazené v areálu zdravotnického zařízení.

Cíle této práce jsou:

- modelace fotovoltaické elektrárny se systémem baterií jako záložní zdroj v případě blackoutu;
- SWOT analýza stávajícího řešení;
- SWOT analýza navrhovaného řešení;
- Komparace vyhodnocení obou SWOT analýz;

3.2 Hypotézy

Na základě cíle diplomové práce jsme stanovili tyto hypotézy:

Hypotéza 1: Vybrané zdravotnické zařízení nemá dostatečnou zásobu pohonných hmot pro diesel-agregáty.

Hypotéza 2: Předpokládáme, že FVE dokáže vytvořit spolehlivý náhradní zdroj pomocí bateriového systému v případě blackoutu.

Hypotéza 3: Předpokládáme snížení finanční náročnosti na elektrickou energii ze sítě, při vybudování FVE systému.

4 METODIKA

Dostupné informace o stávajícím řešení, nebo při nutnosti znalostí při modelaci jsme vycházeli z dokumentů, které nám byly poskytnuty v roce 2017 při zpracování bakalářské práce. Informace o fungování FVE vycházejí ze zkušeností a znalostí technika ČEZ Solární s.r.o. a jejich poskytnutí pro modelaci a znalosti fungování celého systému.

4.1 Komparace

Metoda, při které získáváme údaje, jak se chová jeden objekt při dvou řešeních. Tím získáme závěr o vlastnostech a chování dvou různých řešení na jednom vybraném objektu. Tato metoda je základní metodou hodnocení a srovnávání. (25)

Využita je v praktické části závěrečné práce. Jejím cílem je srovnání aktuálního a navrhovaného řešení výpadku elektrické energie u poskytovatele zdravotní lůžkové péče. A při vyhodnocování srovnávání SWOT analýz.

4.2 SWOT analýza

SWOT analýza je komplexní analýza hodnocení, kdy členíme faktory do 4 skupin na: silné a slabé stránky a vnitřní faktory na: příležitosti a hrozby. SWOT analýza dělí kvadranty na pozitivní a negativní skutečnosti. Pomocí dobře provedené analýzy můžeme připravit správnou strategii řešení daného problému.

4.2.1 Hodnocení SWOT analýzy

K vyhodnocení provedené SWOT analýzy stanovujeme číselné hodnoty, které vyjadřují váhu – důležitost v hodnocených oblastech. Důležitost se vyznačuje vyšší hodnotou, ta se vyjadřuje od 0,1 – 0,9 a j součet hodnot ve skupině musí být roven 1.

K pozitivnímu hodnocení řadíme silné stránky a příležitosti vybraného řešení. Toto hodnocení vyjadřujeme celými kladnými čísly od 1–5. Hodnota 1 vyjadřuje nejvyšší spokojenost, 5 nejvyšší.

K hodnocení slabé stránky a hrozby řešení řadíme záporné hodnoty na stupnici od -1 po -5, kdy platí, že -1 vyjadřuje nižší úroveň nespokojenosti, hodnota -5 představuje opak maximální nespokojenost.

Výsledné hodnoty pro každou jednu položku vynásobíme důležitostí a hodnocením. Sečtením výsledných hodnot pro interní a externí skupiny. V posledním kroku sečteme interní a externí hodnoty, kdy nám vyjde výsledné skóre celé SWOT analýzy. Je-li hodnota výsledku 0 a záporná čísla, není výsledek kladný pro řešení a je třeba dále pracovat na jeho výsledku. Vyjde-li nám hodnota 0 a kladná čísla, výsledkem pro analyzovaný projekt je pozitivní.

4.3 Projektová metoda

Metoda, při které se získávají zkušenosti k řešení problémů pomocí praktické činnosti a experimentování. Cílem je vytvořit ohraničenou a ucelenou sadu činností a procesů. (26)

4.4 Modelování

Modelace je aplikace různých druhů modelů na určité řešení daného objektu. Můžeme to brát jako pokus, jehož cílem je pozorování určitého řešení a jeho chování na vybraný projekt. Cílem je ověření funkčnosti fungování. (25)

4.5 PV*SOL Premium 2018

PV*Sol je simulační program využívány při návrhu FVE. Tento nástroj dokáže přesně a snadně vypočítat výkon a zákazník si díky tomu může vypočítat návratnost

vymodelovaného systému. Reálné znázornění stínování je velmi důležité pro přesné výpočty výkonu. Pro realistické 3D modely je možné importovat detailní 3D objekty vytvoření z fotografií nebo např.: vložení z katastru nemovitostí.

4.6 Analýza

Metoda analýzy je rozbor zkoumaného objektu na různé části, které dále zkoumáme jako dílčí části. Analýza patří mezi základní a nejpoužívanější vědecké metody (25)

Tato metoda je využita v celé práci, v teoretické práci je to v oblasti vybraného objektu a jeho nynějšího řešení, v praktické části je využita při zkoumání stávajícího řešení a navrhovaného řešení.

4.7 Pozorování

Metoda pozorování je aplikována v celém rozsahu práce.

4.8 Konzultace

Konzultace byla využívána v celém rozsahu práce, převážně při modelování fotovoltaické elektrárny na objekt.

5 VÝSLEDKY

5.1 Stávající řešení

Z teoretické části víme, že vybraná nemocnice vlastní 9 záložních zdrojů v tomto případě diesel-agregátů a zásobu náhradního paliva mají pouze na 16 hodin chodu v omezeném režimu, kdy fungují pouze životně důležité oddělení. Z důvodu obsahu biosložky nelze uchovávat více zásob a nemocnice v tomto okamžiku nemá nasmlouvaného žádného dodavatele, a to z důvodu nutnosti odebírat každý měsíc určitý počet litrů paliva do diesel-agregátů. To je pro nemocnici velice ekonomicky náročně a nemocnice na to nemá finanční prostředky.

V případě krize jsou připraveny CCS karty, které se mohou využít pro doplnění zásob, avšak i tato karta je omezena a nepokryje více než dalších 5 hodin fungování. Jedním z problémů je i vzdálenost nejbližších čerpacích stanic, které mají svůj záložní zdroj, aby se mohlo načerpat palivo. Ve vybraném okolí jsou pouze dvě čerpací stanice, které toto umožňují, avšak neexistuje žádný smluvní dokument mezi čerpací stanicí a nemocnicí, kdy by v případě krize uchovaly určitou část paliva právě pro zásobování nemocnice. V tu chvíli platí, kdo dřív přijde, ten dřív odčerpá. Druhým problémem je dopravení paliva do nemocnice. V tuto chvíli jediné možné řešení je pomocí kanystrů, avšak to je velice fyzicky náročné a v nynější době nereálné.

Závažný dopad na chod nemocnice by nastal v době, kdy by vypověděly náhradní zdroje svojí funkci. Z důvodu finanční náročnosti jsou agregáty starších ročníků, proto by mohl nastat jejich výpadek. Tato situace může nastat i z důvodu chyby lidského faktorů, či jiného technologického selhání.

UPS systém funguje pouze po omezený režim a pokrývá potřebnou dobu mezi výpadkem energie ze sítě a nastartování diesel-agregátů. Tyto zdroje jsou součástí samo-zamykacích zámků a jejich kapacita na pokrytí je pouhých 6 hodin. Po této

době je potřeba zabezpečit oddělení fyzickou ostrahou, která je nasmlouvána pomocí bezpečnostní agentury v nemocnici a dohlíží na dodržování veřejného pořádek uvnitř areálu.

5.1.1 Dopady na poskytované zdravotní služby

Krátkodobé výpadky dodávky elektrické energie se nijak na životu a zdraví obyvatel neprojeví. Pokud bude výpadek trvat déle než 12 hodin, již nastanou problémy nejen ve vybraném zdravotnickém zařízení, ačkoliv zásoby náhradních pohonných hmot jsou na přibližně 16 hodin provozu v omezeném režimu.

Oblast dodávky vody a pitné vody

Rychlé snížení úrovně lidí s dopady na zdravotních stav obyvatelstva má vliv i na fungování a zahlcení příjmového pracoviště nemocnice. Vodu do nemocnice je možné dopravit pomocí samospádu, avšak ve velice omezeném množství, nebo pomocí zásobování cisternami a dodávkami pitné vody v sáčcích, které zajišťují pražské vodovody a kanalizace. Sáčky jsou omezeny expirací, skladováním a nutnosti dopravení a roznosu po areálu nemocnice – je třeba hodně fyzické síly.

Oblast zásobování zdrav. materiálem a med. plyny

Důsledkem zvýšeného počtu osob potřebných lékařské ošetření, se zásoby zdravotnického materiálu rychle snižují. Nynější zásoby jsou vypočítány na zvýšenou potřebu užívání právě pro případ krize, tak aby pokryly důležitých 24 hodin fungování a umožnění ošetření co nejvíce osob. Pro případ nutnosti zásobování existuje smluvní dokument, který přikazuje dodavateli držet potřebnou zásobu ve svých skladech a zásobovat nemocnici v případě krize. Sklady jsou strategicky rozmístěny po celém území ČR, pro případ, kdyby výpadek zasáhl např. pouze Čechy. Medicinální plyny budou v zařízení využívány pomocí tlakových lahví, které jsou udržovány v dostatečném množství na skladu. Je smluvně dáno

od dodavatele zásobování z jejich skladu, stejně tak jako u zdravotnického materiálu, ačkoliv se jedná o jinou firmu.

Oblast automobilové dopravní soustavy

Vybraní zaměstnanci nemocnice jsou vedeni k tomu, aby byli i v době osobního volna k dispozici na mobilním telefonu. V případě dovolené, nebo nedostupnosti si v práci zapisují místo dislokace, tak aby s nimi nemohlo být počítáno (jedná se o dovolené do zahraničí aj.) Zaměstnanci jsou vytipováni pomocí seznamu dostupnosti, kdy na prvním místě se nachází zaměstnanec s nejkratším dojezdovým časem, a na posledním místě zaměstnanec s nejdelším časem dojezdu. Seznam je vymyšlen z možného rizika, kdy obyvatelé Prahy mohou zablokovat přístupové komunikace do zařízení. Řešením by bylo využití vozidel s právem přednosti v jízdě k dopravě potřebných zaměstnanců, ale záleží na disciplíně řidičů v době krize. přítomný lékařský personál neopouští areál nemocnice ani odpracované směně, k odpočinku mají k dispozici prostory v areálu zdravotnického zařízení.

Oblast dodávky zemního plynu a dodávky tepla

V oblasti dodávky tepla nastanou největší problémy v chladných měsících v roce, kdy je třeba zajistit dostatečné teplo hospitalizovaným pacientům. Zima a chladno ohrožuje životy i zdraví nejen pacientům. Teplo je řešeno pomocí plynového kotle, který není napojen na záložní zdroj elektrické energie a nebude fungovat. Kdyby byl napojen, je schopen fungovat a zajistit dostatečný komfort pro osoby uvnitř budov. V chladných měsících nastávají režimová opatření, kde se musí zavírat všechny dveře, okna aj. Chladno se může řešit ještě pomocí přidání navíc příkrývek, nemocnice má určitý počet navrch, tak aby pokryla alespoň potřebná oddělení intenzivní péče. Klesne-li venkovní teplota pod 5 °C, je třeba tyto intenzivní oddělení evakuovat, případně zajistit jim teplo jinak.

Zemní plyn zajišťuje v nemocnici topení, ohřev teplé vody a využívá se k vaření. V době mimořádné události, nebude možné využívat plynové kotle zajišťující teplo, ani ohřev teplé vody, vařit se nebude dát z důvodu potřeby elektrické energie. Tyto zařízení jsou velice náročné na spotřebu, proto nejsou zahrnuty v nouzovém okruhu. Domníváme se, že v případě dodávky zemního plynu do zařízení by neměl nastat žádný problém, plynovod bude normálně fungovat, v nemocnici se pouze snižuje tlak, ale potřeba elektrické energie k ostatním činnostem ovlivní jeho využití.

5.2 Navrhované řešení

Při zpracování modelu jsme vycházeli z poskytnutých dat nemocnice. Celková spotřeba nemocnice je přibližně 2 277 MWh, ve špičkovém zatížení 260 kW. Klimatická data jsou brána z aplikace v rozmezí 1991-2015. Použité zařízení je FV zařízení připojené do sítě s elektrickými spotřebiči a systémem baterií. Systémy FV do výkonu 100 kWp nepodléhají speciálním povolením, proto jsme zvolili celkový výkon 99,41 kWp.

Při modelaci plochy modulu jsme nastavili 0% stínění, situace při vestavbě směr Jih 175° a sklon panelů jsme zvolili 20.

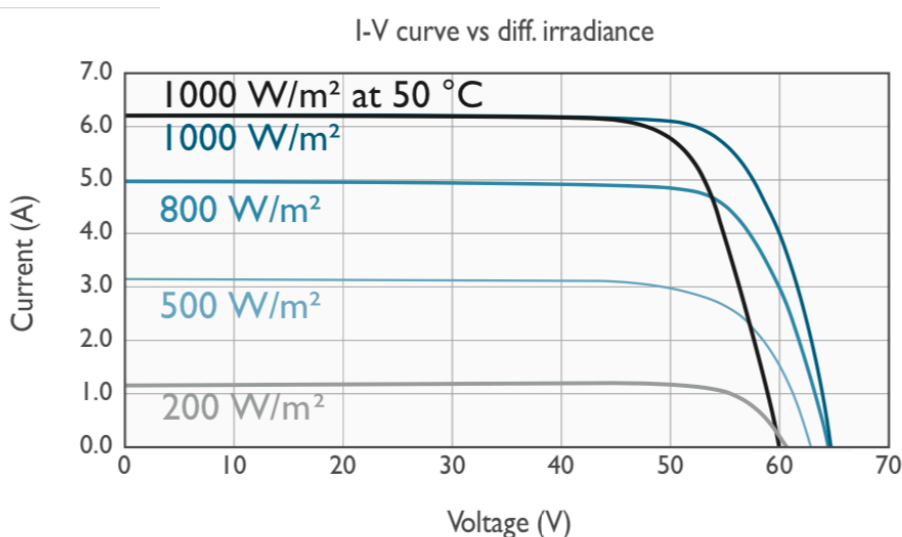
5.2.1 Konstrukce zařízení

Celkové zařízení se skládá z FV generátorů a modulů, střídače a systému baterií.

