

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií

**Využití solárních systémů v projektech rozvojové  
pomoci**

Diplomová práce

**Vedoucí práce:**  
Ing. Simona Miškolci, Ph.D.

**Autor:**  
Bc. Zuzana Zatloukalová

Brno 2015

---



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: „*Využití solárních systémů v projektech rozvojové pomoci*“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne 22. května 2015

.....  
Bc. Zuzana Zatloukalová

---

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla především velmi poděkovat své vedoucí práce paní Ing. Simoně Miškolci, Ph.D. za trpělivost, odborné vedení práce, vstřícnost při konzultacích, připomínky a cenné rady, který mi byly poskytnuty během zpracování mé diplomové práce. Také děkuji všem expertům, kteří mi věnovali svůj čas a poskytli mi cenné informace pro zpracování projektu. A v neposlední řadě děkuji své rodině za mimořádnou podporu a vytvoření příjemného zázemí během zpracování diplomové práce i celého studia.

---

## **ABSTRAKT**

Zuzana Zatloukalová: *Využití solárních systémů v projektech rozvojové pomoci*. Diplomová práce. Brno 2015.

Cílem práce je posouzení možnosti využití autonomních solárních systémů v projektech rozvojové pomoci. V první části práce je uveden literární přehled, kde jsou vymezeny základní souvislosti rozvojové pomoci, charakteristiky solárních systémů a možnosti jejich využití pro zajištění energií. Další část práce se soustředí na modelový projekt, ve kterém je zaměřena pozornost na autonomní solární systémy a vymezení kritérií pro hodnocení vhodnosti jejich využití. Použita je multikriteriální analýza s využitím expertního hodnocení kritérií. Dále je vyhodnocena ekonomická efektivnost alternativních variant solárních systémů a provedena analýza rizik. V závěru jsou diskutovány získané výsledky a navržena doporučení.

Klíčová slova: rozvoj, solární systém, energie, varianty, kritéria

## **ABSTRACT**

Zuzana Zatloukalová: *The use of solar systems in the projects of development aid*. Master's thesis. Brno 2015.

The purpose of this Master thesis is to evaluate the possibility of use of autonomous solar systems in projects of development aid. In the first part of the thesis there is a literary review which defines the basic context of development aid, the characteristics of solar systems and the possibility of use for energy security. Another part describes a model project in which the attention is focused on autonomous solar systems and defining the criteria for evaluating the appropriateness of their use. The next step is a multi-criteria analysis using expert evaluation criteria. It also evaluates the economic effectiveness of alternative variants of solar systems and risk analysis. In conclusion, the results obtained are discussed and recommendations are suggested.

Key words: development, solar system, energy, alternatives, criteria

---

## SEZNAM ZKRATEK

Ah	Ampérhodina, jednotka elektrického náboje
CF	Cash Flow, <i>Peněžní tok</i>
EPBT	Energy PayBack Time, <i>Energetická návratnost</i>
EROEI	Energy Return on Energy Invested, <i>Energetická výnosnost</i>
FVČ	Fotovoltaický článek
GHC	Ghanské Cedi, měna
GIS	Geografický informační systém
HDP	Hrubý domácí produkt
Hz	Hertz, jednotka frekvence
IRR	Internal rate of return, <i>Vnitřní výnosové procento</i>
kWh	Kilowatthodina, jednotka práce
MCA	Multi-criteria analysis, <i>Multikriteriální analýza</i>
MW	Megawatt, jednotka výkonu
NPV	Net present value, <i>Čistá současná hodnota</i>
OSN	Organizace spojených národů
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System, <i>Fotovoltaický geografický informační systém</i>
V	Volt, jednotka elektrického napětí
WCED	World Commission on Environment and Development, <i>Světová komise pro životní prostředí a rozvoj</i>

---

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	9
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	11
<b>3</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	12
3.1	Definice procesu rozvoje.....	12
3.2	Rozvojové projekty a způsoby jejich hodnocení .....	13
3.3	Základní vymezení pojmu fotovoltaika .....	16
3.4	Definice solárních panelů.....	16
3.5	Solární energie a životní podmínky .....	17
3.6	Environmentální dopady fotovoltaiky.....	18
3.7	Solární energie .....	19
3.7.1	Hlavní faktory ovlivňující podmínky pro stavbu solárních zařízení .....	19
3.7.2	Solární podmínky.....	19
3.7.3	Geomorfologické podmínky .....	20
3.8	Výhody a nevýhody solárních (fotovoltaických) systémů.....	21
3.9	Rozdělení fotovoltaických systémů z hlediska připojení k rozvodné síti.....	22
3.9.1	Systémy připojené k síti (On-grid) .....	22
3.9.2	Ostrovní (samostatné) systémy (Off-grid).....	23
<b>4</b>	<b>METODIKA PRÁCE</b> .....	26
4.1	Metodika MCA (multikriteriální analýzy) alternativních variant autonomních solárních systémů v projektech rozvojové pomoci.....	27
4.1.1	Technická kritéria .....	28
4.1.2	Ekonomická kritéria.....	29
4.1.3	Sociální kritéria.....	32
4.1.4	Environmentální kritéria .....	32

---

4.1.5	Udržitelná kritéria .....	33
4.2	Metodický postup zpracování modelového projektu .....	34
<b>5</b>	<b>VLASTNÍ PRÁCE .....</b>	<b>38</b>
5.1	Charakteristika Ghanské republiky .....	38
5.2	Problémová analýza .....	39
5.3	Návrh projektu .....	42
5.4	Cílová skupina.....	43
5.5	Multikriteriální analýza.....	45
5.5.1	Zpracování kritérií .....	45
5.5.2	Srovnání variant podle hodnotících kritérií .....	52
5.6	SWOT analýza .....	55
5.7	Analýza rizik .....	56
5.8	Finanční analýza projektu .....	59
5.8.1	Cash flow navrhovaných variant .....	63
5.8.2	Ukazatele efektivnosti investice .....	65
<b>6</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ.....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>77</b>
	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>78</b>

---



## 1 ÚVOD

Žijeme ve 21. století, v globálním světě, kde můžeme veškeré jeho nabídky a přednosti využívat, ale mnoha dalším důležitým aspektům se také musíme umět přizpůsobit. Je v našem i veřejném zájmu, aby se kvalita životního prostředí, ve kterém žijeme, více nezhoršovala. Z tohoto důvodu se tato problematika dotýká spousty oborů. Kvalitní životní prostředí je základním principem trvale udržitelného rozvoje, je předpokladem zdraví lidí a přispívá ke zkvalitnění života i pracovních podmínek obyvatel. Podporuje konkurenceschopnost a hospodářský růst země.

Současným problémem je využívání neobnovitelných zdrojů a to zejména fosilních paliv, které zatěžují životní prostředí. Velkou snahou zůstává od užívání fosilních paliv ustupovat, snižovat jejich závislost a efektivně je nahrazovat obnovitelnými zdroji. Jako jeden z efektivních způsobů tak vzniká strategie využívání obnovitelných zdrojů energie, a také to, jak zabránit dlouhodobému zhoršování životního prostředí a tím i posilování energetické soběstačnosti. Mezi obnovitelné zdroje energie řadíme například energii vody, spalování biomasy, energie větru, geotermální energie, energie příboje a odlivu oceánů a také energie slunečního záření.

Fotovoltaická technologie hraje významnou roli v energetickém hospodářství, představuje totiž vysoce perspektivní obnovitelný zdroj energie. Tato energie se na Zemi dostává ve formě záření, které lze využívat k výrobě elektrické energie. Tyto systémy lze navíc využít i na těžce dostupných místech, např. na odlehlejších místech chalup, horských oblastí aj. Dnešní technologie také dokáže fotovoltaické panely přizpůsobit potřebám budovy.

Spotřeba elektrické energie se zvyšuje společně s růstem populace. Tradiční zdroje energie mají omezené zásoby, a proto se zraky odborníků upínají k obnovitelným zdrojům. Využití energie ze slunečního záření pro nás představuje zajímavou alternativu. Je k dispozici téměř kdekoli, provoz fotovoltaických zařízení je tichý, ekologický a nenáročný. Získávání energie ze Slunce patří k nejšetrnějším a nejčistším způsobům výroby elektrické energie. Zároveň ale někteří odborníci namítají, že je tato technologie příliš drahá a nemůže představovat konkurenci jiným obnovitelným zdrojům energie.

Nicméně těchto názorů postupně ubývá, neboť se náklady na výrobu fotovoltaických článků neustále snižují. Dalším pozitivním faktorem fotovoltaiky je fakt, že se jedná o takový zdroj energie, u něhož v blízké budoucnosti nehrozí jeho akutní nedostatek.