FV generátor a plocha modulu

Výrobce modulu FV jsme zvolili BenQ-Solar – ALI OU Optronics Corporation na doporučení pracovníka z ČEZ Solární s.r.o., a to na základě jeho zkušeností a spolehlivosti tohoto systému. Jedná se o soustavu 304 panelů pokrývající 495,7 m² plochy. Jeden panel vyrobí až 327Wp energie.

Panely mají vysoce zesílený design a splňují pokročilé zátěžové testy odolnosti proti korozi solí a vlhkostí. Májí vynikající výkon při vysokých teplotách a menší ztrátu energii v podmínkách horkého počasí v případě teplotního koeficientu. Provozní teplota je od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výrobce deklaruje záruku 25 let pro materiál i zpracování a garantuje výkon 95 % po dobu prvních 5 let, po dobu dalších 25 let deklaruje minimálně 87 % výkonu. FV panely budou umístěny na střeše největšího objektu nemocnice, a to z důvodu snížení nákladů na pořízení střídačů. Pokud bychom zvolili rozdělení na více střech, je zapotřebí pořídit i dostatečný počet střídačů.



Obrázek 1 Charakteristika proudu/napětí se závislostí na ozáření a teplotě modulu

Střídač

Střídač jsme zvolili SUNSYS P100TL Power conversion System a Storage. od výrobce Socomec. Základním prvkem pro přechod elektrárenského systému na inteligentní síť, je skladování energie. SUNSYS maximalizuje vlastní spotřebu FV energie na úrovni objektu a případný přebytek energie ukládá do bateriového systému, tato energie se využívá později k napájení. Tento střídač umí uložit energii v době nízkého tarifu a využít jí později, když je tarif energie vysoký, tímto

dokážeme ušetřit finance, které se můžeme využít jinde. Hlavním úkolem střídače je regulace napětí a frekvence v závislosti poptávky a odezvy.

Jeho hlavní předností je vysoký výkon, který výrobce deklaruje od několika kW do MW s maximální účinností 98 %. Střídač můžeme integrovat i do již stávajících FV zařízení a je kompatibilní s různými bateriovými technologiemi a ultra kondenzačními systémy pro ukládání energie. Obsahuje AC / DC jistič pro každý napájecí modul, tím zvyšuje bezpečnost. Údržba tohoto zařízení je velmi snadná, stejně tak jako jeho použití.

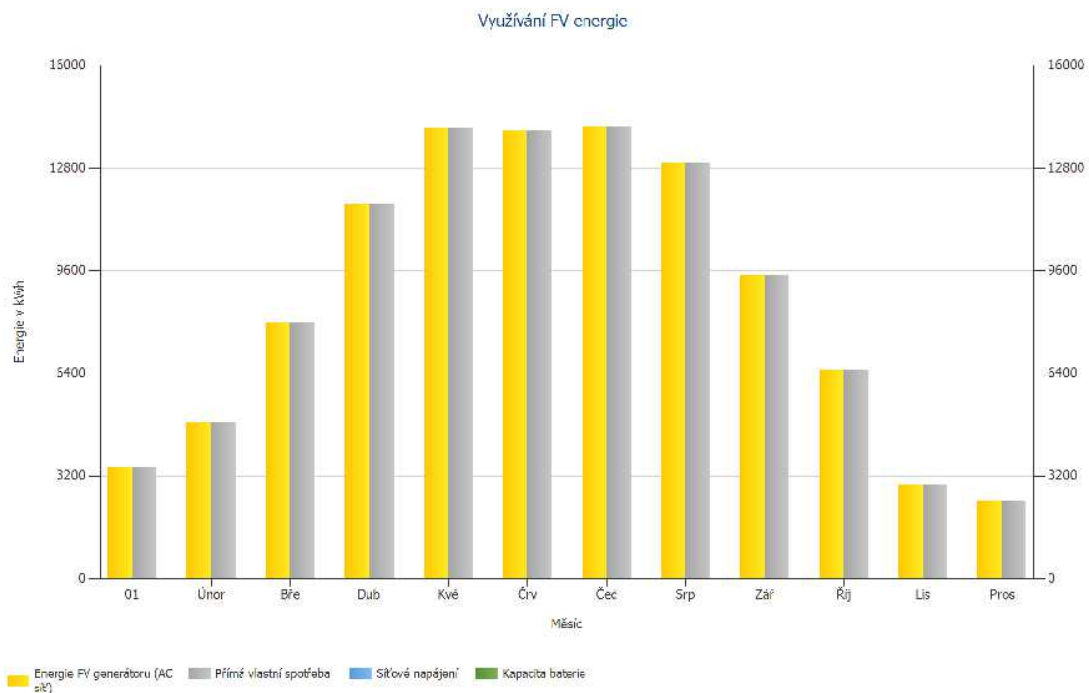
Baterie, kterou obsahuje je technologie na bázi Lithia, kdy je možné využití vysokého výkonu při rychlém vybíjení. Baterie je vysoce kompaktní, má vysokou hustotu energie. Snadná údržba, dlouhá životnost, šetrná k životnímu prostředí, vhodná pro instalace v náročných podmínkách, to vše jsou kladné stránky zvoleného modulu.

System baterií

Výrobce baterií jsme zvolili firmu VARTA Storage GmbH se systémem baterií VARTA flex storage E. Tento výrobce má více jak 130 let zkušeností s výrobou akumulátorů. Maximální výkon nabití za 30 minut je 36kW a vybíjecí výkon je také 36kW. Celková kapacita je 126 Ah, systémové napětí jedné baterie DC je 673,4 V.

Výsledky simulace

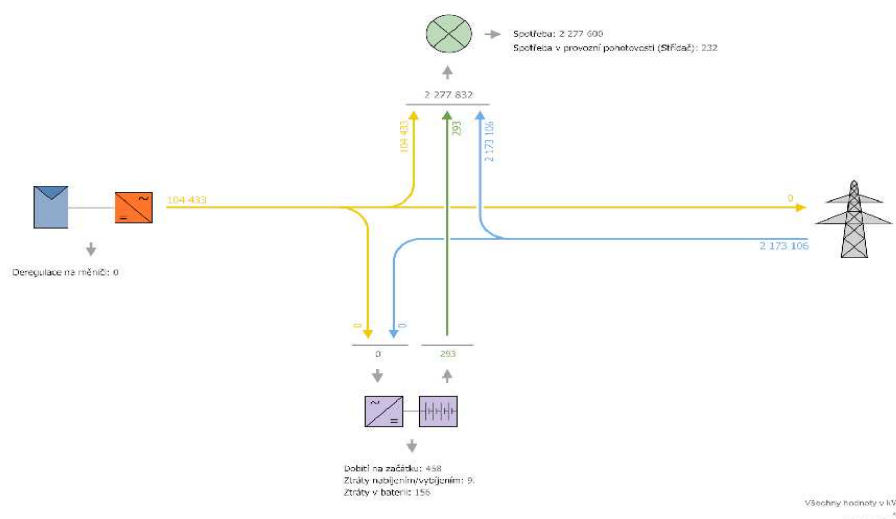
Celkový výkon FV generátorů dělá 99,4 kWp s ročním výnosem 1 050,55 kWh a se stupněm využití 90 %. Vybudováním FV systému snížíme emise CO₂ o 62 561 kg/rok. Celkovou spotřebou nemocnice je přibližně 2 277 832 kWh/rok, pokryto FV je 104 433 kWh/rok, ze sítě je čerpáno 2 173 105 kWh/rok. Soběstačnost s FV systémem je 4,6%



Obrázek 2 využití FV energie za rok

Systém baterii se na začátku dobíjí na 458 kWh, kdy energie baterií k pokrytí spotřeby je 293kWh/rok. Nabíjením a vybíjením ztrácíme přibližně 9kWh za rok, a celkové ztráty baterií jsou 156 kWh za rok. Její životnost je však deklarována na více jak 20 let.

Tok energie grafika
Projekt: Model FVE nemocnice

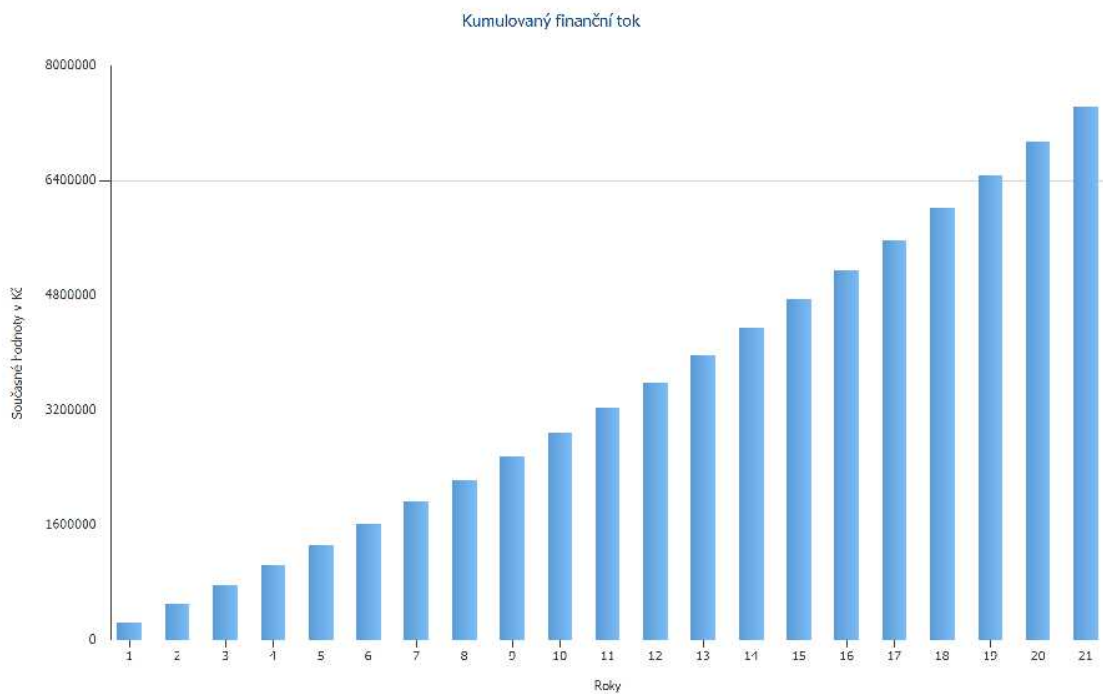


Obrázek 3 graf toku energie

Analýza hospodárnosti

Výkon FV generátorů je 99,4 kWp, uvedení do provozu jsme zvolili duben a celkovou dobu sledování jsme dali 20 let. Celkovou částku jsme vypočítali ze součástek na 13 054 032,- Kč. Na základě žádosti je možné využití až 60% dotace od státu na stavbu fotovoltaické elektrárny, a to do konce roku 2019. V případě dosažení na dotaci by nám stát přispěl 7 832 455 Kč a náklady nemocnice na stavbu by byly 5 221 576,- Kč.

K výpočtu peněžních toků musíme zadat specifické investiční náklady, ty jsme nastavili na 120,71 k4/kWp, celkové investiční náklady na 11 999,- Kč, podporu 7 188,72 Kč. Roční náklady dělají 2 128,- Kč za rok. Hned v prvním roce fungování jsme dokázali ušetřit 248 696 Kč.