Mít vlastní zdroj vody a dostatek elektrické energie je přinejmenším strategické a moudré. V dnešní době už k využívání fotovoltaiky nevede jen její ekonomická výhodnost, ale také čím dál důležitější vlastní energetická bezpečnost a soběstačnost. Jedna z možností jak se k energetické nezávislosti přiblížit, jsou hybridní fotovoltaické elektrárny nebo ostrovní solární systémy.

Jednou z diskutovaných oblastí je využití solárních systémů v projektech rozvojové pomoci. V současnosti se spotřeba energie ve všech částech světa stále zvyšuje. Rozvoj spotřeby a její podpora jsou dány dnešní orientací společnosti. Energie umožňuje přežití, i plýtvání. Úkolem rozvojové spolupráce není naplnit všechny hypotetické možnosti (našeho) rozmařilého plýtvání energií podněcovaného stále rostoucí spotřebou zboží a služeb, ale zabezpečit takovou spotřebu energie, která by usnadnila život především v rozvojových zemích, snížila míru práce dětí a žen a přispěla k udržitelnému životu. Rozvojová pomoc je cílena na udržitelná řešení. Zaměříme se na jednu z rozvojových zemí – Ghanu. Ghana generuje většinu energie z vodních a tepelných zdrojů. Rovněž se opírá o určité úrovně dovozu ze sousedního Pobřeží slonoviny. Doplnuje tak nabídku energie a to zejména v největším provozu během dne. V některých oblastech Ghany, a to zejména venkovského typu není možnost žádného připojení elektřiny. Neexistují zde žádné elektrické rozvody a komunity, které v těchto oblastech žijí, jsou od elektrické energie zcela izolovány.

Při vytváření modelového projektu zaměřujícího se na podporu rozvojových oblastí je nutné respektovat specifické podmínky těchto oblastí. Jako jedna z variant jak v této rozvojové zemi, speciálně v rurální oblasti, nastolit energetickou soběstačnost je využití výhod autonomních solárních systémů.

Tato diplomová práce se zaměřuje na posouzení možnosti využití autonomních solárních panelů produkujících energii ze slunce. Slouží jako modelový projekt a analyzuje, jaký samostatný (off-grid) systém je pro tento modelový projekt nejlepší variantou.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je posoudit možnosti využití autonomních solárních systémů v projektech rozvojové pomoci.

Pro realizaci cíle byly vymezeny následující dílčí cíle:

- S využitím studia odborné literatury a relevantních zdrojů informací vymezit základní souvislosti realizace rozvojové pomoci, charakteristiky solárních systémů a možnosti jejich využití pro zajištění energií v projektech rozvojové pomoci. Pozornost bude soustředěna na autonomní (off-grid) solární systémy a vymezení kritérií pro hodnocení vhodnosti jejich využití v modelovém rozvojovém projektu.
- Výběr a komparace vhodných variant autonomních solárních systémů v modelovém projektu metodou multikriteriální analýzy s využitím expertního hodnocení kritérií.
- Vyhodnocení ekonomické efektivnosti alternativních variant solárních systémů v modelovém projektu a analýza rizik projektu.

## 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Definice procesu rozvoje

Proces rozvoje země můžeme definovat jako veškeré pozitivně hodnocené změny, které jsou podmíněné efektivním využíváním zdrojů. Stupeň rozvoje dané společnosti, tedy i fakt, do jaké míry je země bohatá či chudá, může být měřen podle různých ukazatelů.<sup>1</sup>

Lze najít mnoho literatury, která se zabývá definicí rozvoje. Většina autorů však vyzdvihuje pojetí rozvoje z pohledu ekonoma Amartya Sena, který klade důraz především na lidské schopnosti. Dle jeho pojetí lze lidský rozvoj chápat jako proces rozšiřování možností lidí. Tyto možnosti mohou být neomezené a mohou se měnit v čase. Tato teorie byla již několikrát formulována a také doplňována novými poznatky.<sup>2</sup>

*Každý proces rozvoje musí mít alespoň tři cíle:*

- Zvýšení dostupnosti a rozšíření distribuce základních podmínek pro život, za které považujeme potraviny, přístřeší, zdravotní péči a ochranu obyvatelstva.
- Zvýšení úrovně života, včetně vyšších příjmů, více pracovních pozic, lepší vzdělání a také významnější důraz na kulturní a lidské hodnoty, které budou sloužit ke zlepšení materiálního blahobytu, ale také k lepší individuální i národní sebeúctě.
- Rozšíření rozsahu ekonomických a sociálních možností dostupných jak pro jednotlivce, tak i pro národy prostřednictvím osvobození od závislosti na vztahu s dalšími lidmi a národy.<sup>3</sup>

Tyto tři základní cíle by měly být dále doplněny specifickými cíli, které jsou charakteristické pro různé rozvojové oblasti. Avšak je důležité zmínit, že v průběhu let

---

<sup>1</sup> TODARO, Michael P. a Stephen C. SMITH. *Economic development*. 10. vyd. Boston: Addison Wesley, 2009, xxvii, 829 s. ISBN 0-201-77051-2.

<sup>2</sup> SEN, AMARTYA: *Development as Freedom*. Oxford: Oxford University Press. 1999. 384 s. ISBN 0192893300.

<sup>3</sup> TODARO, Michael P. a Stephen C. SMITH. *Economic development*. 10. vyd. Boston: Addison Wesley, 2009, xxvii, 829 s. ISBN 0-201-77051-2.

se cíle rozvojového procesu měnily. Od spojení s ekonomickým růstem, které bylo způsobeno sledováním procesu rozvoje již rozvinutých zemí a jeho aplikování na země rozvojové, se později pojetí rozvoje přesouvá na nový, kvalitativní směr, který má podobu konceptu udržitelnosti. Ke vzniku tohoto konceptu vedly rostoucí obavy o životním prostředí, které je velmi ovlivňováno rychlým hospodářským růstem a zintenzivněním zemědělství a průmyslu.<sup>4</sup>

Existuje mnoho definic, které vystihují důležitost udržitelného rozvoje. Základní aspekt udržitelného rozvoje asi nejlépe vystihuje definice ze Zprávy pro Světovou komisi OSN pro životní prostředí a rozvoj (WCED) nazvané Naše společná budoucnost, kterou v roce 1987 předložila její tehdejší předsedkyně Gro Harlem Brundtlandová. Udržitelný rozvoj je takový způsob rozvoje, který uspokojuje potřeby přítomnosti, aniž by oslaboval možnosti budoucích generací naplňovat jejich vlastní potřeby.<sup>5</sup>

### **3.2 Rozvojové projekty a způsoby jejich hodnocení**

Rozvojová spolupráce je nejčastěji spojována s rozvojovými projekty. Tyto projekty se pak mohou lišit svoji podobou, rozsahem, a to od malých projektů na úrovni místních komunit až po velké projekty zaměřené na budování infrastruktury. Vždy by však měla být zachována podmínka, že tyto projekty jsou vytvářeny a realizovány na základě skutečných potřeb rozvojových zemí a jejich obyvatel.

Na světě existují desítky měřítek pro výběr kvalitního projektu. Tato měřítka jsou v zásadě vždy závislá na kritériích stanovených tím, kdo konkrétní pomoc v rozvojovém světě financuje. V průběhu uplynulých desetiletí se vyvinul určitý společný postoj mezi jednotlivými poskytovateli pomoci, který udává hlavní zásady realizace

---

<sup>4</sup> EXNEROVÁ, Věra. *Globální problémy a rozvojová spolupráce: témata, o která se lidé zajímají*. Praha: Člověk v tísni, společnost při ČT, 2005, 255 s. ISBN 80-869-6100-1.