Obrázek 4 Graf kumulovaného finančního toku na 21 let

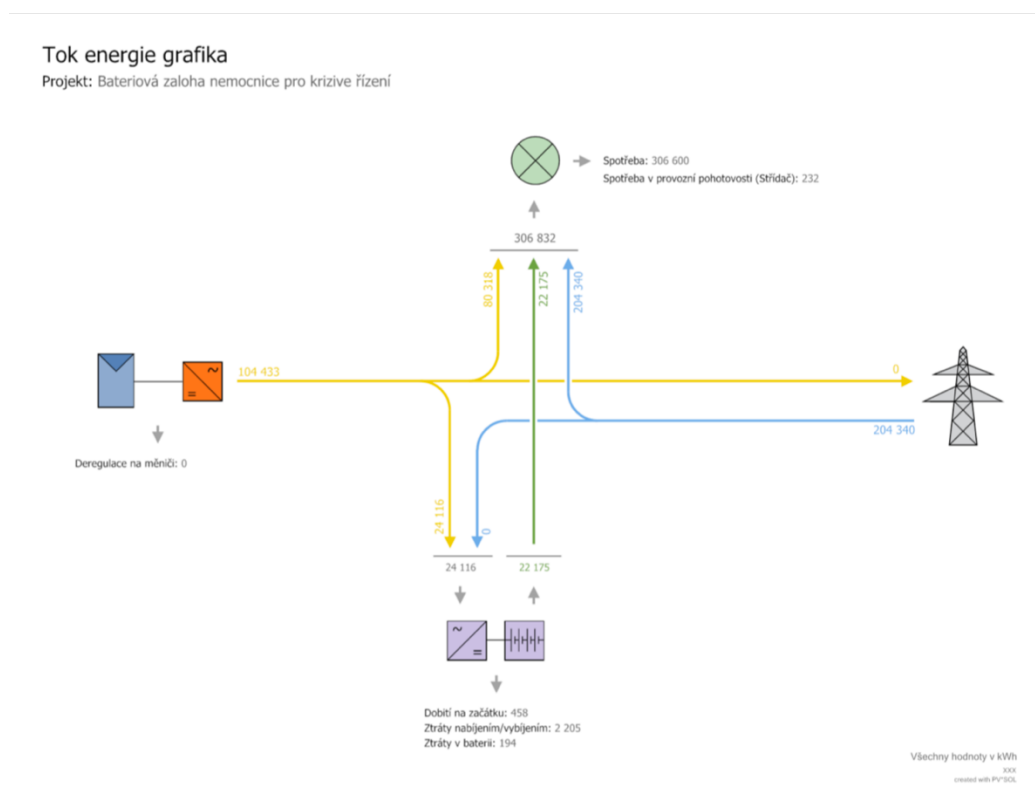
Pokud se podíváme na 5 rok, tak roční finanční tok nám dělá 283 278, 97 Kč a celkový kumulovaný tok dělá již 1 324 791, 75 Kč. Za 15 let jsme již na ročním finančním toku 395 637, 28 Kč a celkovým kumulovaným toku jsme již ušetřily

4 738 163,99 Kč. Posledním 21 rokem ušetříme ročně na elektrické energii 488 137, 65 Kč ročně a v celkové kumulované částce je to již 7 425 154, 09 Kč. Vezmeme-li v potaz dotaci od státu ve výši 60 %, tak by návratnost investovaných financí do FVE dosáhla již 17 rok.

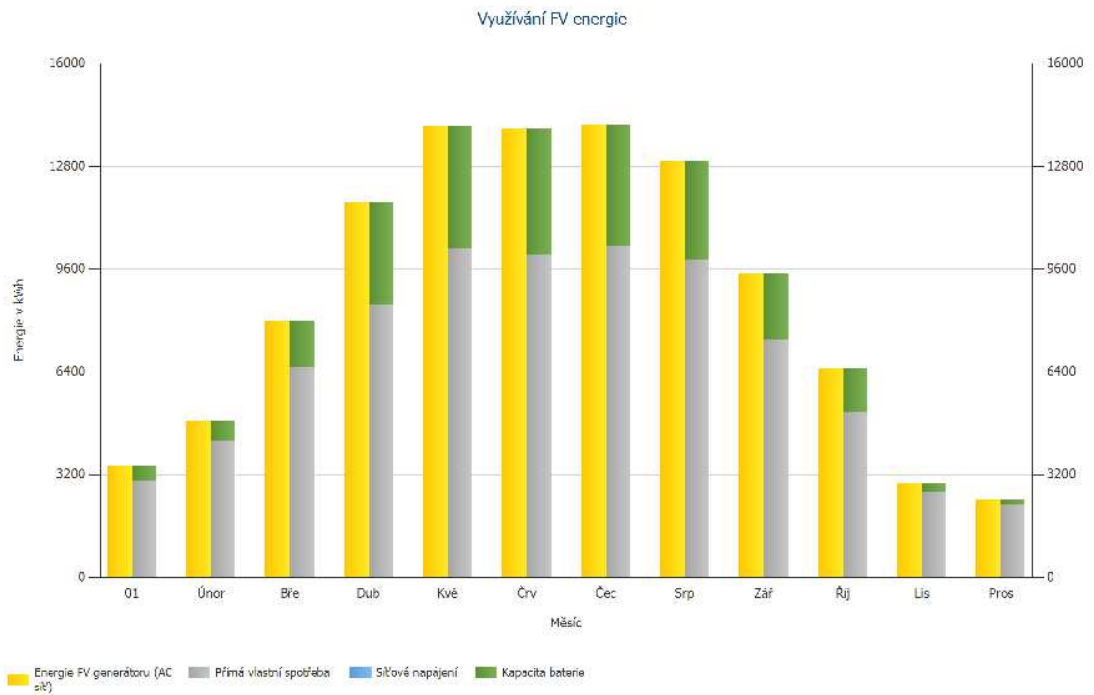
5.2.2 Bateriový systém jako řešení výpadku elektrické energie v nemocnici

K simulaci nouzového režimu nemocnice jsme využili stejná data, pouze roční spotřebu jsme zvolili 306 832 kWh, to vychází na přibližně spotřebu 35kW za hodinu, tato spotřeba by mělo v případě omezeného režimu vybrané nemocnice stačit.

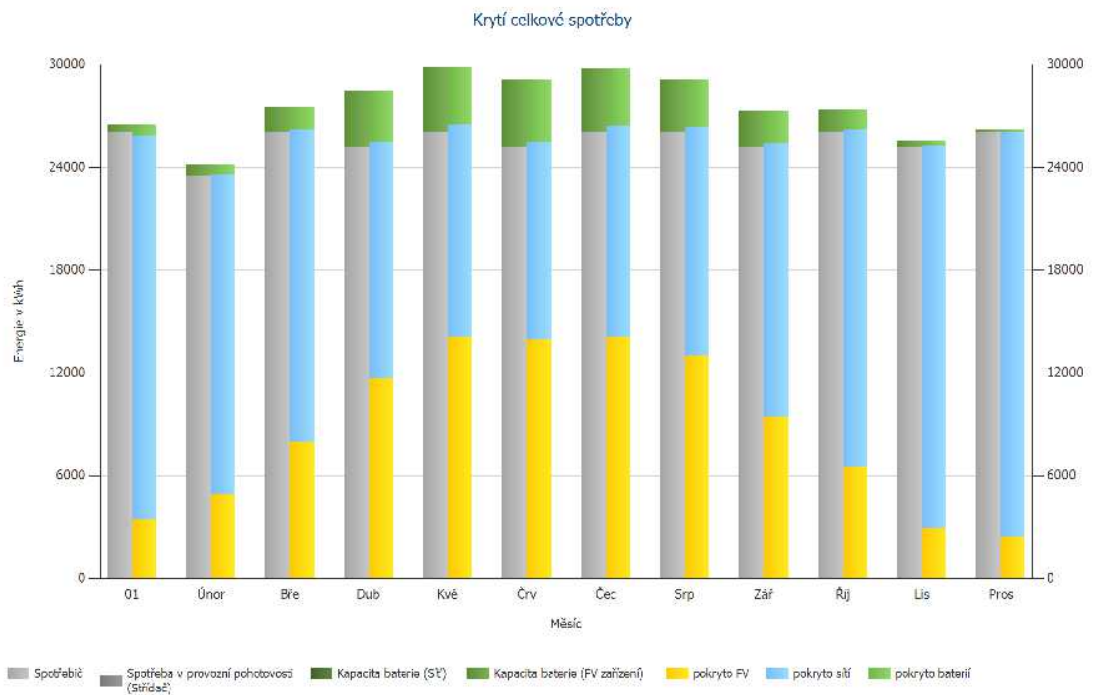
Celkovou spotřebu ročně je 306 600 kWh za rok, s provizorní pohotovostí ve střídači 232 kWh za rok. Celkově pokryjeme FV systémem 80 318 kWh/ rok a ze sítě bychom měli získat 204 340 kWh/rok, zaleží na svítivosti slunce. Stupeň soběstačnosti vychází na 33,4%



Obrázek 5 Bateriový systém - tok energie



Obrázek 6 využití celkové FV energie



Obrázek 7 Pokrytí celkové spotřeby v nouzovém režimu

Doba využitelnosti baterii v době nouzového režimu při spotřebě 35 kW za hodinu vydržíme s nabitím přibližně 12 hodin fungování. Při dobíjení baterií a celkové fungování FVE záleží na ročním období a počasí kvůli svítivosti a teplotě.

Maximální využitelnost baterie za hodinu je 36 kWh s celkovou velikostí 225 kWh. Pokud bychom měli spotřebu v omezeném režimu 356Wh, baterii bychom využívali na 100 %, avšak ponechali jsme rezervu 1kWh pro bezpečnost.

5.2.3 Rizika FVE

Fotovoltaické elektrárny jsou elektrická zařízení a přináší určitá bezpečnostní rizika. Pro tvorbu preventivních a efektivních opatření je nezbytná správná identifikace rizik. Pokud se zamyslíme nad hrozícími riziky, můžeme je rozdělit do dvou skupin. Skupina obsahující souvislost s rizikem požárů a druhá skupina spojená s hasebním zásahem. (27)

Nejčastějšími riziky v oblasti souvislosti s požárem jsou:

- Chyby při instalaci;
- Vada výrobku;
- Chybný návrh systému;
- Vnější vlivy;

Nejčastějšími riziky jsou: chyba při instalaci následováno vadou výrobku, celkovým chybným návrhem celého systému, riziko nesou i vnější vlivy. (27)

Tabulka 2 Nejčastější rizika vzniklé při instalaci systémů

Nejčastější rizika vzniklé při instalaci
Špatné napojení konektorů DC částí
Špatně spojování odizolované části kabeláže s konektory
Nedostatečné odlehčení kabeláže
Nedostatečné odizolování kabelových přípoju, utažení svorkovnic a spoju

Z výše uvedené tabulky je jasné, že nejčastějšími chyby při instalaci jsou špatné napojení kabelů, špatné odizolování či utažení kabelových spojů pomocí svorkovnic. Tato rizika mají nejvyšší podíl na vzniku požárů. Tyto rizika jsou podmíněna působením lidského faktoru. To může ovlivňovat mnoho důvodů jako např.: prostředí umístění, časový tlak, nedostatečná vzdělanost a odbornost osob instalující elektrárnu. (27)

Tabulka 3 Nejčastější rizika v oblasti vady výrobků

Nejčastější rizika v oblasti vady výrobků
Vada výrobku
Výrobní vada
Nevhodné materiálové složení
Nevhodné provedení konkrétních komponentů

Z výše uvedené tabulky nám vychází jako nejčastější chyby v oblasti vady výrobků, jako chyby špatně zvoleného materiálu, či chyby vzniklé již ve výrobním procesu. Můžeme sem zařadit chyby samotných panelů nebo měničů napětí. (27)

Tabulka 4 Nejčastější rizika v souvislosti s návrhem systému

Nejčastější rizika v souvislosti s návrhem systému
Volba nevhodných materiálů a komponentů
Nevhodně zvolené pojistky
Nevhodné venkovní měniče
Nevhodné svorky pro kabely
Nevhodné umístění měniče (např. vliv vnějšího podnebí – počasí aj.)
Špatně zvolená kabeláž

Výše uvedená rizika vznikají v souvislosti s návrhem celkové fotovoltaické elektrárny nebo jednotlivých částí. (27)

Tabulka 5 Nejčastější rizika v souvislosti s působením vnějších vlivů

Nejčastější rizika v souvislosti působení vnějších vlivů
Působení atmosférických jevů
Poškození zvířaty
Poškození vandaly

Výše uvedené údaje řadíme do oblasti vnějších vlivů. Velký vliv na hořlavost celého systému nese i nedostatečná údržba, chybná instalace. (27)

Riziky a problémy při hašení by mohli být např.: (28)

- Nevhodné nástupná plochy pro výškovou požární techniku;
- Vyšší zatížení střešní konstrukce – instalované panely FV;
- Nemožnost dopravení dostatečného množství hasiva pro celou plochu požáru;
- Technologické konstrukce a vybavení budov (ventilace, antény, odvody tepla, bleskosvody);
- Neznámé umístění ovládacích prvků;
- Riziko úrazu elektrickým proudem při hašení;

5.2.4 Prevence

FVE je v případě řádného nainstalování a pravidelné údržbě velice bezpečná technologie. Vzhledem k popularitě a zvyšování počtu nainstalovaných FVE systémů na střeších nejen rodinných domů a chalup, ale i využití na větších korporacích přináší nutnost dostatečné informovanosti o zásadách požárních ochrany a bezpečnosti. Každý majitel, nebo pracovník instalační firmy by měl dbát na protipožární bezpečnost, a to od začátku. Již v době návrhu a vytvoření projektu je třeba se zamyslet nad základními požadavky požární bezpečnosti. Dodržování pravidelných preventivních kontrol, kontrol proudových spojů, čištění chlazení a filtrů ventilace, monitorování a vyhodnocení dat, provádění pravidelných kontrol

zkoušek vede ke snížení rizikovosti selhání, nefunkčnosti a k možnému požáru a ohrožení života, zdraví a majetku obyvatel. (29)

Prevence obsahuje pravidelnou preventivní péči, kdy odborný technik provede základní kontrolu všech komponentů, zdali nejsou poškozeny či zničeny. Všechny fáze instalace jsou řízeny českými normami, které ovšem nejsou vyžadovány, nýbrž pouze doporučeny. Nedodržení doporučení by mohl mít v případě vzniku události dopad na plnění pojištění. (29)

V případě vzniku požáru je zapotřebí informovanosti, a to nejen dotčených osob, ale i předání informací o FVE veliteli zásahu. Při zpracování dokumentace o požární ochraně (dále jen „PO“) se zpracovává operativní karta zásahu, nebo v případě menších objektů technický list FVE. Tyto karty obsahují informace o elektrárně, kde jsou technologie umístěny, možnosti odpojení od sítě, schéma vedení kabelů a další potřebné informace. (29)