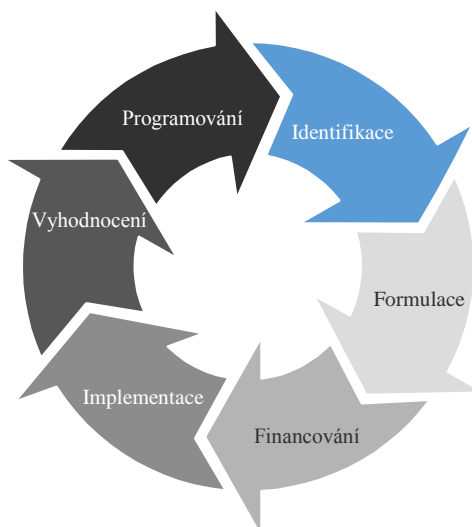
<sup>5</sup> Resort životního prostředí: Udržitelný rozvoj. *Cenia, česká informační agentura životního prostředí* [online]. 2008 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <[http://www.cenia.cz/\\_C12571B20041E945.nsf/\\$pid/MZPMSFHV0HSB](http://www.cenia.cz/_C12571B20041E945.nsf/$pid/MZPMSFHV0HSB)>.

rozvojové spolupráce a projektů.<sup>6</sup> Mezi tyto zásady je zcela nezbytné jmenovat především tři základní, kterými jsou:

- Partnerství – úzká spolupráce s místními subjekty (vláda, místní soukromý i neziskový sektor, lokální komunity).
- Systémovost – projekt zasazený do konkrétních potřeb a priorit dané země, řešící problémy, které i místní lidé a úřady považují za důležité.
- Dlouhodobá udržitelnost – snaha o zajištění trvalé udržitelnosti dopadů daného projektu, ale i to, aby i po skončení projektu měly jeho konkrétní výsledky vliv na situaci na místě a byly dlouhodobě využitelné.<sup>7</sup>

Ve snaze o co největší efektivitu rozvojové spolupráce využívají v podstatě všechny západní dárcovské vlády i jednotlivé organizace tzv. projektového cyklu. Projektový cyklus umožňuje transparentnost a předvídatelnost rozvojových programů a projektů pro všechny zúčastněné aktéry daných opatření. Projektový cyklus zahrnuje fáze programování, identifikace, formulace, financování, implementace a evaluace.

**Obrázek 1** - Schéma projektového cyklu



Zdroj: *Vlastní zpracování*

<sup>6</sup> STOJANOV, Robert a kol. Humanitární pomoc a rozvojová spolupráce. *Rozvojovka* [online]. 2008 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.rozvojovka.cz/rozvojova-spoluprace/humanitarni-pomoc-a-rozvojova-spoluprace>>.

<sup>7</sup> EXNEROVÁ, Věra. *Globální problémy a rozvojová spolupráce: témata, o která se lidé zajímají*. Praha: Člověk v tísni, společnost při ČT, 2005, 255 s. ISBN 80-869-6100-1.

V případě rozvojového projektu lze na základě teorie projektového cyklu vymežit konkrétní kroky při tvorbě rozvojového projektu viz obrázek 1.

- Programování – definuje hlavní cíle a sektorové priority spolupráce a jako takové je základním rámcem pro projekty v rozvojových zemích.
- Identifikace - vstupní formulace idejí projektu v termínech cíle, výsledků a aktivit projektu.
- Formulace - všechny detaily projektu jsou specifikovány na bázi proveditelnosti a posuzovány vzhledem k opatření a politikám. Nutná je analýza zainteresovaných skupin a rizik projektu, následuje tvorba logického rámce projektu.
- Financování - zahrnuje sestavení pracovního týmu, pracovního plánu (harmonogramu) a rozpočtů.
- Implementace - je vlastní realizace projektu. Příjemce pomoci se při realizaci řídí obsahem smlouvy s poskytovatelem a pravidly pro příjemce pomoci.
- Vyhodnocení - představuje nejenom administrativní uzavření projektu, ale i vypracování závěrečné a hodnotící zprávy a sledování provozu a užívání výstupů.<sup>8</sup>

Stěžejní částí projektu je evaluace, tedy hodnocení projektu. Na rozdíl od monitoringu není důraz kladen tolik na jednotlivé aktivity a výstupy, ale spíše na dopady a přínosy rozvojových intervencí. Informace získané v průběhu evaluace slouží ke zlepšení realizace rozvojové spolupráce v budoucnu, a to jak uplatněním získaných informací ve fázi programování, tak ve fázi identifikace a formulace.

Kromě evaluace realizované po ukončení rozvojových intervencí (ex post), jsou prováděny i průběžné evaluace a také evaluace ex ante, které slouží i k případné modifikaci realizovaných nebo plánovaných rozvojových intervencí.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA. 2., aktualiz. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2012, 526 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4275-5.

<sup>9</sup> ROSSI, Peter H, Mark W LIPSEY a Howard E FREEMAN. *Evaluation: a systematic approach.* 7 vyd. Thousand Oaks, CA: Sage, 2004, 470 s. ISBN 07-619-0894-3.

### 3.3 Základní vymezení pojmu fotovoltaika

Fotovoltaiku lze chápat jako technologii s neomezeným růstovým potenciálem a časově neomezenou možností výroby elektrické energie. Nejedná se však pouze o zajímavou technologii, ale také o vyspělé (hi-tech) průmyslové odvětví, které ve světě zažívá neobvyklý rozvoj a pozitivně ovlivňuje např. jak obchodní aktivity, tak také zaměstnanost nebo kvalifikaci vědeckých pracovníků. Tuto skutečnost pochopily již mnohé vyspělé země světa včetně zemí Evropské unie, která se snaží fotovoltaiku podporovat a v delším časovém horizontu jí přisuzuje nezastupitelné místo v energetickém „mixu“. Tento aspekt nabývá na významu zejména vzhledem k narůstající energetické závislosti mnohých zemí, hrozící energetické krizi, ekologickým a bezpečnostním otázkám klasických způsobů výroby energie a dalším negativním aspektům současné i budoucí energetiky. V tomto kontextu lze tedy fotovoltaiku po odstranění některých překážek, zejména ekonomických, vnímat jako jedno z dostupných řešení, jako univerzálně použitelný energetický zdroj, tedy jako technologii, která jde ruku v ruce s trvale udržitelným rozvojem, jako technologii budoucnosti.<sup>10</sup>

### 3.4 Definice solárních panelů

Solární panel je soubor solárních fotovoltaických modulů elektricky připojených a upevněných na nosné konstrukci. Panel musí zajistit hermetické zapouzdření solárních článků, musí zajišťovat dostatečnou mechanickou a klimatickou odolnost (např. vůči silnému větru, krupobití, mrazu apod.). Konstrukce solárních panelů jsou značně rozmanité podle druhu použití. Obvykle jsou po obvodu FV panely opatřeny duralovými rámy pro zpevnění celé konstrukce fotovoltaického panelu a zároveň k usnadnění realizace uchycení panelů ke konstrukci FV systému. Přední krycí materiál je speciální kalené sklo, které odolává i silnému krupobití.<sup>11</sup>

Solární modul může být použit jako součást většího fotovoltaického systému pro generování a dodávku elektrické energie v komerčních a obytných celcích. Jeden

---

<sup>10</sup> Fotovoltaika. *Czech RE Agency* [online]. 2007 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>>.

<sup>11</sup> Fotovoltaika. *Czech RE Agency* [online]. 2007 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>>.



solární modul může produkovat pouze omezené množství energie, z toho důvodu většina instalací obsahuje více modulů. Fotovoltaický systém obvykle obsahuje panel nebo pole solárních modulů, měniče, někdy i baterii a zapojení propojení.<sup>12</sup>

### 3.5 Solární energie a životní podmínky

Fotovoltaické systémy neprodukují žádné odpady ani emise při výrobě elektřiny. Nejdříve je však třeba je vyrobit a nainstalovat a na konci životnosti opět demontovat a zpracovat. Při všech těchto procesech se spotřebovávají materiály a energie. Důležitá je proto energetická návratnost (EPBT - Energy PayBack Time) - doba, za kterou systém vrátí energii, která byla investována do jeho výroby na začátku jeho životního cyklu, včetně těžby i zpracování materiálů a surovin. Dalším parametrem umožňujícím porovnávání zdrojů energie je energetická výnosnost (EROEI - Energy Return on Energy Invested, též EROI) - poměr získané energie k energii vložené. Z ekonomického hlediska jsou rozhodující investiční náklady systému. Ty jsou dosud vysoké, rychle však klesají. Na jejich pokles má vliv zejména růst účinnosti článků, očekávaný pokles ceny křemíku v souvislosti s novými výrobními kapacitami a používání tenčích desek. Výrazně se na poklesu ceny projevuje růst objemu výroby podporovaný výkupními cenami.<sup>13</sup>

Solární energie, tedy zářivé světlo a teplo ze slunce, je využita pomocí řady stále se rozvíjející technologie, jako jsou solární vytápění, solární fotovoltaické panely, solární tepelná energie, solární architektury a umělé fotosyntézy.<sup>14</sup> Solární technologie jsou obecně charakterizovány buď jako pasivní nebo aktivní v závislosti na způsobu, jakým chceme zachytit, konvertovat a distribuovat solární energii. Aktivní solární techniky zahrnují použití fotovoltaických panelů a solárních tepelných kolektorů.

---

<sup>12</sup> The Hindu. *Improving the efficiency of solar panels* [online]. 2013 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.thehindu.com/sci-tech/science/improving-the-efficiency-of-solar-panels/article5265330.ece>>.

<sup>13</sup> ALSEMA, Erik, Mariska de WILD-SCHOLTEN, Sudhanshu Sekhar PANDA, a J. K. RATH. *Reduction of Environmental Impacts in Crystalline Silicon Photovoltaic Technology: An Analysis of Driving Forces and Opportunities*. ISBN 10.1007/978-94-010-0632-3\_10.

Progress, slice by slice. While the thin-film sector has been able to announce ever greater capacities, increasingly efficient technologies might also be established in wafer production for standard crystalline silicon solar cells in: *Sun & Wind Energy* 6/2008, pp. 132-142

<sup>14</sup> BALCOMB, J. *Passive solar buildings*. Cambridge, Mass.: MIT Press, c1992, viii, 534 p. ISBN 02-620-2341-5.

K pasivním solárním technikám patří orientace budovy ke Slunci, výběr materiálu s účinkem tepelné hmoty, světlo disperzní vlastnosti a navrhování prostor, kde je přirozená cirkulace vzduchu.<sup>15</sup>

Jeden ze čtyř faktorů určování ekonomické výkonnosti fotovoltaického systému je solární energie, která přijede na povrch Země. I když celkové množství této zdrojem energie zdaleka přesahuje lidské potřeby, jejich využívání je určeno znalostí zeměpisné variability a časové dynamiky. Geografická analýza dostupnosti primárního zdroje solární energie může zlepšit naše chápání potenciálního fotovoltaického podílu na budoucí energetické a ekonomické struktury, a tím přispět k vytvoření účinné politiky.<sup>16</sup>

### **3.6 Environmentální dopady fotovoltaiky**

Fotovoltaika je vnímána jako technologie šetrná k životnímu prostředí a i z obchodního hlediska se výrobci snaží o toto pojetí posilovat. V případě obnovitelných zdrojů se jedná o zvlášť důležitý aspekt. Sledování environmentálních dopadů je proto třeba věnovat odpovídající pozornost.<sup>17</sup>

Environmentální dopady je možno z hlediska jejich vzniku rozdělit na přímé a nepřímé. První, přímé dopady jsou vázány přímo s konkrétním výrobním procesem. Jsou mezi ně považovány například zábory půdy, emise z těžby primárních surovin, spotřeba vody ve výrobě, emise chemických látek a další. Nepřímé dopady pak souvisí především s emisemi z výroby spotřebované elektřiny a z dopravy. Z hlediska trvalé udržitelnosti

---

<sup>15</sup> SCHEER, Hermann. *The solar economy: renewable energy for a sustainable global future*. Sterling, VA: Earthscan, 2002, xx, 347 p. ISBN 18-538-3835-7.

<sup>16</sup> ŠŮRI, Marcel, HULD, Thomas A., D. DUNLOP, Ewan a OSSENBRINK, Heinz A. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. In: *Elsevier: Science Direct* [online]. 2007 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <[http://web.mit.edu/cron/project/urban-sustainability/Old%20files%20from%20summer%202009/Bjorn/solar/Potential%20of%20solar%20electricity%20generation\\_EU.pdf](http://web.mit.edu/cron/project/urban-sustainability/Old%20files%20from%20summer%202009/Bjorn/solar/Potential%20of%20solar%20electricity%20generation_EU.pdf)>.

<sup>17</sup> ALSEMA, Erik a Mariska J de WILD. *Environmental Impact of Crystalline Silicon Photovoltaic Module Production*. ISBN 10.1557/proc-0895-g03-05.

je významná rovněž rychlost čerpání surovinových zdrojů pro vyhodnocení jejich dostupnosti v budoucnosti.<sup>18</sup>

## **3.7 Solární energie**

### **3.7.1 Hlavní faktory ovlivňující podmínky pro stavbu solárních zařízení**

Pro výstavbu fotovoltaické elektrárny je důležité hodnotit dva hlavní přírodní faktory, kterými jsou zejména solární podmínky v dané lokalitě a dále geomorfologické charakteristiky určitého místa. Zmíněný první faktor určuje, kolik sluneční energie dopadá na určitou plochu. Druhý faktor je využitelný pro optimalizaci maximálního využití slunečního záření fotovoltaickými elektrárnami.

Další faktory, které ovlivňují výstavbu solárních zařízení v dané oblasti:

- Zeměpisná šířka
- Roční doba
- Oblačnost a lokální podmínky
- Sklon plochy, na niž záření dopadá
- Orientace kolektoru

Ideálním místem pro využití této energie jsou oblasti s dlouhým slunečním svitem a s vyšší nadmořskou výškou.<sup>19</sup>

### **3.7.2 Solární podmínky**

Celkový roční úhrn globálního slunečního záření v daném místě je významným činitelem formujícím klimatické podmínky, ale zároveň různým způsobem ovlivňuje technologie spojené s lidskou činností.

Hlavními činiteli ovlivňující úhrn globálního slunečního záření jsou faktory astronomické, geografické či tzv. faktory geometrické. Důležitým činitelem ovlivňujícím

---

<sup>18</sup> BECHNÍK, Bronislav, Radim BAŘINKA a Pavel ČECH. Analýza životního cyklu fotovoltaických systémů. CZREA [online]. 2007 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.czrea.org/files/pdf/BechnikBarinkaCech.pdf>>.

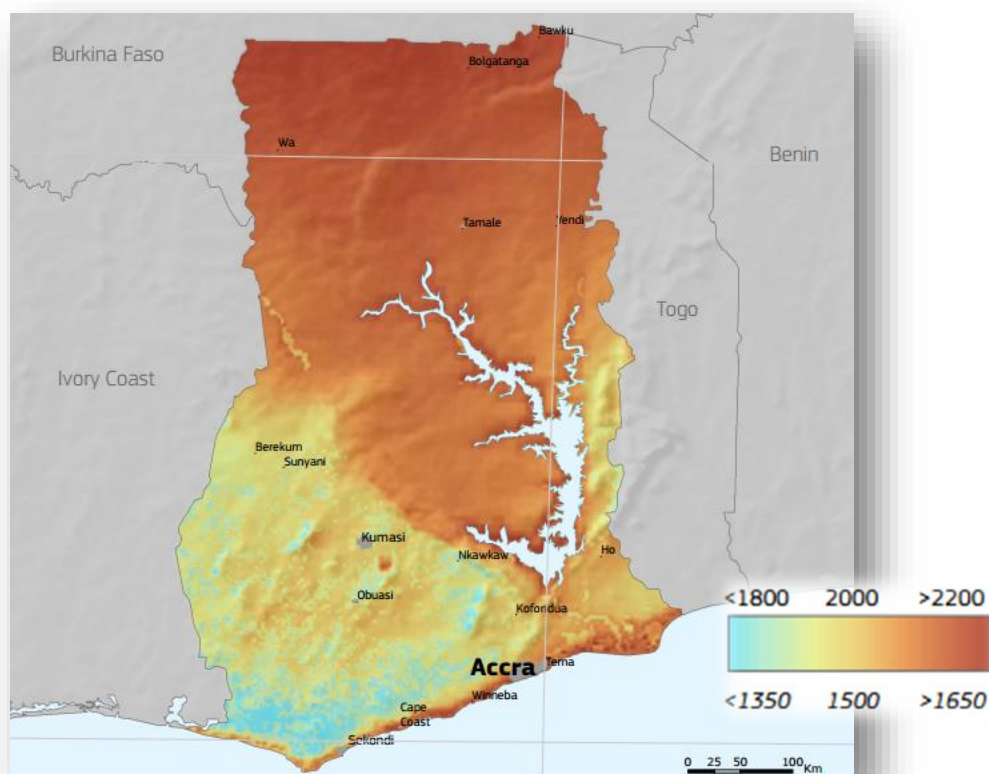
<sup>19</sup> Fotovoltaika.vialoca.com [online]. 2009 [cit. 2015-03-02]. Podmínky - Fotovoltaika. Dostupné z WWW: <<http://fotovoltaika.vialoca.com/fotovoltaika-vcr/podminky.html>>.

celkový roční úhrn globálního slunečního záření jsou také fyzikální a meteorologické faktory.<sup>20</sup>

### 3.7.3 Geomorfologické podmínky

Při plánování výstavby např. fotovoltaické elektrárny je nutné zabývat se také geomorfologickou charakteristikou území, do které patří především orientace ke světovým stranám, sklon určité plochy vůči vodorovné rovině, její velikost a členitost. Všechny tyto údaje je možné zjistit buď prohlídkou vybraných území, nebo použitím výstupů GIS aplikací, které umožňují další zúžení výběru podle stanovených parametrů.

**Obrázek 2** – Potenciál globálního záření a solární energie na území Ghany



Zdroj: Photovoltaic geographical information system

<sup>20</sup> SKEIKER, Kamal. Correlation of global solar radiation with common geographical and meteorological parameters for Damascus, Syria. *Energy Conversion and Management*, 2006. vol. 47, p. 331-345. ISBN 10.1016/j.enconman.2005.04.012.