V případě větších objektů a zpracovaných operativních karet zásahu, se tyto karty umísťují na příslušný oddělení prevence HZS, který je převede do geografického informačního systému pro případné využití před zásahem a předání informací veliteli zásahu. (29)

Pro případ požárů má HZS zpracovány metodické pokyny – Bojový řád jednotek JPO – taktické postupy zásahu a to pro:

- Požáry střešních kontrakcí s FV systémem;
- Požáry FV elektráren;
- Požáry střešních konstrukcí s trubicovým FV systémem;

5.2.5 Eliminace bezpečnostní rizik

Nastane-li požár budovy, první bezpečnostní opatření, které provedou hasiči je vypnutí přívodu elektrické energie, ale v případě že se na střeše nachází

fotovoltaická elektrárna nebo solární, tak panely neustále generují vysoké napětí, ačkoliv je objekt odpojen od veřejné sítě. Dle českých norem je malé bezpečné napětí považováno za hodnotu menší než 120 V a riziko úrazu elektrickým proudem je velice nízké. Ale v případě. fotovoltaických panelů toto riziko může být až 1000 V, záleží na velikosti FVE. Řešení odpojení můžeme rozdělit na efektivní a neefektivní. (30)

Efektivní řešení SolarEdge probíhá na úrovni panelů, a to pomocí různých technologií, které jsou připojeny ke každému panelu, střídači a monitorování. Tato technologie obsahuje i bezpečnostní funkci, která sníží bezpečnostní rizika. Jsou-li výkonové optimalizéry připojeny k panelům, tak panel vyrábí elektřinu pouze pokud je obnovován signál ze střídače, přerušil-li se signál, optimalizér přejde do bezpečnostního módu a vypne se proud i napětí nejen v panelu, ale i v kabelech. Toto řešení je certifikováno pro bezpečné malé napětí, protože i v případě odpojení, se nachází v panelu cca 1V napětí. Vypnutí na úrovni panelů nastane i v případě, že je budova odpojena od veřejné sítě, střídač je v režimu off, nebo jestliže tepelné senzory zaznamenají vzrůst teploty. (30)

Mezi neefektivní řešení můžeme zahrnout (30):

- Vypnutí funkce u tradičních střídačů (vypne se tok proudu, avšak napětí zůstává stejně vysoké);
- Automatické odpojovače
- Překrytí solárních panelů (pěnou – neefektivní, odpaří se a sklouzne)
- Překrytí panelů neprůhledným materiálem (nepraktický, nebezpečný)

K hašení požáru na FVE se přistupuje jako k hašení elektrických zařízení. Využívají se hasiva nevodivá jako např.: CO₂, hašení vodou elektrických zařízení do vedení pod napětím 400 V. Pokud není možné beznapěťový stav, přistupuje se ke

každému objektu jako k místu nebezpečného z hlediska úrazu elektrickým proudem. (31)

Nejzávažnějším a nejnebezpečnější částí hašení se považuje část sběrného kabelového rozvodu vedoucí od sekcí FV panelů do měniče, ten zůstává stále pod napětím. Důvodem nebezpečnosti může dojít k situaci, kdy hasiči nechají vše shořet, protože dle pokynů mohou práci přerušit pod podmínkou nemožnosti odpojení zařízení nad 400 V, ačkoliv hrozí vzniku obrovských škod na majetku. (31)

5.2.6 Kladné stránky v oblasti krizové připravenosti nemocnice

Tabulka 6 Kladné stránky FVE

Kladné stránky
Nezávislost na dodávkách PHM
Žádné emise
Nízké provozní náklady
Nenáročnost obsluhy, údržby
Využitelnost v oblasti ohřevu vody, tepla

Mezi kladné stránky FVE v oblasti krizové připravenosti nemocnice na dlouhodobý výpadek elektrické energie je nezávislost na dodávkách PHM po dobu využitelnosti zdroje baterií. Nenáročnost obsluhy a údržby snižuje provozní náklady. V případě použití více baterií a zvýšení zálohy energie můžeme do nouzového okruhu zařadit větší množství potřebných systémů/počítačů např.: systémy samo-zamykacích zámku, tím snížíme potřebu fyzických osob – ochranky.

Vybráním výše uvedených baterií jsme dokázali zvýšit možnou spotřebu v omezeném režimu až na 35 kWh.

5.2.7 Záporné stránky v oblasti krizové připravenosti nemocnice

Tabulka 7 Záporné stránky FVE

Záporné stránky
Proměnlivost počasí
Ekonomická stránka pořízení
Nutnost doplňkového zdroje energie
Spotřeba noc/den (světlo)

Mezi hlavní zápornou stránku celého systému v době blackoutu je potřeba sluneční energie, což převážně v chladných měsících a oblačnosti vytrácí celkový smysl záložního zdroje v době krize. Nutností je tedy mít doplňkový záložní zdroj na pokrytí potřebných 10 hodin provozu v omezeném režimu, např. diesel-agregát. Proměnlivost ve výrobě a spotřebě energie je přes noc i den diametrálně rozlišná. V noci nesvítí a jsme zcela závislí na bateriích, přitom spotřebujeme daleko více energie – světla apod. V den, kdy využíváme přímé přeměny energie, dobíjíme baterie, na kterých jsme závislí v noci. V případě nízké svítivosti, jsme závislí na bateriích.

Velkou překážkou ve vytvoření FVE je i finanční stránka zřízení, ačkoliv v případě dotace jsme prokázali návratnost za přibližně 17 let. Vytvořením celého systému dokážeme ročně ušetřit až momentální měsíční splátku za elektrickou energii.

5.3 SWOT analýza stávajícího řešení

Tabulka 8 Seznam silných stránek AŘ

	Seznam silných stránek	Vysvětlení
A	Vyšší výkon kW za hodinu	Záleží na typu DA
B	Neovlivnění ze strany počasí/podnebí	Počasí nemá žádný vliv na DA
C	Spolehlivost – četnost provozu	Pravidelné zkoušky

Tabulka 9 Hodnocení silných stránek AŘ

	Důležitost	Hodnocení	Výsledek
A	0,10	4	0,40
B	0,40	4	1,60
C	0,50	5	2,50
Součet hodnocení			4,50

Ve výše uvedených tabulkách jsme si vytipovali a vyhodnotili silné stránky aktuálního řešení a připravenosti na výpadek elektrické energie ve vybrané nemocnici. Nejsilnější stránkou jsme zvolili spolehlivost DA, a to díky jejím častým a pravidelným zkouškám a údržbě. Druhou nejvyšší důležitost jsme přiřadili fungování DA za každého počasí, protože počasí ani roční období nemá žádný vliv na fungování agregátů. Nejnižší důležitost jsme přiřadili k Vyššímu výkonu kW za hodinu než vymodelovaný bateriový systém. V nynějším řešení se nachází pouze jeden DA mající výkonost kolem 800kWh, ale omezený režim takovou výkonnost ani nepotřebuje, omezený okruh je nastaven na přibližně 35 kWh.

Tabulka 10 Seznam slabých stránek AŘ

	Seznam slabých stránek	Vysvětlení
A	Udržování zásob PHM	Nutnost zásob pro případ krize
B	Stáří DA	Průměrné stáří je 15 let
C	Selhání dodávky PHM	Kolaps dopravní sítě
D	Finanční náklady na údržbu	Nutnost zkoušek a údržby

Tabulka 11 Hodnocení slabých stránek AŘ

	Důležitost	Hodnocení	Výsledek
A	0,20	-3	-0,60
B	0,50	-5	-2,50
C	0,15	-3	-0,45
D	0,15	-4	-0,60
Součet hodnocení			-4,15

V oblasti slabých stránek jsme nejvyšší důležitost přiřadili stáří DA, průměrný věk je 15 let. Udržování zásob PHM pro případ zásobování v době nouze jsme přiřadili druhou nejvyšší důležitost. PHM se nemohou skladovat dlouhodobě, a to z důvodu obsahu bio složky a momentálně na to ani nejsou kapacity a finance. Stejně hodny důležitosti jsme zvolili selháním dodávky PHM a finanční náklady na údržbu DA, ačkoliv se měsíční náklady na údržbu pohybují kolem 20 tisíci korun českých.

Tabulka 12 Seznam příležitostí AŘ

	Seznam příležitostí	Vysvětlení
A	Smluvní dokument s dodavatel PHM	Smluvní vztah s dodavatelem PHM
B	Zakoupení nových DA	Prodloužení fungování
C	Sjednocení dokumentací v rámci ČR	Na úrovni ČR – přednostní zásobování

Tabulka 13 Hodnocení příležitostí AŘ

	Důležitost	Hodnocení	Výsledek
A	0,50	5	2,50
B	0,40	3	1,20
C	0,10	1	0,10
Součet hodnocení			3,80

Největší důležitost v příležitostech jsme stanovili pro vytvoření smluvního dokumentu mezi zařízením a dodavatelem PHM, tak aby se zavázal k udržování potřebné zásoby PHM a její dopravení v době krize. Druhou největší důležitost jsme

stanovili pro zakoupení nových DA, které mohou obměnit ty nejstarší a tím můžeme posílit spolehlivost.

Tabulka 14 Seznam hrozeb AŘ

	Seznam hrozeb	Vysvětlení
A	Selhání DA	Technická chyba, stáří
B	Nedostatek PHM	Selhání, vypnutí DA
C	Ohrožení životů a zdraví hosp.	Selhání DA

Tabulka 15 Hodnocení hrozeb AŘ

	Důležitost	Hodnocení	Výsledek
A	0,25	-4	-1
B	0,15	-2	-0,30
C	0,60	-5	-3
Součet hodnocení			-4,30

Nejvyšší hrozbou v aktuálním řešení vnímáme jako ohrožení životů a zdraví hospitalizovaných pacientů, a to z důsledku selhání nebo nefunkčnosti právě náhradního zdroje DA. Celkové selhání agregátu z důvodu technické chyby, nebo výše uvedeného stáří hodnotíme jako druhé nejvyšší. Zanedbanou hrozbou hodnotíme nedostatek PHM v době krize. Jedním z řešení je vyhlášení některého z krizových stavů, poté by krizový štáb mohl řešit dodávky bez nutnosti výběrové řízení. Případně by se mohlo využít zásobování ze skladů Státních hmotných rezerv.

Výsledek SWOT analýzy stávajícího řešení

Tabulka 16 Výsledek SWOT analýzy AŘ

Výsledek hodnocení			
Interní	Silné stránky	4,50	0,35
	Slabé stránky	-4,15	
Externí	Příležitosti	3,80	-0,50
	Hrozby	-4,30	
Celkové hodnocení			-0,15

Hodnoty ovlivňující interní problematiku nesou výsledek 0,35. Hodnoty ovlivňující problematiku zvenčí – externí nesou výsledek -0,5. Celkovým hodnotícím výsledkem je -0,15 hodnota. Vyjde-li v celkovém výsledku 0 nebo záporná čísla, vychází ze SWOT analýzy, že dané řešení v této analýze neobstál a je třeba zapracovat na zlepšení.

5.4 SWOT analýza navrhovaného řešení

Tabulka 17 Seznam silných stránek NŘ¹

	Seznam silných stránek	Vysvětlení
A	Částečná energ. Soběstačnost	Částečná nezávislost na dodávce ze sítě
B	Finanční návratnost	cca po 17 letech
C	Nezávislost na dodávce PHM	Není potřeba PHM
D	Nenáročnost obsluhy/údržby	Nejsou potřeba pravidelné zkoušky
E	Emise	Snížené emise

Tabulka 18 Seznam silných stránek NŘ

	Důležitost	Hodnocení	Výsledek
A	0,1	3	0,3
B	0,2	3	0,6
C	0,1	4	0,4
D	0,3	4	1,2
E	0,3	5	1,5
Součet hodnocení			4

Nejvyšší důležitost v silných stránkách navrhovaného řešení jsme ohodnotili hned dvě stránky, a to nenáročnost obsluhy a údržby a nízké emise výroby elektrické energie. Nenáročností údržby nemusíme vynaložit vysoké ekonomické náklady na udržování a fungování celkového systému. Druhou nejvyšší důležitost jsme vyhodnotili možností finanční návratnosti vložených investic do celkového

¹ NŘ – Navrhované řešení

systemu FVE. Nejnižší důležitost jsme přiřadili k nezávislosti na dodávce PHM, ty se v této situaci ani nevyužijí a není třeba smluvně zajišťovat, což může přinést kladné hodnocení. Vzniklou FVE zajistíme částečnou soběstačnost, avšak v celkové spotřebě je to pouhých 4,6 %.