V první řadě je nutné hledat plochy orientované jižním směrem. Další podmínkou pro co nejlepší účinnost systémů je sklon pozemku vůči vodorovné rovině. Poslední podmínkou pro vhodnost určitého území ke stavbě je členitost území. Je nutné najít konkrétní místo, které je co možná nejméně členité.

### 3.8 Výhody a nevýhody solárních (fotovoltaických) systémů

Mezi obnovitelnými zdroji energie zaujímá zvláštní postavení takzvané „přímé“ využití sluneční energie, tj. například ohřev vody, přitápění pomocí solárních kolektorů či výroba elektřiny fotovoltaickými panely. Sluneční energie je totiž jediný obnovitelný zdroj, který má dostatečný potenciál na dlouhodobé pokrytí energetických potřeb lidstva bez negativních vedlejších následků. Na většinu domů dopadne za rok ze slunce více energie, než kolik činí jejich roční spotřeba tepla a elektřiny. Je to také jediný zdroj, který je dostupný všude (snad s výjimkou polárních oblastí).

Sluneční energie jakožto nevyčerpatelný zdroj energie a její využití má zaručeně mnoho nesporných výhod. Je ovšem nutné zmínit i některé nevýhody tohoto využití.

**Tabulka 1** - Výhody a nevýhody solárních systémů

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slunce je v lidském měřítku nevyčerpatelným zdrojem energie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Závislost na klimatických podmínkách</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízké provozní náklady, neboť sluneční energie je zdarma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poměrně vysoká počáteční finanční investice</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenáročná obsluha, snadná údržba i správa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riziko poškození a krádeže</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dlouhá životnost zařízení. Ta je obvykle garantována na 15-20 let. Po uplynutí této doby dochází k postupnému snižování účinnosti, přičemž zařízení vydrží funkční až 50 let.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jelikož přísun slunečního záření během roku kolísá, nelze tento zdroj využít jako samostatný zdroj tepla. Pro celoroční využití je třeba použít doplňkový zdroj energie, který bude pokrývat zvýšenou potřebu v době, kdy je slunečního záření nedostatek.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyrobená energie ze slunečního záření může nahradit 20–50 % potřeby tepla k vytápění a 50–70 % potřeby tepla k ohřevu vody v domácnosti.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100% využití energie ze slunečních paprsků není prozatím možné</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Úspora fosilních paliv, jejichž spalováním se vší pravděpodobností nejen přispíváme k oteplování planety, ale i znečišťujeme přírodu emisemi SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, prachových částic.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Při instalaci solární soustavy do stávajícího objektu jsou nutné jeho úpravy (zateplení, úprava topné soustavy, změna doplňkového zdroje)</li> </ul>

• Šetrnost k životnímu prostředí	
• Bezhlukový provoz	
• Prakticky bezporuchová technologie	
• Lze instalovat v optimální poloze a sklonu	
• Neustálý vývoj v oboru	

*Zdroj: solární energie.info a chytré bydlení.cz*

Fotovoltaické systémy integrované do budov mají na rozdíl od instalací "na zelené louce" některé výhody, zejména z hlediska záboru půdy. Není nutno budovat přípojku k síti, vyrobená elektřina se spotřebuje v bezprostřední blízkosti, panely jsou méně přístupné zlodějům a vandalům. Nevýhodami integrace do budovy je pak někdy nevhodná orientace domu a často nutnost zásahů do střešní či jiné konstrukce.<sup>21</sup>

### **3.9 Rozdělení fotovoltaických systémů z hlediska připojení k rozvodné síti**

#### **3.9.1 Systémy připojené k síti (On-grid)**

Obvykle se setkáváme s českým výrazem „síťový systém“, v angličtině pak on-grid. Systém je vhodný a použitelný pouze pro místa, kde je možnost připojení na elektrickou síť. Do této sítě se přivádí solární proud. Přívod do střídavé sítě lze rozlišovat dvěma způsoby. Všechn vyrobený solární proud se přímo převádí do veřejné elektrické sítě, nebo se vyrobený proud nejprve spotřebovává v objektu, kde je systém instalován prostřednictvím domácí rozvodné sítě, a pouze v případě přebytku energie probíhá napájení do elektrické veřejné sítě.

Nezbytnou součástí systému je střídač, který přeměňuje stejnosměrný proud z FVČ na střídavý. Systémy fungují zcela automaticky díky mikroprocesorovému řízení. Takový systém nalezneme např. na střeše budovy. Veškerá produkce je obvykle prodávána do sítě a budova si odebírá elektřinu pro vlastní potřebu. Systémy on-grid

---

<sup>21</sup> TZB info. 2010. Kompletní regenerace panelových domů z pohledu snižování spotřeby energie a zlepšení kvality bydlení [online]. [cit. 2015-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/6248-kompletni-regenerace-panelovych-domu-z-pohledu-snizovani-spotreby-energie-a-zlepseni-kvality-bydleni>>.

jsou nejrozšířenější v Německu, Japonsku, Spojených státech a ve Španělsku. Nachází se ale i u nás, v České republice.<sup>22</sup>

### 3.9.2 Ostrovní (samostatné) systémy (Off-grid)

Ostrovní systémy se používají především v místech bez rozvodné sítě. Dále jsou aplikovatelné na místech, kde není účelné nebo je nemožné vybudovat elektrickou přípojku. Síť tedy není připojena k hlavnímu nebo národnímu přenosu soustavy elektřiny. Používá se na místě, kde je potřeba střídavého napětí 230 V. Tyto domy jsou autonomní, nespolehají se tedy na obecní vodovod, kanalizaci, zemní plyn, elektrické rozvodné sítě nebo podobné prospěšné služby. Off-grid dům je schopen zcela fungovat nezávisle na všech tradičních veřejně prospěšných službách. Z tohoto důvodu je off-grid systém ideální variantou pro výstavbu v rozvojových zemích, kde není dostatek energie v rurálních oblastech.<sup>23</sup>

Důvody zavedení ostrovního systému jsou zejména ekonomické. To znamená, že náklady na vybudování přípojky jsou srovnatelné (nebo vyšší) s náklady na fotovoltaický systém (vzdálenost k rozvodné síti je více než 500 – 1000 m). Především se jedná o odlehlé objekty, jakými jsou např. chaty, karavany, jachty, napájení dopravní signalizace a telekomunikačních zařízení, zahradní svítidla, světelné reklamy apod.

Tento typ elektrifikace je jednoduchým přístupem k získání elektrické energie používané v zemích a oblastech s malým přístupem k elektřině, např. vzdálená populace. Termín „ostrovní systém“ může odkazovat na bydlení soběstačným způsobem bez spoléhání se na jednu nebo více veřejných služeb.<sup>24</sup>

Off-grid systémy se dále dělí na systémy s přímým napájením, hybridními systémy a systémy s akumulací elektrické energie.

---

<sup>22</sup> Vysvětlení pojmu - on-grid systém. *Liglass solar* [online]. 2009 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.solar-liglass.cz/fotovoltaicke-dotazy-a-odpovedi/94-on-grid-fotovoltaika-fotovoltaicky-panel.html>>.

<sup>23</sup> MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. *Fotovoltaika, elektřina ze slunce*. 1. vyd. Brno: ERA, 2007, vii, 81 s. ISBN 978-80-7366-100-7.

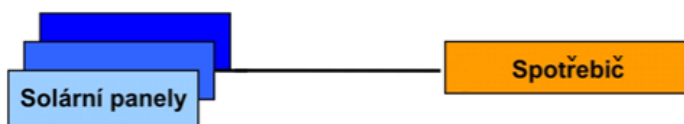
<sup>24</sup> Wholesale solar. *Off-grid system* [online]. 2013 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.wholesalesolar.com/StartHere/OFFGRID/>>.

### *Off-grid systémy s přímým napájením*

U systémů s přímým napájením se jedná o jednoduché propojení solárního panelu, spotřebiče, kdy spotřebič funguje pouze v době dostatečné intenzity slunečního záření (nabíjení akumulátorů malých přístrojů, čerpání vody pro závlahu, napájení ventilátorů k odvětrávání uzavřených prostor atd.).

Tato varianta je dnes na trhu běžně používaná pro svoji jednoduchost. Hlavní nevýhodou je, že neumožňuje získání více energie ze solárních panelů jak je tomu u dalších variant. Od okamžiku nahřátí bojleru zůstává energie na panelech nevyužita. Z investičního hlediska je však tato varianta tou nejlepší variantou.

### **Obrázek 3 - Off-grid systém s přímým napájením**



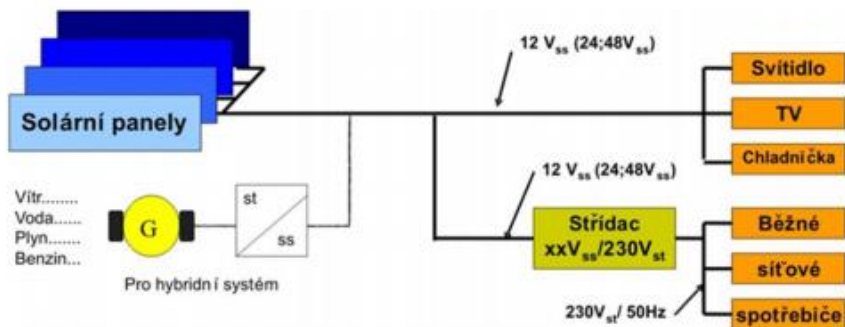
*Zdroj: Czech RE Agency*

### *Off-grid hybridní systémy*

Tyto systémy se používají na místech, kde je nutný celoroční provoz se značným vytížením. V zimních měsících je možné získat z fotovoltaického zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Z tohoto důvodu je nutné tyto systémy navrhovat i na zimní provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatné zvýšení pořizovacích nákladů. Z těchto důvodů jsou fotovoltaické systémy doplňovány alternativním zdrojem energie, kterým může být např. větrná elektrárna, malá vodní elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod.



**Obrázek 4 - Off-grid hybridní systém**

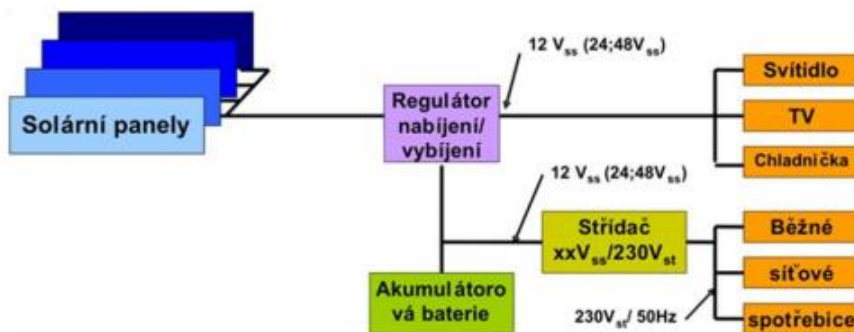


Zdroj: Czech RE Agency

### *Off-grid systémy s akumulací elektrické energie*

Typickými představiteli systémů nezávislých na síti jsou systémy s akumulací elektrické energie. Oproti síťové verzi vyžaduje tento systém navíc solární baterie, které uchovají vyrobenou energii na dobu, kdy není dostatek slunečního svitu (v noci, za deštivého počasí, aj.). Optimální dobíjení a vybíjení akumulátorové baterie je zajištěno elektronickým regulátorem.<sup>25</sup>

**Obrázek 5 - Off-grid systém s akumulací elektrické energie**



Zdroj: Czech RE Agency

<sup>25</sup> MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMĚŠ. *Fotovoltaika, elektrina ze slunce*. 1. vyd. Brno: ERA, 2007, vii, 81 s. ISBN 978-80-7366-100-7.

## 4 METODIKA PRÁCE

Postup řešení diplomové práce byl stanoven tak, aby byly získány objektivní a komplexní informace o možnostech využití solárních systémů v projektech rozvojové pomoci. V návaznosti na stanovené dílčí cíle probíhal postup v několika krocích.

Teoretická část byla zpracována s cílem vymezit základní souvislosti rozvojové pomoci, charakteristiky solárních systémů a možnosti využití autonomních solárních systémů pro zajištění energií v projektech rozvojové pomoci. Tyto informace byly získávány prostřednictvím studia odborné literatury, metodami analýzy a syntézy, také komparací dostupných poznatků a sekundárních informací. S využitím poznatků z teoretické části práce byla navržena metodika multikriteriální analýzy pro hodnocení vhodnosti alternativních autonomních solárních systémů.

V práci byly využity knižní zdroje české i zahraniční odborné literatury, zejména se jedná o knihy zabývající se rozvojovou spoluprací, projektovým managementem a solární tematikou. Všechny knižní zdroje jsou uvedené v seznamu literatury, stejně jako dokumenty a studie v elektronické podobě. Tyto elektronické zdroje jsou z ověřených webových stránek a převládají zde dokumenty a studie zahraničního původu.

Pro zpracování modelového projektu byla použita také databáze PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), která je tvořena výzkumným centrem Evropské komise. Jedná se o online aplikaci, která je otevřena široké veřejnosti zcela zdarma. Lze zde nalézt velké množství aplikací určující dopad sluneční energie na zvolenou plochu. Aplikace umožňuje odhad fotovoltaického výkonu v konkrétním místě kdekoli v Evropě i v Africe. Zobrazuje také měsíční průměrné výkony navrhované fotovoltaické elektrárny v konkrétním zadaném místě.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). *Joint research centre* [online]. 2012 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>>.

V praktické části byl zpracován modelový projekt využití solárních systémů v projektech rozvojové pomoci, v rámci kterého byla:

- provedena komparace variant autonomních systémů s využitím expertního hodnocení významnosti kritérií,
- vyhodnocena ekonomická efektivnost investic do alternativních variant autonomních solárních systémů,
- provedena analýza rizik modelového projektu.

#### **4.1 Metodika MCA (multikriteriální analýzy) alternativních variant autonomních solárních systémů v projektech rozvojové pomoci**

Pro komparaci byla zvolena multikriteriální analýza, jelikož se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Následně metody multikriteriálního rozhodování řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii.<sup>27</sup>

Pro použití MCA byla vytvořena účelově orientovaná soustava kritérií hodnocení, která je důležitým krokem v celém procesu vícekritériálního hodnocení variant. Lze jím výrazně ovlivnit celkové výsledné hodnocení. Při sestavování matice bylo vycházeno z důkladného poznání objektu hodnocení a nastudování odborné literatury. Soubor kritérií odráží podstatné vlastnosti hodnocených variant.

Kritéria byla rozdělena na kvantitativní, které jsou vyjádřeny v přirozených stupnicích, například v měrných jednotkách, počtu let, měsíců, v peněžních jednotkách aj. Druhým rozdělením jsou kritéria kvalitativní, které jsou hodnoceny stupnicí: nulový účinek, žádný – velmi malý vliv – malý vliv – významný vliv, převedené pro snazší orientaci na relativní jednotky. Současně byl definován směr hodnocení, tj. zda jde o maximální nebo minimální hodnotu.

Pro tento modelový projekt byly zvoleny tři potenciálně realizovatelné varianty autonomního solárního systému. Varianty byly zvoleny na základě nastudované odborné

---

<sup>27</sup> Multikriteriální analýza. In: *KVIC* [online]. 2013 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z WWW: <[www.kvic.cz/soubor/1366/Multikriterialnianalyza.pdf](http://www.kvic.cz/soubor/1366/Multikriterialnianalyza.pdf)>.

literatury zabývající se off-grid tematikou. Cílem této metody je shrnout a utřídit informace o variantách projektu.

***Potenciálně realizovatelné varianty:***

- *Varianta č. 1:* Off-grid systém s přímým napájením
- *Varianta č. 2:* Off-grid hybridní systém
- *Varianta č. 3:* Off-grid systém s akumulací elektrické energie

Pro vyhodnocení navrhovaných variant modelového projektu bylo navrženo devatenáct kritérií, které byly rozděleny do pěti odvětví (technické, ekonomické, sociální, environmentální a odvětví udržitelnosti). Pro získání numerických hodnot vah jednotlivých kritérií byla užita tzv. bodovací metoda (se stupnicí 1–19), kdy číslo 1 mělo nejmenší váhu a číslo 19 váhu největší. Tyto váhy určovali experti na danou problematiku. Následujícím krokem při zpracování multikriteriální analýzy bylo vytvoření rozhodovací matice. Každé variantě byla přiřazena jednotka daného kritéria. Na základě vytvoření rozhodovací matice následovalo závěrečné zhodnocení těchto variant a bylo vytvořeno cash flow (CF) pro každou variantu zvlášť.

Na rozdíl od cílů, které mohou být obecné, musí být kritéria konkrétní a kvantifikovatelná, i když v některých případech jen slovně nebo subjektivně. Váhy kritérií jsou vždy subjektivně ovlivňovány a to jednak volbou metody, jednak expertem, který váhy kritérií stanovuje.<sup>28</sup> V konečném výsledku byla vybrána nejvhodnější varianta z navrhovaných potenciálně realizovatelných alternativ.