Tabulka 19 Seznam slabých stránek NŘ

	Seznam slabých stránek	Vysvětlení
A	Omezený výkon na cca 15 %	Baterie pokryjí pouze 15% denní spotřeby
B	Finanční investice	Ekonomická stránka nemocnice
C	Odborná instalace	Je potřeba odborných techniků
D	Chladné měsíce – doplňkový zdroj	Baterie nepokryjí spotřebu k vyrábění tepla
E	Proměnlivost výroby	Rozdíl výroby el. Energie přes den a noc

Tabulka 20 Hodnocení slabých stránek NŘ

	Důležitost	Hodnocení	Výsledek
A	0,03	-2	-0,06
B	0,07	-3	-0,21
C	0,3	-1	-0,3
D	0,2	-2	-0,4
E	0,4	-4	-1,6
Součet hodnocení			-2,57

Mezi slabé stránky jsme zařadili a ohodnotili jako největší důležitost proměnlivost výroby. Výkonnost výroby a zajištění energie záleží na ročním období a na aktuálním počasí. Druhá nejvyšší důležitost je nutnost odborné instalace, ale v případě objednání FVE přes firmu např. ČEZ Solární s.r.o., to zajišťují technici, kteří jsou odborně vyškolení a mají dlouholeté zkušenosti. Počasí a období má, jak jsme výše uvedli velký vliv na výkonnost, proto je potřeba případně zajistit doplňkový zdroj, který by fungoval převážně v době, kdy FVE neplní 100 % funkci. Nejnižší váhu jsme přiřadili omezenosti výkonnosti na hodinu, a to pouhých 15 % z celkové hodinové spotřeby. Celková hodinová spotřeba je přibližně 25kW za hodinu, tudíž výkonnost baterií tuto spotřebu pokryjí, a ještě je tam nastavena rezerva.

Tabulka 21 Seznam příležitostí NŘ

	Seznam příležitostí	Vysvětlení
A	Zvýšení kapacity baterií	Zvýšení kapacity a doby pokrytí
B	Spolupráce s ČR – dotace	Možnost poskytnutí dotací
C	Energetická soběstačnost	Zpracování většího projektu

Tabulka 22 Hodnocení příležitostí NŘ

	Důležitost	Hodnocení	Výsledek
A	0,25	4	1
B	0,25	4	1
C	0,5	5	2,5
Součet hodnocení			4,5

V případě příležitostí jsme nejvyšší důležitost přiřadili energetické soběstačnosti nemocnice a částečné nezávislosti na dodávané energii ze sítě. O druhé místo se dělí příležitosti, při které bychom zvýšili kapacitu baterií a tím zvýšili kapacitu a dobu využívání energie uložené v baterií. Při vytváření modelu jsme vycházeli z reálných finančních možností a reálné návratnosti. Česká republika poskytuje v rámci programu Zelená úsporám podporu od 300 tisíc po 100 milionů korun českých na FVE. Zakoupením větších baterií by bylo možné zvětšit omezený režim a zařadit do něho i oddělení, které se tam momentálně nenachází, případně připojit počítače aj.

Tabulka 23 Seznam hrozeb NŘ

	Seznam hrozeb	Vysvětlení
A	Požár	Devastace, domino efekt
B	Vandalismus	Poničení – finanční náročnost
C	Počasi, roční období	Vliv na výkonnost FVE

Tabulka 24 Hodnocení hrozeb NŘ

	Důležitost	Hodnocení	Výsledek
A	0,27	-2	-0,54
B	0,03	-1	-0,03
C	0,7	-5	-3,5
Součet hodnocení			-4,07

Hrozbou v případě navrhovaného řešení se jeví jako nejdůležitější vliv počasí, ročního období na výkonnost, případě špatné klimatické podmínky mohou zapříčinit poškození panelů. Nižší důležitost má vznik požáru a vznik domino efektu, a nejnižší hodnotou jsme ohodnotili vandalismus. Panely jsou připevněni na střechu nemocnice a pravděpodobnost cíleného zničení panelů je velice nízká.

Výsledek SWOT analýzy navrhovaného řešení

Tabulka 25 Výsledek hodnocení NŘ

Výsledek hodnocení			
Interní	Silné stránky	4	1,43
	Slabé stránky	-2,57	
Externí	Příležitosti	4,5	0,43
	Hrozby	-4,07	
celkové hodnocení			1,86

Výše uvedená tabulka znázorňuje výsledek provedené SWOT analýzy. Hodnoty ovlivňující interní problematiku nesou výsledek 1,43. Ovlivnění externí nese hodnotu 0,43. Celkovým hodnotícím výsledkem je 1,86 hodnota. Vyjde-li výsledné číslo 0 a více, je výsledek považován za pozitivní a můžeme hodnotit, že naše řešení v případě provedené SWOT analýzy obstál.

5.5 Komparace SWOT analýz

Z výše uvedených SWOT analýz vychází, že každé řešení má své pozitivní i negativní stránky. Přestože výsledek celkové SWOT analýzy v stávajícího řešení vyšel záporný výsledek a měli bychom začít pracovat na zlepšení, momentálně není v kompetenci zařízení získání finanční prostředků na zlepšení.

Nejsilnější stránkou stávajícího řešení je spolehlivost, a to díky četnosti provozu, vysokou důležitost jsme přiřadili i nezávislost fungování na počasí. Nejsilnější stránkou navrhovaného řešení jsou nízké emise, a nenáročnost na obsluhu a údržbu.

Nejslabší stránkou stávajícího řešení považujeme stáří DA, jejich věk může vést k selhání a nefunkčnosti, druhou nejvyšší důležitost jsme přiřadili nutnosti udržovat a obměňovat zásoby PHM. Navrhované řešení má nejslabší stránkou proměnlivost výroby a závislost na počasí, to v případě blackoutu má vážný dopad na dobu, kterou jsme schopni z baterií a fungování FVE pokrýt.

Nejvyšší důležitost ve stávajícím řešení v příležitostech jsme přiřadili vytvořit smluvní dokument mezi zařízením a vybraným dodavatelem dodávky PHM, tak aby se zavázal k zásobování nemocnice v době potřeby nebo nouze. Aby i on jako dodavatel držel pohotovostní zásoby pro případ nutnosti. Velkou váhu jsem přiřadili i koupi nových DA, přestože jsme výše uvedli, že nemocnice nemá v tuto chvíli finanční prostředky na zakoupení nových, bylo by potřeba finance vyčlenit. Nové DA mohou prodloužit životnost a schopnost fungovat v době potřeby. V navrhovaném řešení má nejvyšší váhu vznik energetické soběstačnosti v případě vybudování modelovaného příkladu, nebo většího projektu. Nezávislost na dodávce energie ze sítě, ale pokrytí z FVE přináší převážně kladné body, vedlejší stránkou je i snížení emisí.

Ve skupině hrozby aktuálního řešení jsme přiřadili nejvyšší důležitost ohrožení životu a zdraví nejen hospitalizovaných pacientů z důvodu selhání a nefunkčnosti náhradního zdroje elektrické energie. V navrhovaném řešení mezi nejvyšší hrozby jsme přiřadili vlivu klimatických změn a ročnímu období na výkonnost.

Výsledkem provedených SWOT analýz poukázání na negativní aktuální řešení, které je potřeba předělat případně poupravit a kladné hodnocení navrhovaného řešení. Nejvhodnější řešení se může zdát jako kombinace obou řešení. Navrhované

v popředí ale zároveň udržování záložního zdroje jako DA pro případ nedostatečnosti výkonnosti FVE a udržování baterií.

5.6 Vyhodnocení stanovených hypotéz

Nyní vyhodnotíme námi stanovené hypotézy, zdali došlo k potvrzení či jejich vyvrácení.

Hypotéza 1: *Vybrané zdravotnické zařízení nemá dostatečnou zásobu pohonných hmot pro diesel-agregáty.*

Nynější řešení výpadku elektrické energie pomocí několika DA, které jsou strategicky rozmístěny po areálu, potřebuje dostatečné zásoby PHM pro případ krize. Za dostatečnou zásobu náhradního paliva považujeme zásoby alespoň na 24 a více hodin fungování nemocnice v omezeném režimu. Nynější zásoby tvoří pouze palivo pokrývající přibližně 16 hodin fungování zdravotnického zařízení v nouzovém režimu. Zařízení nemá nasmlouvaného žádného dodavatele, jediné možné řešení, je pomocí CCS karet. Toto řešení nemůžeme prokázat, zdali by fungovalo, z důvodu nesmluvního vztahu s čerpacími stanicemi a jejich vlastní zásobu pohonných hmot. Nemocnice nemá zásoby náhradního paliva na více jak 24 hodin fungování. **Hypotéza 1 byla potvrzena**

Hypotéza 2: *Předpokládáme, že FVE dokáže vytvořit spolehlivý náhradní zdroj pomocí bateriového systému v případě blackoutu.*

Řešení výpadku elektrické energie pomocí výše namodelované fotovoltaické elektrárny se systémem baterií se jeví jako spolehlivý. Avšak příčiny působení vlivů podnebí, ročních období a počasí nelze spoléhat, že slunce dokáže zcela nabít baterie v době případného blackoutu. Zcela nabité baterie ze sítě a částečně ze slunce dokáží

pokryt až 12 hodin fungování v omezeném režimu. Pokud by výpadek trval déle a bylo by špatné počasí nebo chladnější roční období, baterie by se nedokázaly zcela nabít, tím se nejeví tento systém jako zcela spolehlivý. **Hypotéza 2 byla vyvrácena.**

Hypotéza 3: *Předpokládáme snížení finanční náročnosti na elektrickou energii ze sítě, při vybudování FVE systému.*

Vytvořením celého solárního systému získáme částečnou energetickou soběstačnost. Průměrná roční spotřeba za rok 2018 byla přibližně 2 277 832 kWh. FVE systém dokáže vytvořit až 104 433 kWh za rok. Rozdíl roční spotřeby a vytvořením FVE je čerpáno ze sítě a je to přibližně 2 173 205 kWh. Výsledkem finančního toku vybudované FVE je 243 806,- Kč ročně. Průměrná měsíční splátka elektrické energie dělá 248 000,- Kč. Celý FV systém pokryje 4,6% energetické soběstačnosti. Vybudujeme-li FVE systém podle výše uvedeného modelu, dokážeme hned v prvním roce ušetřit přibližně jednu měsíční splátku elektrické energie. **Hypotéza 3 byla potvrzena.**

6 DISKUZE

Ke splnění stanovených cílů práce jsme zvolili kombinaci několika metod. Analýza stávajícího řešení byla využita při popisování aktuálního řešení a připravenosti na výpadek elektrické energie ve vybrané nemocnici. Metody modelace a popisu jsme využili při vytváření projektu na fotovoltaickou elektrárnu se systémem baterií v řešení energetické soběstačnosti. SWOT analýzu jsme využili při komparování obou řešení v případě dlouhodobého výpadku elektrické energie ve zdravotnickém zařízení.

K dispozici ke zpracování nám bylo poskytnutí dokumentů, které jsme využili ke zpracování bakalářské práce v roce 2017 na téma Dopady výpadku elektrické energie na vybranou nemocnici v Praze. Z důvodu neochoty komunikace a poskytnout údaje z jiných zdravotnických zařízení, nebo zakázání poskytnout informace od ředitelů, jsme nebyli schopni zajistit dostatečné informace z pouze jednoho zdravotnického zařízení. K modelaci jsme proto využili obdržené informace z různých zařízení a vytvoření průměrného modelu zdravotnického zařízení nacházející se na území hl. města Prahy. Model vytvořené FVE je velice variabilní a toto lze považovat za návrh. V případě zájmu lze model udělat přímo na vybrané zdravotnické zařízení s přesnou výkonností, udržitelností, a to s možností bateriového systému nebo bez.

Všechny informace týkající se FVE jsou poskytnuty na základě zkušeností a vědomostí pracovníka ČEZ Solární s.r.o.

Tato diplomová práce měla za cíl vytvoření jiného řešení výpadku elektrické energie na zdravotnické zařízení se statuem nemocnice, a to pomocí vybudované vlastní fotovoltaické elektrárny s bateriovým systémem. Přestože nám nebyly poskytnuty potřebné údaje, vytvořili jsme modelaci FVE na průměrné zdravotnické zařízení se statuem nemocnice na území hl. města Prahy.

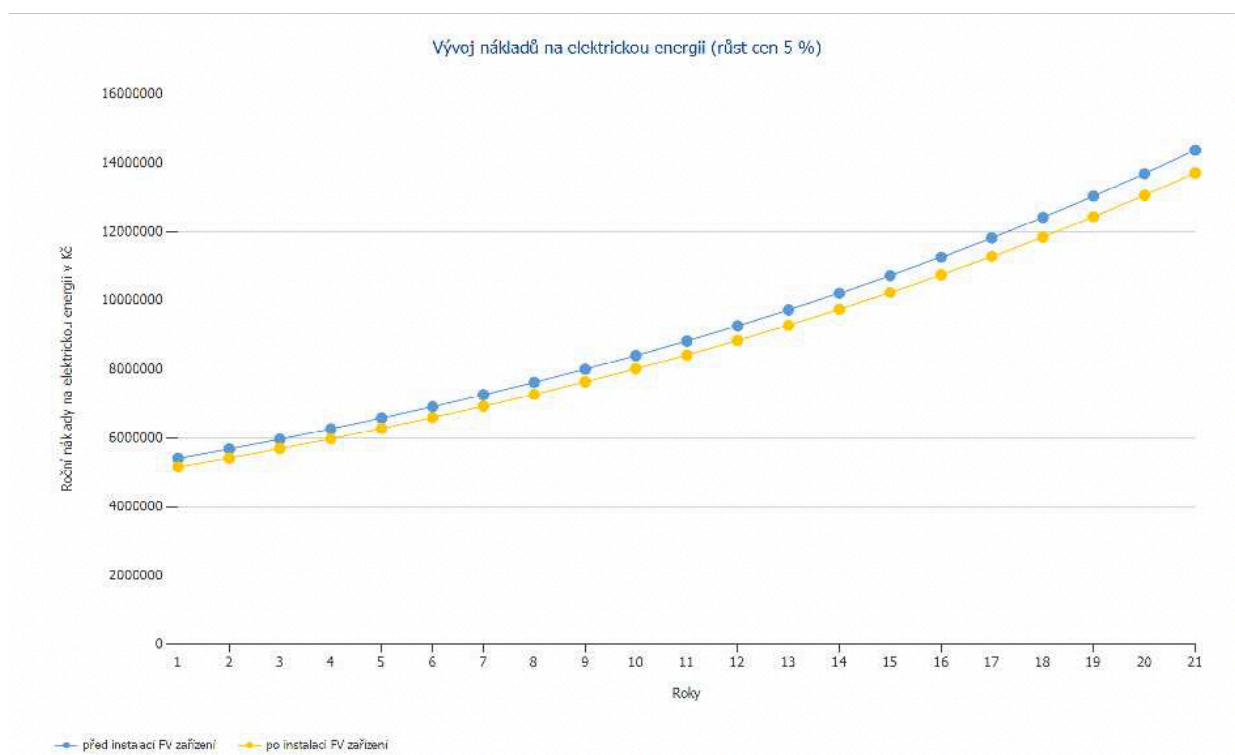
Soustava FVE a bateriového systému lze využít nejen na rodinné domy, ale právě i na veřejný sektor. Využití této metody vyrábění elektrické energie je přirozeně vhodná právě pro zdravotnická zařízení, a to nejen proto, že solární energie snižuje znečištění ovzduší a činí svět čistějším a zdravějším místem. Mnoho běžných lékařských přístrojů se používají neustále a spotřebovávají značné množství energie, při němž systémy vytápění a klimatizace přispívají k jejich vysokým cenám. Instalace tohoto systému pro zdravotnické zařízení je chytrý způsob, jak snížit vysoké účty za elektřinu a získat elektřinu efektivněji. Zdravotnická zařízení mají často i vysoké daňové účty a využívání solární energie může vést k jejich snížením, protože mohou přinést určité úlevy. V prvním roce fungování jsme dokázali celkově ušetřit 243 806,96 Kč. Konečná ušetřená částka vychází z úspor při odběru proudu ze sítě, jiných výnosů a úspor kam můžeme zařadit např. jednorázové finanční dary od fyzický nebo právnických osob.