#### **4.1.1 Technická kritéria**

Technická kritéria reprezentují základní požadavky většiny rozhodovatelů.

*TI – Riziko technické proveditelnosti [RJ]* - Toto maximalizační kritérium reprezentuje technickou proveditelnost, dostupnost nosiče energie, stupeň zvládnutí technologie a do jisté míry i kvalitu dodávaných služeb. Lze jej vyhodnotit zejména na základě vstupních údajů, návrhu variant pro jednotlivé zdroje. Toto kvalitativní kritérium

---

<sup>28</sup> JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002, 323 s. ISBN 80-864-1942-8.

vyjadřující významnost vlivu tohoto kritéria na projekt bude vyjádřeno pro snazší orientaci v relativních jednotkách.

*T2 – Doba realizace [počet měsíců]* – Tímto kritériem se rozumí doba, po kterou bude realizace projektu trvat. Doba od zahájení projektu do jeho dokončení musí být opodstatněná z hlediska velikosti a charakteru projektu. Kritérium doby realizace bude vyjádřeno v kvantitativním hodnocení, které udává kolik měsíců je potřeba k instalaci celého autonomního systému.

*T3 – Celkový výkon při plném provozu [kWh]* – Označuje spotřebu při plném zatížení. Celkový výkon bude vyjádřen v kvantitativním měřítku, konkrétně v jednotce kWh.

*T4 – Spolehlivost dodávky [RJ]* - Toto kritérium je velmi důležité, neboť dodávka energie závisí např. na klimatických podmínkách v dané oblasti. Řadíme jej mezi kvalitativní kritérium, které bude převedeno na relativní jednotky, tzv. jak významný vliv má spolehlivost dodávky z pohledu jednotlivých variant.

#### **4.1.2 Ekonomická kritéria**

Základní filozofie ekonomické a finanční analýzy vychází většinou z klasických ekonomických teorií, kde nejdůležitější je princip stanovení tzv. čisté současné hodnoty v budoucnosti vynaložených výdajů a příjmů. Z většiny literatury vyplývá, že za ekonomicky optimální se považuje ta varianta energeticky úsporných opatření, která při stejném riziku dosahuje maximální čisté současné hodnoty toku hotovosti (některé investice mohou být vynucené, tzn., že se realizují i v případě záporné čisté současné hodnoty).

*E1 – Investiční náklady na stavbu [CZK]* – Kritérium označující investiční náklady obsahuje takové náklady, které vstupují do pořizovací ceny dlouhodobého majetku. Tzn. cena pořízení systému a další vedlejší náklady na pořízení. Kritérium bude vyjádřeno v kvantitativních jednotkách, konkrétně v penězích, tzv. jak vysoké budou investiční náklady v českých korunách na jednotlivou navrhovanou variantu.

*E2 – Provozní náklady na chod v plném provozu [CZK]* – Toto kritérium označuje neinvestiční náklady, jako jsou provozní náklady (např. náklady na sledování a údržbu

zařízení, mzdové náklady aj.). Provozní náklady budou vyjádřeny v kvantitativním hodnocení, konkrétně v peněžních jednotkách, tzv. do jaké výše dosahují provozní náklady vyjádřené v českých korunách.

*E3 – Provozní příjmy [CZK]* – Jde o maximalizační kritérium označující úspory provozních výdajů oproti současnému stavu. Toto kritérium bude označeno v peněžních jednotkách, v kvantitativním vyjádření.

*E4 - Čistá současná hodnota (NPV – Net Present Value) [CZK]* - Čistou současnou hodnotu (NPV) projektu při jednoznačně zadaných vstupních údajích lze spočítat vždy a nabývá jen jedné hodnoty. Důležitým dynamickým ukazatelem je výnosnost, která je v tomto případě uvedena na základě současné hodnoty toků hotovosti. Tato hodnota vykazuje rozdíl v absolutní výši mezi diskontovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a diskontovanou hodnotou kapitálových výdajů vynaložených na investici. Tento dynamický ukazatel udává, jaký by měl být skutečný peněžní příjem z projektu. Jde o kvantitativní kritérium, které bude vyjádřeno v českých korunách. Čistou současnou hodnotu vyjadřujeme vzorcem <sup>29</sup>:

kde:

$$NPV_{T_z} = DCF_{T_z} = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t (1+r)^{-t}$$

$CF_t$  – je tok hotovosti (CZK)

$r$  – je diskontní sazba (CZK)

$(1+r)^{-t}$  – odúročitel

$T_z(T_h)$  – je doba životnosti (případně hodnocení) projektu

*E5 – Vnitřní výnosové procento (IRR) [%]* - lze zjednodušeně interpretovat jako úrokovou sazbu, při které je možné si na projekt půjčit, nebo jaká je cena vlastního kapitálu vloženého do projektu, pokud by projekt nic nevydělal. Je rovno takové diskontní míře, při které je čistá současná hodnota projektu rovna nule.

---

<sup>29</sup> BERANOVSKÝ, Jiří. 2001. *Kritéria pro systémové plánování obnovitelných energetických zdrojů*. In: Ekowatt [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z WWW: <[http://new.ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/kriteria\\_pro\\_systemove\\_planovani\\_oze.PDF](http://new.ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/kriteria_pro_systemove_planovani_oze.PDF)>.

Vyjadřujeme jej vzorcem:

$$NPV_{T_z} = DCF_{T_z} = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t (1 + IRR)^{-t} = 0$$

kde:

$CF_t$  – je tok hotovosti (CZK)

$r$  – je diskontní sazba (CZK)

$(1 + r)^{-t}$  – odúročitel

$T_z(T_h)$  – je doba životnosti (případně hodnocení) projektu

Vnitřní výnosové procento udává předpokládanou výnosnost investice, kterou lze porovnat s kapitálovými náklady na investici, popř. podnikovou diskontní sazbou.<sup>30</sup> Tento kvantitativní ukazatel bude mít procentní zastoupení.

*E6 – Doba návratnosti [počet let]* – tedy doba, za kterou se nám určitá investice vrátí. Tato informace zajímá každého investora, bez ohledu na výši investovaných peněžních prostředků. Vedle dalších metod analýzy investic, je doba návratnosti také důležitým porovnávacím kritériem investičních projektů. Výpočet prosté doby návratnosti probíhá podle vzorce:

$$TN_P = \frac{IN}{CF}$$

kde:

$IN$  - náklady na investici (investiční výdaj),

$CF$  - je roční peněžní tok (roční příjem – úspora nákladů v důsledku investice).

Je možné použít diskontovanou dobu návratnosti. V takovém případě je hledaným ukazatelem doba, kdy nakumulovaná současná hodnota  $CF$  se bude rovnat investičním nákladům. Ta varianta, u které je zjištěna nižší doba návratnosti je považována

---

<sup>30</sup> BERANOVSKÝ, Jiří. 2001. *Kritéria pro systémové plánování obnovitelných energetických zdrojů*. In: Ekowatt [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z WWW: <[http://new.ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/kriteria\\_pro\\_systemove\\_planovani\\_oze.PDF](http://new.ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/kriteria_pro_systemove_planovani_oze.PDF)>.

za výhodnější. Investice s nižší dobou návratnosti je považována za likvidnější.<sup>31</sup> Doba návratnosti je vyjádřena v kvantitativním znázornění v podobě počtu let, tzv. za jak dlouho bude investice vložená do projektu splacena.

#### **4.1.3 Sociální kritéria**

*S1 – Počet nově vytvořených pracovních míst [počet FTE]* - Nově vytvořeným pracovním místem se rozumí nové pracovní místo, vytvořené v rámci projektu v souladu se stanovenými pravidly. Nově vytvořená pracovní místa jsou vyjádřena v kvantitativním měřítku, které udává počet FTE (full-time equivalent), tzv. ekvivalent zaměstnance na plný pracovní úvazek.

*S2 – Míra kvality obytného prostředí [RJ]* – Kritérium označuje v jaké míře se kvalita obytného prostředí změnila v případě implementace technologie. Míra kvality obytného prostředí je vyjádřena v kvalitativním vyjádření převedeného na relativní jednotky.

#### **4.1.4 Environmentální kritéria**

Stanovení účinku na životní prostředí je obecně velmi obtížnou úlohou, protože určité časoprostorové souřadnice stavu životního prostředí jsou dány synergickým působením všech relevantních faktorů bez ohledu na zdroj jejich původu.

*EN1 – Riziko znečištění při havárii [RJ]* – Toto kritérium lze definovat jako riziko, které může vést ke vzniku mimořádné negativní události. Je vyjádřeno v kvalitativních jednotkách, přenesených do relativního vyjádření.