	Rok 1	Rok 2
Investice	-11 999,54 Kč	0,00 Kč
Provozní náklady	-1 188,07 Kč	-1 176,31 Kč
Náklady na spotřebu	-722,49 Kč	-715,33 Kč
Ostatní náklady	-196,85 Kč	-194,90 Kč
Podpory	7 199,72 Kč	0,00 Kč
Odpisy	-594,04 Kč	-588,16 Kč
Úspory při odběru proudu	246 234,14 Kč	255 985,99 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	49 504,95 Kč	49 014,80 Kč
Výsledek před zdaněním	300 166,09 Kč	302 326,10 Kč
Vrácení daně	-45 024,91 Kč	-45 348,91 Kč
Výsledek po zdanění	255 212,46 Kč	256 977,18 Kč
Roční finanční tok	243 806,96 Kč	257 565,34 Kč
Kumulovaný finanční tok	243 806,96 Kč	501 372,29 Kč

11. rok využívání elektrické energie z namodelované FVE ušetříme celkově 345 188,76,- Kč využívání. Na úspoře při odběru proudu ze sítě ušetříme již 363 101,15,- Kč, tato částka vychází z pěti procentního zdražování elektřiny.

	Rok 11	Rok 12
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč
Provozní náklady	-1 075,55 Kč	-1 064,90 Kč
Náklady na spotřebu	-654,06 Kč	-647,58 Kč
Ostatní náklady	-178,20 Kč	-176,44 Kč
Podpory	0,00 Kč	0,00 Kč
Odpisy	-537,77 Kč	-532,45 Kč
Úspory při odběru proudu	363 101,15 Kč	377 481,23 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	44 816,19 Kč	44 372,46 Kč
Výsledek před zdaněním	405 471,75 Kč	419 432,32 Kč
Vrácení daně	-60 820,76 Kč	-62 914,85 Kč
Výsledek po zdanění	344 650,99 Kč	356 517,47 Kč
Roční finanční tok	345 188,76 Kč	357 049,92 Kč
Kumulovaný finanční tok	3 233 823,20 Kč	3 590 873,12 Kč

Celkovou částkou se dostaneme na hodnotu 3 233 823, 20 Kč, v ceně jsou započítány i pravidelné revize a drobné opravy.



Obrázek 8 Vývoj nákladů na elektrickou energii (růst cen 5 %)

V modelaci jsme uvedli celkovou částku pořízení FVE se systémem baterií na částku 13 054 032 Kč. Na základě podání žádosti o podporu, jsme využili možnosti poskytnutí až 60% podpory, k tomu je třeba splnit několik podmínek. Celková částka podpory činí 7 832 455 Kč. Zdravotnické zařízení do vybudovaného systému investuje 5 221 574,- Kč. Návrh se nám podařilo prokázat v 17. roce využívání systému. Po deklarováném 21 roce jsme se dostali na celkovou částku ušetření na hodnotu 7 425 154, 09 Kč.

Specifika a omezení poskytnutí podpory

Pro získání dotace – podpory na výstavbu FVE je nutností splnit několik podmínek. Podpora se poskytuje v rozmezí 300 tisíc - 100 milionu Kč a míra podpory závisí na velikosti podniku. Jedná-li se o malý podnik, dotace dosahuje téměř 80 %

způsobilých výdajů, střední podnik má možnost získat až 70 % způsobilých výdajů, velký podnik dosáhne na 60 % podpory ze způsobilých výdajů. V našem případě se jedná o velký podnik.

Mezi specifikace a omezení patří další podmínky jako jsou např.: k podpoře nejsou podporována komerční a turistická zařízení jako jsou hotely, lázně, restaurace, nejsou podporovány ani aktivity výzkumných, vývojových a pilotních projektů. Není podporována ani instalace FV systému na bytových domech, rodinných domech a veřejných budovách. V rámci jednoho ekonomického objektu může být podáno maximálně 15 žádostí o dotaci.

Mezi uznatelné náklady k podpoře řadíme projektovou dokumentaci stavby, výdaje na modernizaci a rekonstrukci rozvodů elektřiny, instalaci FVE a bateriových systémů, vedlejší rozpočtové náklady, inženýrské činnosti ve výstavbě a energetický posudek s odhadem ceny energetického posudku. Vybraný objekt se nachází na území hl. města Prahy, z tohoto důvodu podporu poskytuje program Nová zelná úsporám.

Ačkoliv není nám známo, využití FVE se systémem baterií v České republice na zdravotnické zařízení. Ve světě se solární energie využívá již od roku 2010 velmi hojně. Nemocnice na Haiti v roce 2013 vybudovala pomocí dvou techniků FVE na střeše své nemocnice. Haiti je velmi známé se svojí spolehlivostí v dodávce elektrické energie, a proto toto řešení přišlo velmi vhod a prokázalo se jako velmi spolehlivé řešení. Střechu pokrylo 1800 FV panelů, z nichž každý dokáže vytvořit až 280 W, to je přibližně 500kW. Panely napájí 5 střídačů, každý s výkonem 95kW a poskytují více než 400kW napětí. Objekt se stal největším zdravotnickým zařízením využívající solární energii k pokrytí více než 100 % svých elektrických potřeb. Panely jsou umístěny na střeše objektu pomocí betonových bloků, tak aby obstály i vysoké rychlosti větru, kvůli hurikánům. Příčinou nižší účinnosti mohly být vyšší teploty, proto se střecha pod panely natřela na bílo, aby minimalizovali absorpci tepla a

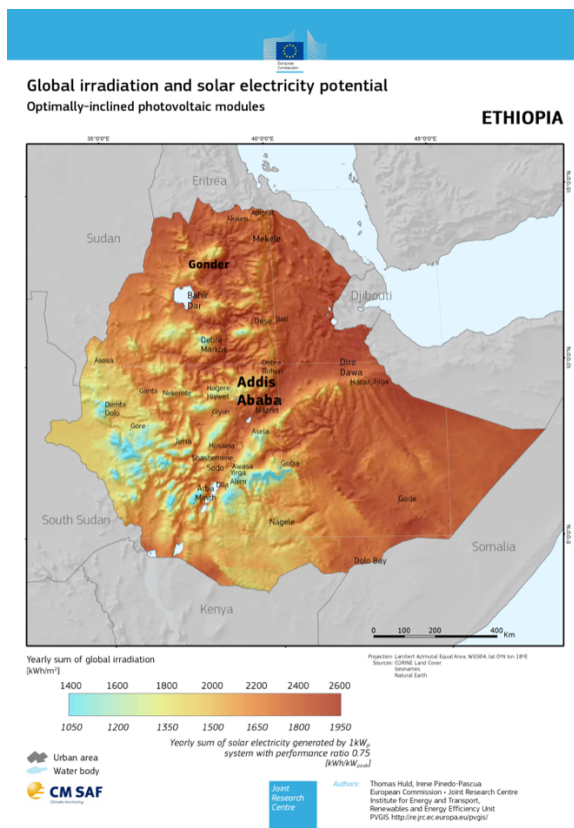
zároveň bílá barva odráží světlo na panely. FVE by měla ročně nemocnici ušetřit zhruba 379 000 dolarů, počáteční investice byla 2,2 milionů dolarů a návratnost vychází na 6 let využívání. Počáteční investice byla investována několika neziskovými organizacemi. (32)

V roce 2012 byla zprovozněna solární soustava v nemocnici v Hervey Bay v Austrálii. Ročně vyrobí 385 MWh energie a dokáže ušetřit až 20 000 dolarů ročně na spotřebě elektrické energie ze sítě, krom snížení závislosti na dodávce energie ze sítě snížili emise uhlíku o 400 tun za rok. Systém sčítá 984 panelů výrobní kapacitou 266kW a 38 střídačů, panely jsou rozmístěny po více budovách zařízení. Při vytváření projektu byly velké požadavky na splnění bezpečnosti a ochranu sítě. (33)

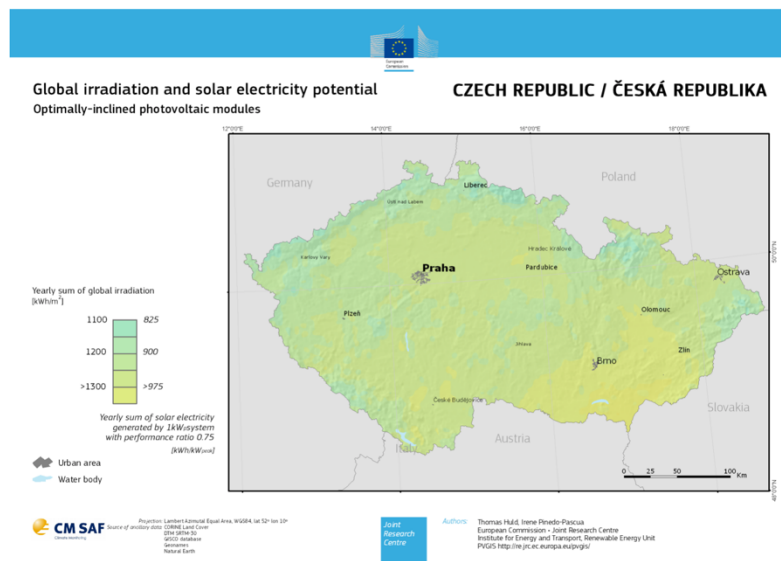
Posledním příkladem využití FVE a systému baterií v nemocnici ve světě je nemocnice St. Luke ve Wolissu v Etiopii. Etiopská energetická síť má velmi mnoho nedostatků, proud je slabý a často padá. Pro výše uvedenou nemocnici je to problém ohrožující zdraví pacientů, ačkoliv měli pro případ výpadku elektrické energie DA, ale dodávka byla neudržitelná. DA mely výkon 100kW a pro nemocnici a životní prostředí se jeví jako neefektivní. Časté výpadky vedli také k častým poruchám zdravotnických přístrojů. V říjnu roku 2017 zahájili projekt inovace s cílem reagovat na primární potřebu udržitelnosti. Inovace zahrnovala plánování a výstavbu hybridního zařízení schopné řídit tok energie v reálném čase a zajistit dodávky energie. Projekt poskytuje nemocnici úspory na spotřebované energii ze sítě, které mohou využít např. ve zdravotních službách. Systém obsahuje panely a baterie o výkonu 160 kW, 200/230 kW. Nutnost vybudování přispěl i fakt, že tato nemocnice je špičkovým zdravotnickým centrem pro celou zemi a ročně ošetří na 430 000 lidí. (34)

Z výše uvedených příkladů ze světa lze prokázat účinnost vytvořeného systému. Závislost na výkonnosti má umístění, sklon panelů, směr panelů a také zeměpisná

šířka. Rozdíl mezi výše uvedenou Etiopií a Austrálií je velký. Vliv na výkonnost FVE v České republice má roční období i zeměpisná šířka.

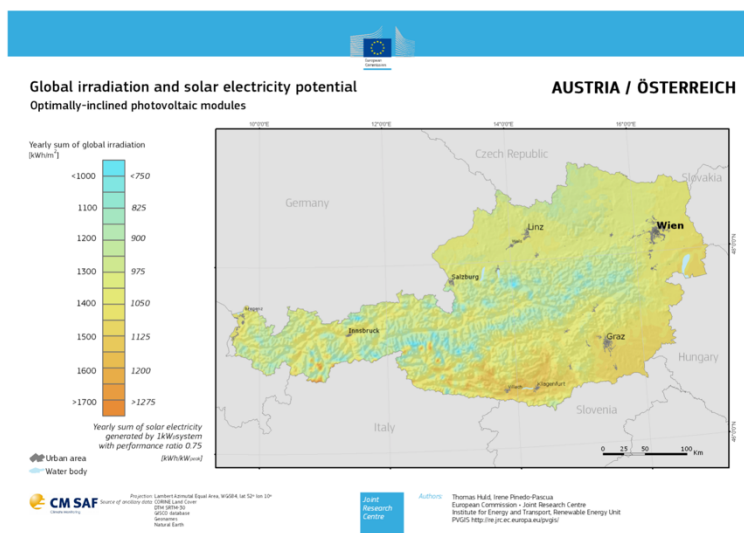


Obrázek 10 Solární potenciál Etiopie



Obrázek 9 Solární potenciál Česká republika

Na vložených obrázcích můžeme pozorovat, jak velký rozdíl je ve výkonnosti a potenciálu využívání solární energie. Etiopie se svým umístěním jeví jako země, která by měla solární energie využívat velmi hojně, mají k tomu dobrá klimatické podmínky. Česká republika sice nemá tak vhodné klimatické podmínky, avšak potenciál na využívání je velký. Pokud srovnáme Českou republiku a níže uvedenou mapu Německa a Rakouska, nejlepší klimatické podmínky má Rakousko.



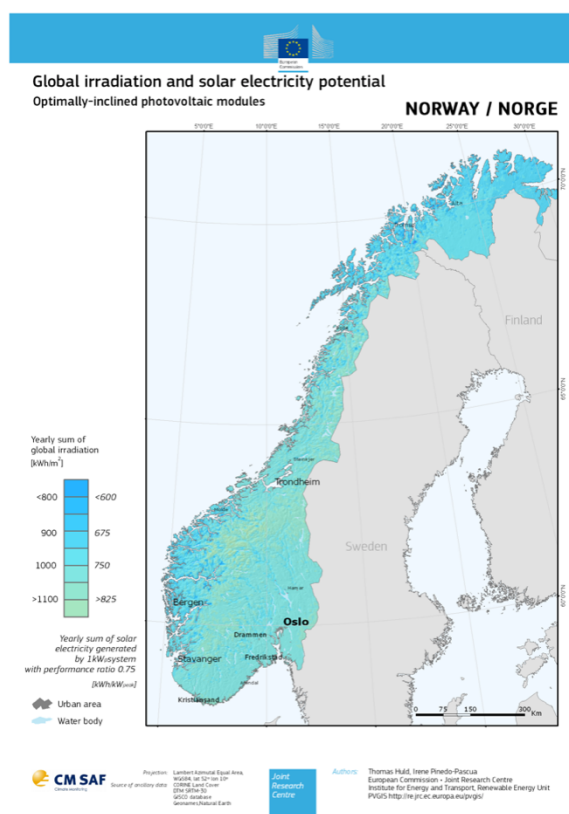
Obrázek 11 Solární potenciál Rakousko

Mapa Rakouska ukazuje, že maximální hodnoty výkonnosti jsou kolem 1700 kWh na m^2 . Se srovnáním s ČR je to o téměř 400 kWh na m^2 více. Pokud porovnáme s Etiopií, která má pokrytí maximální výkonnosti kolem 2600 kWh na m^2 , tak je to



Obrázek 12 Solární potenciál Německo

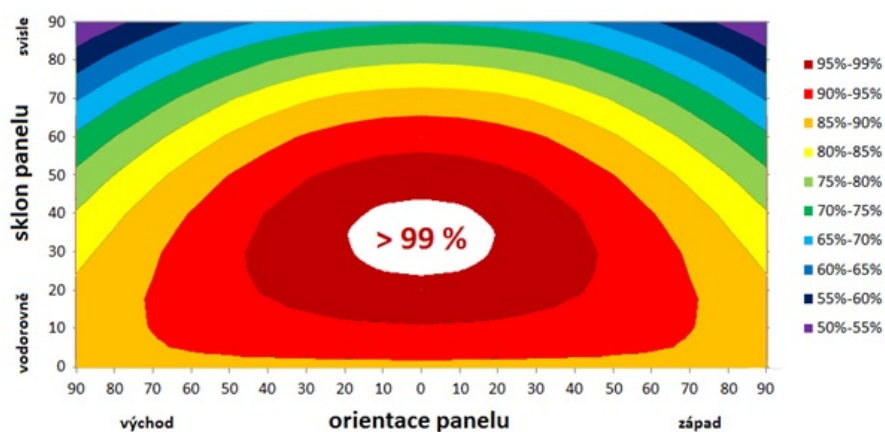
téměř o 1300kWh na m² více než ČR. S Rakouskem je to již jen o přibližně 600kWh na m². Německo dosahuje nejvyšších hodnot 1400kWh na m². ČR ve srovnání s Německem má menší potenciál pouze o 100kWh na m². K porovnání je níže přiložena mapa Norska, kde nejvyšší hodnoty výkonnosti a potenciálu dosahují k hodnotám 1100 kWh na m². I přes nízký potenciál se v Německu, Rakousku i Norsku solární energie využívá hodně a to převážně na rodinných domech.



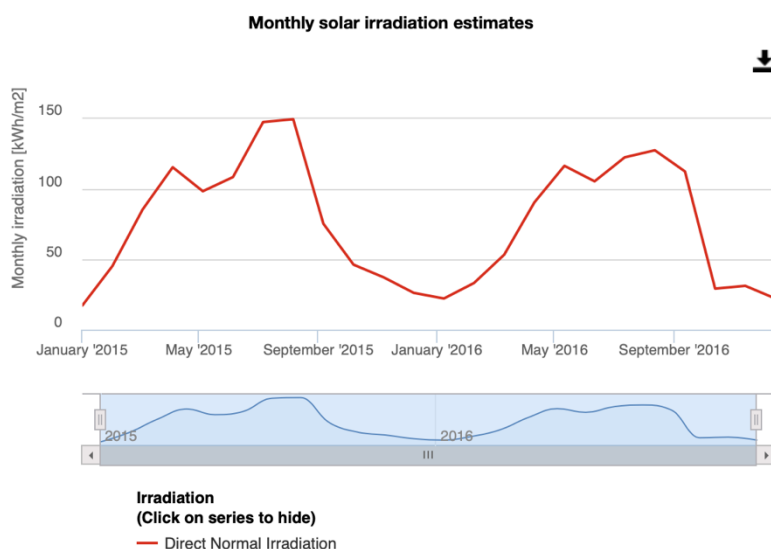
Obrázek 13 Solární potenciál Norsko

Mapy poskytuje stránka zaměřená na fotovoltaiku a její solární potenciál. Je to Evropský portál a nese název: Photovoltaic geographical information systém. Výše uvedené potenciály jsou pro optimálně nakloněné FV moduly. Optimálním náklonem je sklon v úhlu do 35° ke slunci, ale z případného důvodu stínění panelů je optimální sklon 20°, který jsme zvolili v případě naší modelace.

Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu



Obrázek 15 Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci FV panelů (35)



Obrázek 14 Účinnost slunečního záření 2015-2016 (33)

Podíváme-li se v poslední části na měsíční odhady slunečního záření za roky 2015 a 2016, zjistíme, že nejvyšší účinnost záření je v měsících červen, červenec, srpen.

V červnu roku 2015 dosáhlo sluneční záření na téměř 147 kWh na m², v červenci to bylo 47 kWh na m² v srpnu bylo nejvíc, a to téměř 149 kWh na m². V roce 2016 za celý rok byly hodnoty nižší. V červnu bylo 105 kWh na m², zde dokonce překonal teplý květen, který měl hodnotu 116 kWh na m². V červenci hodnoty již byly vyšší, ale oproti roku 2015 byly nízké a to pouze 122 kWh na m². V srpnu se dosáhlo pouze

na 127 kWh na m². Rok 2016 byl o hodně nižší na solární záření. Toto prokazuje slabou stránku SWOT analýzy navrhovaného řešení – proměnlivost podnebí.

V diplomové práci jsme si na základě cíle práce stanovili 4 hypotézy. 2 hypotézy jsme potvrdili, dvě vyvrátili.

První hypotéza zněla: *Vybrané zdravotnické zařízení nemá dostatečnou zásobu pohonných hmot pro diesel-agregáty.* Za dostatečnou zásobu považujeme fungování nemocnice v omezeném režimu alespoň na 24 hodin a více. Nynější rezerva paliva tvoří pouze možnost fungování zařízení na 16 hodin v omezeném režimu. Příčinou malé rezervy může být i obsah bio-složky v dieselu, která DA škodí. Nemocnice nemá nasmlouvaného dodavatele pro případ krize, jediným řešením je čerpání pomocí CCS karet, avšak z důvodu nesmluvního vztahu s čerpacími stanicemi v okolí, nelze zajistit prokazatelnost udržování rezervy ze strany čerpací stanice pro nemocnici. Hypotéza č 1 byla potvrzena, nemocnice nemá dostatečnou zásobu pohonných hmot pro diesel-agregáty v případě výpadku elektrické energie.

Druhá hypotéza byla stanovena: *Předpokládáme, že FVE dokáže vytvořit spolehlivý náhradní zdroj pomocí bateriového systému v případě blackoutu.* Namodelovaná solární elektrárna s využitím bateriového systému pro případ nouze je za okolností čerpání energie i ze sítě spolehlivý, avšak příčinami působení vlivů počasí a ročního období nelze spoléhat na 100% výkonost FVE. Plně nabitá baterie dokáží pokrýt fungování nemocnice v omezeném režimu na přibližně 12 hodin. Trval by výpadek déle a nebylo by hodné počasí nebo roční období, mohlo by dojít k ohrožení životů a zdraví hospitalizovaných pacientů. Řešením by byl nákup baterií s vyšší kapacitou a pořízení více panelů, tím by vznikla vyšší výkonnost. Hypotéza č. 2 byla vyvrácena,

nepravidelnost plné výkonnosti a znemožnění plného nabití baterií se systém nejeví jako zcela spolehlivý.

Třetí hypotézu jsme stanovili jako: *Předpokládáme snížení finanční náročnosti na elektrickou energii ze sítě, při vybudování FVE systému.* Průměrná roční spotřeba za minulý rok byla 2 277 832 kWh, vybudováním solární elektrárny získáme průměrně ročně až 104 433 kWh. Čerpáním ze sítě získáme 2173 205 kWh. Průměrná měsíční splátka energie ze sítě činí 248 000,- Kč. Postavením systému získáme 4,6 % energetické soběstačnosti. Z finančního toku tedy víme, že ročně můžeme ušetřit přibližně 243 806,- Kč, to je přibližně jedna měsíční splátka za elektrickou energii v minulém roce. Hypotéza č. 3 byla potvrzena, postavením FVE se systémem baterií snížíme finanční náročnost za rok a získáme i částečně řešení výpadku elektrické energie.

Vyhodnocením hypotéz jsme prokázali za nedostatečné nynější řešení výpadku elektrické energie, to nám potvrdila i provedena SWOT analýza stávajícího řešení. Problémem se ukázalo zásobování pohonnými hmotami a udržování rezervy, která je v nynější době nedostatečná, a to na pouhých 16 hodin fungování nemocnice v omezeném režimu. Zcela nedostatečné se jeví i nezajištění smluvního dodavatel PHM v případě dlouhodobého výpadku elektrické energie. Domníváme se, že nynější řešení by bylo dostatečné a spolehlivé ve chvíli nasmlouvaní dodavatel a jeho držení pohotovostní zásoby pro toto zdravotnické zařízení, a to na nejméně 72 hodin fungování zařízení v nouzovém režimu.

Prokázali jsme snížení finanční náročnosti při vybudování FVE se systémem baterií za rok na přibližně jednu měsíční splátku nynějšího čerpání elektrické energie ze sítě, to vychází na průměrně 243 806,- Kč.

Co se nám nedokázalo prokázat a vyvrátili jsme je fakt, že vytvořená FVE s bateriemi se nejeví jako zcela spolehlivá pro případ blackoutu jako náhradní zdroj.

V období letních měsíců je pravděpodobnost překonání dlouhodobého výpadku elektrické energie ze záložního systému baterií a přímé přeměny energií v FV panelech vyšší než v zimních měsících, a to na základě zeměpisné šířky položení České republiky, to jsme prokázali na základě doložení solárního potenciálu pomocí mapy.

SWOT analýza navrhovaného řešení vyšla pozitivně a s navýšením výkonnosti a velikosti fotovoltaické elektrárny, případně zvolení jiného typu baterií by se stalo toto zdravotnické zařízení více energeticky soběstačné a v případě dlouhodobého výpadku elektrické energie by bylo schopno fungovat na záložním zdroji delší dobu a v případě zvolení vyšší kapacity baterií kWh, i pokrýt větší část nejen omezeného režimu.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na problematiku výpadku elektrické energie ve zdravotnických zařízeních se statutem nemocnice. Jedním ze stěžejních cílů práce byla modelace fotovoltaické elektrárny na vybrané zdravotnické zařízení v Praze. Výpadky elektrické energie mohou nastat nejen z důvodu klimatických změn, ale třeba z teroristického důvodu, nebo chyby pracovníka zajišťující kontroly na operačním středisku distribučních sítí.

Teoretická práce se zaměřila na základní pojmy týkající se mimořádné události, krizové situace a jejich případné řešení pomocí havarijních plánů a plánů krizové připravenosti. Zabývali jsme se elektrickou energetikou, její výrobou, distribucí a také možností solární výroby elektrické energie, její kladné i záporné stránky. Dále jsme se orientovali na systém zdravotnictví a jeho připravenost pro případ mimořádné události nebo krizové situace. Zabývali jsme se oblastí blackoutu, jeho příčiny a zkušeností ze světa. Poslední pasáž teoretické práce byla věnována zdravotnickému zařízení se statutem nemocnice. Z důvodu neposkytnutí informací a neochoty spolupracovat ze strany zaměstnanců krizových oddělení oslovených nemocnic, jsme se rozhodli vytvořit průměrný model nemocnice nacházející se na území hl. města Prahy. Data k simulaci nemocnice byly čerpány z dokumentů, které nám byly poskytnuty v roce 2017 ke zpracování bakalářské práce na téma dopady rozsáhlého výpadku elektrické energie na poskytovatele zdravotní lůžkové péče v Praze, avšak dostupné informace nebyly dostačující a nebyly dostatečně aktualizovány k využití diplomové práce v části modelace na jednu z uvedených nemocnic v bakalářské práci.

V praktické části práce jsme pomocí softwaru PVSOL Premium 2018 namodelovali Fotovoltaickou elektrárnu se záložním zdrojem energie – bateriemi. Vstupními daty nám byla klimatická data, kdy jsme zvolili území Prahy rozmezí 1991-2015, výkon FV panelů na 99,41 kWp s celkovou plochou zabírající 495,7 m²

s celkovým počtem 304 panelů. Z důvodu absence speciálního povolení byla výkonost panelů nastavena pod 100kWp. FV modul byl zvolen o výrobce BenQ Dolar – AU Optronics Corporation s typem SI monocrystalline. Střídač jsme zvolili jeden a to typ: SZNSYS p100TL od firmy Socomec s deklarovaným výkonem DC 103 kW a výkonem AC 100kW, kdy maximální výkon DC je 113 kW a v AC 110kVA. Systém baterii jsme zvolili VARTA flex sotrage E s výkonem 36kW a celkovou kapacitou 126 Ah. Simulovali jsme dvě verze, a to spotřeba za úplného režimu i s dodávanou energií ze sítě skrze distributora a druhou verzí, kdy byla spotřeba nastavena na přibližně 36 kWh jako omezený režim nemocnice v případě výpadku elektrické energie. Dále jsme v praktické části provedli dvě SWOT analýzy. SWOT analýza na stávající řešení, které zahrnovalo diesel-agregáty, druhá analýza byla provedena na navrhované řešení. Následně jsme obě SWOT analýzy vyhodnotili a porovnávali. Součástí práce je projekt fotovoltaické elektrárny i s aktuální finanční stránkou.

Na základě cíle práce jsme stanovily 3 hypotézy. Hypotéza č 1: Vybrané zdravotnické zařízení nemá dostatečnou zásobu pohonných hmot pro diesel-agregát. Hypotéza č 2 Předpokládáme, že FVE dokáže vytvořit spolehlivý náhradní zdroj pomocí bateriového systému v případě blackoutu. Hypotéza č 3 Předpokládáme snížení finanční náročnosti na elektrickou energii ze sítě, při vybudování FVE systému. Ty jsme na základě provedené analýzy a SWOT analýzy vyhodnotili.

Cíl i předmět diplomové práce považujeme za splněný. Za přínos práce považujeme variabilitu využití modelovaného projektu i na např. obecnou nemocnici.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

KS Krizová situace

MU Mimořádná událost

KI Kritická infrastruktura

IZS Integrovaný záchranný systém

FVE Fotovoltaická elektrárna

FV Fotovoltaika

CCS Čerpací karty

UPS Zdroj nepřerušovaného napájení

HZS Hasičský záchranný sbor České republiky

PO Požární ochrana

JPO Jednotky požární ochrany

PHM Pohonné hmoty

DA Diesel agregát

SWOT Strengths, weaknesses, oportunities, threats

ČR Česká republika

DC Direct current

AC Alternating current

P-N – PN přechod, propouští energie jedním směrem

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **Hlaváčková , Dana, a další.** *Krizová připravenost zdravotnictví* . Brno : autor neznámý, 2007. 978-80-7013-452-8.
2. **Kolektiv, autorů** . *Skripta Ochrany obyvatelstva a krizového řízení*. místo neznámé : Hasičský záchranný sbor České republiky. 978-80-86466-62-9.
3. **Šín, Robin.** *Medicína katastrof*. místo neznámé : Galen, 2018. 978-80-7492-295-4.
4. **Šenovský, Michal, Adamec, Vilém a Vaněk, Michal.** *Bezpečnostní plánování*. Ostrava : SPBI Ostrava, 2006. 80-86634-52-4.
5. **Antušák , Emil a Kopecký, Zdeněk** . *Krizový management: Úvod do teorie* . Praha : Oeconomica, 2006. 80-245-0951-2.
6. **Řehák, David, a další.** *Kritická infrastruktura elektroenergetiky* . Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství , 2013. 978-80-7385-126-2.
7. **Procházková , Dana a Říha, J.** *Krizové řízení*. Praha : MV-Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2004. 80-86640-30-2.
8. **Brehovská, Lenka.** Nouzové zásobování elektrickou energií u nemocnic. *Hasičský záchranný sbor České republiky*. [Online] Březen 2012. [Citace: 3. 3 2019.] [hAp://Cjw.uniza.sk/rks/Y"!Y/articles/clanky/brehovska.pdf..](http://Cjw.uniza.sk/rks/Y)
9. **Mastný, Petr, a další.** *Obnovitelné zdroje elektrické energie* . Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2011. 978-80-01-04937-2.
10. **Henze, Andreas a Hillebrand, Werner.** *Elektrický proud ze slunce* . Brno : Hel, 2000. 80-86167-12-7.

11. **Bříza , Martin.** Návrh fotovoltaické elektrárny . *Bakalářská práce* . Praha : autor neznámý, 2015.
12. **Messenger, Roger A. a Ventre, Jerry.** *Photovoltaic Systems Engineering*. místo neznámé : CRC Press, 2010. 978-1-4398-0292-2.
13. **Murtinger, Karel, Beranovský, Jiří a Tomeš, Milan.** *Fotovoltaika. Elektřina ze slunce*. Brno : ERA group, 2007. 978-80-7366-100-7.
14. **Truxa, Jan a Murtinger, Karel.** *Solární energie pro váš dům*. Brno : ERA group spo. s.r.o., 2005. 80-7366-029-6.
15. **Beneš, Ivan.** *Blackout: resilient power: informační příručka* . Praha : Cityplan, 2008. 978-80-254-3816-9.
16. —. Závěry z cvičení blackout 2014. 2015.
17. **HZS JmK.** Rady pro občany - Blackout . JmK : HZS JmK, 2018.
18. **Morain, Tony.** Puerto Rico gets Boost in Cold-Storage Vapacity for Vaccines . *DirectRelief*. [Online] 26. Unor 2019. <https://www.directrelief.org/2019/02/puerto-rico-to-boost-cold-storage-capacity-for-vaccines/>.
19. **Irfan, Umair.** Peurto Rico`s deadly record blackout is altmost over . *vox.com*. [Online] 3. červen 2018. <https://www.vox.com/2018/7/3/17530814/puerto-rico-power-blackout-over-hurricane-maria>.
20. **Michaud, Josh a Kates, Jennifer.** Public Health in Puerto Rico after HUrricane Maria . *kff.org* . [Online] 17. Listopad 2017. <https://www.kff.org/other/issue-brief/public-health-in-puerto-rico-after-hurricane-maria/>.

21. **Štorek, Josef.** *Krizový management krizová připravenost medicína katastrof.* Bratislava : KARTPRINT, 2015. 978-80-89553-31-0.
22. **Urbánek, Pavel.** *Krizová připravenost zdravotnických zařízení .* Brno : autor neznámý, 2014. 978-80-902488-9-2 .
23. **Úrbánek, Pavel.** *Tramatologický plán .* Brno : autor neznámý, 2014. 978-80-902488-9-2.
24. **Štětina, Jiří .** *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstí a katastrofách .* Praha : Grada, 2014. 978-80-247-4578-7.
25. **Lorenc, Miroslav.** Závěrečné práce - metodika. *Lorenc.info* . [Online] <http://lorenc.info/zaverecne-prace/metodika.htm>.
26. **Průcha a Maňák.** Projektová metoda. *Metodický portál RVP.CZ*. [Online] https://clanky.rvp.cz/wp-content/uploads/prilohy/334/priloha_3___projektove_metode.pdf.
27. **Nos, Filip.** Požáry fotovoltaických elektráren . *tzbinfo*. [Online] 16. 7 2018. <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/17636-pozary-fotovoltaickych-elektraren>.
28. **MV - generální ředitelství HZS ČR.** Bojový řád JPO - taktické postupy zásahu. *hasici-vzdelavani.cz*. [Online] <https://www.hasici-vzdelavani.cz/download/bravansky/fotovoltaika1.pdf>.
29. **Calda , Miroslav, a další.** Praktická doporučení pro bezpečnost a požární prevenci střešních FVE . *HZS ČR* . [Online] <https://www.hzscr.cz/clanek/prakticka-doporuceni-pro-bezpecnost-a-pozarni-prevenci-stresnich-fve.aspx>.
30. **Klimek, Petr;** Jak eliminovat bezpečnostní rizika FV systémů - praktické rady (II). *SolárníNovinky.cz*. [Online] 25. 5 2017.

<http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2017052307/jak-eliminovat-bezpecnostni-rizika-fotovoltaickych-systemu-prakticke-rady-ii>.

31. **Klimek, Petr.** Jak eliminovat bezpečnostní rizika FV systémů aneb co jste hasiči dělali (část I.)? *Solárninovinky.cz*. [Online] 3. 5 2017.

<http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2017050206/jak-eliminovat-bezpecnostni-rizika-fotovoltaickych-systemu-aneb-co-jste-hasici-delali-cast-i>.

32. **Lombardo, Tom.** Solar POvered Hospital. *engineering.com*. [Online] 23. červen 2013.

<https://www.engineering.com/ElectronicsDesign/ElectronicsDesignArticles/ArticleID/5883/Solar-Powered-Hospital.aspx>.

33. **neznámý.** Solar PV system improves health of hospital energy costs. *abb.com*. [Online] 3. červenec 2013.

<http://www.abb.com/cawp/seitp202/0e4bca3d5795a9f948257b260029b477.aspx>.

34. **Neznámý.** Photovoltaic-battery hybrid system at St. Luke Hospital: between sustainability and innovation. *enelgreenpower.com*. [Online] 4. Březen 2019.

<https://www.enelgreenpower.com/stories/a/2019/03/photovoltaic-battery-hybrid-system-st-luke-hospital-ethiopia>.

35. **Bechník, Bronislav .** Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů . *tzbinfo* . [Online] 23. Červen 2014. <https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>.

36. **Parkin, Robert E.** *Building-Integrated Solar Energy Systems*. NY : CRC Press, 2017. 978-1-4987-2776-1.

37. **Commission, European.** PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. *European Commission* . [Online]
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#MR.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Charakteristika proudu/napětí se závislostí na ozáření a teplotě modulu	43
Obrázek 2 využívaní FV energie za rok.....	45
Obrázek 3 graf toku energie	45
Obrázek 4 Graf kumulovaného finančního toku na 21 let.....	46
Obrázek 5 Bateriový systém - tok energie	47
Obrázek 6 využití celkové FV energie	48
Obrázek 7 Pokrytí celkové spotřeby v nouzovém režimu	48
Obrázek 8 Vývoj nákladů na elektrickou energii (růst cen 5 %)	68
Obrázek 9 Solární potenciál Česká republika	71
Obrázek 10 Solární potenciál Etiopie.....	71
Obrázek 11 Solární potenciál Rakousko	72
Obrázek 12 Solární potenciál Německo	72
Obrázek 13 Solární potenciál Norsko	73
Obrázek 14 Účinnost slunečního záření 2015-2016 (33)	74
Obrázek 15 Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci FV panelů (35)	74

11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1	Možné dopady na zdravotnické zařízení	31
Tabulka 2	Nejčastější rizika vzniklé při instalaci systémů	49
Tabulka 3	Nejčastější rizika v oblasti vady výrobků	50
Tabulka 4	Nejčastější rizika v souvislosti s návrhem systému	50
Tabulka 5	Nejčastější rizika v souvislosti s působením vnějších vlivů	51
Tabulka 6	Kladné stránky FVE	54
Tabulka 7	záporné stránky FVE	55
Tabulka 8	Seznam silných stránek AŘ	55
Tabulka 9	Hodnocení silných stránek AŘ	56
Tabulka 10	Seznam slabých stránek AŘ	56
Tabulka 11	Hodnocení slabých stránek AŘ	57
Tabulka 12	Seznam příležitostí AŘ	57
Tabulka 13	Hodnocení příležitostí AŘ	57
Tabulka 14	Seznam hrozeb AŘ	58
Tabulka 15	Hodnocení hrozeb AŘ	58
Tabulka 16	Výsledek SWOT analýzy AŘ	58
Tabulka 17	Seznam silných stránek NŘ	59
Tabulka 18	Seznam silných stránek NŘ	59
Tabulka 19	Seznam slabých stránek NŘ	60
Tabulka 20	Hodnocení slabých stránek NŘ	60
Tabulka 21	Seznam příležitostí NŘ	61
Tabulka 22	Hodnocení příležitostí NŘ	61
Tabulka 23	Seznam hrozeb NŘ	61
Tabulka 24	Hodnocení hrozeb NŘ	61
Tabulka 25	Výsledek hodnocení NŘ	62