*EN2 – Zásahy do životního prostředí [RJ]* - Kritérium definujeme jako minimalizační, vyjadřuje míru zásahů do životního prostředí při realizaci provozu, opravách, provozních nehodách nebo např. posuzuje hygienickou úroveň provozu (obtěžování hlukem, prachem, pachem,...). Zásahy do životního prostředí jsou vyjádřeny v kvalitativním měřítku, v relativních jednotkách označující významnost vlivu tohoto kritéria pro jednotlivé varianty.

---

<sup>31</sup> MALEČKOVÁ, Veronika, Martin SIVEK a Jakub JIRÁSEK. *Doba návratnosti*. Geologie VBZ [online]. 2012 [cit. 2015-05-12]. Dostupné z WWW: <[http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/5\\_teorie.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/5_teorie.html)>.



*EN3 – Míra nevhodného zásahu do okolní přírody [RJ]* - Jde o minimalizační kritérium, které bude vyjádřeno v kvalitativním měřítku, v relativních jednotkách z hlediska posouzení významnosti vlivu pro každou variantu zvlášť. Kritérium respektuje ochrannářské a krajinářské hledisko, ale je názorově velmi individuální (zátěž při výstavbě elektrárny, zátěž budováním přípojky, změna vzhledu krajiny). Toto kritérium má navíc velmi lokální charakter, neboť např. umístění technologie do již obsazovaného technického koridoru (např. průmyslová zóna) vyvolává mnohem méně negativních pocitů, než umístění do neporušené krajiny.

*EN4 – Zátěž hlukem [RJ]* - Hlukovou zátěží se rozumí stav hlučnosti způsobený stavebními činnostmi. Vyjádřen bude kvalitativně, kde vliv zátěže hlukem je převeden na relativní jednotky.

*EN5 – Ekologická zátěž [RJ]* - Toto kritérium zastupuje přepočtené údaje o množství produkovaných znečišťujících látek do ovzduší. Kritérium bude posuzováno kvalitativně podle jeho vlivu pro navrhované varianty, je proto vyjádřeno v relativních jednotkách

#### **4.1.5 Udržitelná kritéria**

*U1 – Nároky na údržbu [RJ]* – Tímto kritériem se myslí takové nároky, které je potřeba vynakládat na plynulý provoz systému. Jako je například jeho vnější údržba, kontrola a výměna baterií, aj. Vyjádřeny budou kvalitativně v převodu na relativní jednotky.

*U2 – Zaškolení pracovníků [RJ]* – Kritérium zohledňuje řádné proškolení zaměstnanců ohledně chodu a provozu systému. Posuzováno bude z pohledu kvalitativního vyjádření v relativních jednotkách, tzv. posouzení významnosti vlivu z pohledu každé varianty. Důraz je kladen zejména na jejich schopnosti manipulovat se systémem, provádět nutnou údržbu, v případě vybití akumulátoru schopnost vyměnit baterii, zabezpečit systém proti krádeži, aj.

Pro přehlednost byla vytvořena tabulka kritérií rozdělená do jednotlivých oblastí, a kterým byla přiřazena také povaha kritéria (maximalizační či minimalizační).

**Tabulka 2 - Přehled kritérií hodnocení**

<b>HLEDISKO</b>	<b>KRITÉRIA</b>		
<b>Technické</b>	<b>T1</b>	<i>max</i>	riziko technické proveditelnosti
	<b>T2</b>	<i>min</i>	doba realizace
	<b>T3</b>	<i>max</i>	celkový výkon při plném provozu
	<b>T4</b>	<i>max</i>	spolehlivost dodávky
<b>Ekonomické</b>	<b>E1</b>	<i>min</i>	investiční náklady na stavbu
	<b>E2</b>	<i>min</i>	provozní náklady na chod v plném provozu
	<b>E3</b>	<i>max</i>	provozní příjmy
	<b>E4</b>	<i>max</i>	čistá současná hodnota
	<b>E5</b>	<i>max</i>	vnitřní výnosové procento
	<b>E6</b>	<i>min</i>	doba návratnosti
<b>Sociální</b>	<b>S1</b>	<i>max</i>	počet nově vytvořených pracovních míst
	<b>S2</b>	<i>max</i>	míra kvality obytného prostředí
<b>Environmentální</b>	<b>EN1</b>	<i>min</i>	riziko znečištění při havárii
	<b>EN2</b>	<i>min</i>	zásahy do životního prostředí
	<b>EN3</b>	<i>min</i>	míra nevhodného zásahu do okolní přírody
	<b>EN4</b>	<i>min</i>	zátěž hlukem
	<b>EN5</b>	<i>min</i>	ekologická zátěž
<b>Udržitelnosti</b>	<b>U1</b>	<i>min</i>	nároky na údržbu
	<b>U2</b>	<i>min</i>	zaškolení pracovníků

*Zdroj: Vlastní zpracování*

#### **4.2 Metodický postup zpracování modelového projektu**

Před sběrem dat pro samotný modelový projekt bylo nejprve nutné provést základní výzkum pro zjištění informací o rozvojových projektech a rozvojové pomoci. Následně byly také zjištěny základní informace o Ghanské republice. Pro sběr základních dat pro zpracování modelového projektu sloužila měsíční stáž v Ghaně, kde byla provedena situační analýza. Na základě této analýzy byly vymezeny hlavní problémy, které by měl projekt řešit. V rámci analýzy se jednalo především o zmapování situace způsobu použití energie v různých lokalitách Ghany. Pozornost byla zaměřována na typ této energie, její získávání, dostupnost a způsob použití energie v různých oblastech. Toto mapování bylo doplněno dotazy ze strany mé i odborníků z naší univerzity, aby bylo dosaženo uceleného přehledu o dané situaci. Dotazy byly pokládány jak obyvatelům místních komunit, tak úředníkům, které jsme během stáže navštívili.

Na základě získaných dat v podobě rozhovorů, byly informace doplněny o data ze statického úřadu a byla vytvořena problémová analýza, která vymezuje hlavní a dílčí cíle modelového projektu. Na tuto analýzu navazuje celkový návrh projektu. Následné postupy byly řešeny na základě konzultací s experty na danou tematiku.

Dalším krokem ke zpracování modelového projektu byla již představená MCA analýza. Díky ní bylo uvažováno při rozhodování mezi variantami více kritérií, přičemž každé kritérium je jinak závažné a je snaha tyto kritéria buď maximalizovat, nebo minimalizovat. Všechny hodnoty kritérií vyjádřené v kvalitativním či kvantitativním měřítku byly uspořádány do tzv. kritériální matice. Tato matice byla výchozí pro následné normování a vyhodnocení nejvhodnější varianty. Pomocí této metody si shrneme a utřídíme informace o variantách modelového projektu.

Při tvorbě modelového projektu byla vypracována také SWOT analýza, která má za cíl kvalitativně ohodnotit a identifikovat vnitřní silné stránky (Strengths), slabé stránky (Weaknesses) stránky, vnější příležitosti (Opportunities) a hrozby (Threats) tohoto modelového projektu.<sup>32</sup> Analýza byla soustředěna na celý projekt, nikoli na každou variantu zvlášť.

**Tabulka 3** – Způsob zpracování SWOT analýzy

<b>Stregths (Silné stránky)</b>	<b>Weaknesses (Slabé stránky)</b>
S1	W1
S2	W2
S3	W3
<b>Opportunities (Příležitosti)</b>	<b>Threats (Hrozby)</b>
O1	T1
O2	T2
O3	T3

*Zdroj: Vlastní zpracování*

<sup>32</sup> GRASSEOVÁ, Monika, Radek DUBEC a David ŘEHÁK. *Analýza v rukou manažera: 33 nejpoužívanějších metod strategického řízení*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 325 s. ISBN 978-80-251-2621-9.

Následně byla při tvorbě modelového projektu provedena analýza rizik. Během této analýzy odhalujeme možná rizika a usilujeme o jejich pochopení, abychom je mohli eliminovat. Díky této analýze získáváme podklady pro rozhodnutí o nutnosti zabývat se určitými riziky a doporučujeme nejvhodnější a nákladově efektivní strategii zvládnání rizik. Analýza obsahuje odhalení zdrojů rizik, jejich následků a možností, že se tyto následky přihodí.<sup>33</sup>

Cílem analýzy rizik je především definovat hlavní principy pro řízení rizik v rámci projektu, identifikovat rizika, která pro projekt již existují, vyhodnotit rizika z hlediska jejich závažnosti a pravděpodobnosti dopadu a rámcově okomentovat jejich možnou eliminaci.<sup>34</sup>

Hlavní náplní analýzy rizik v projektu byla identifikace, zhodnocení a kontrola rizik, která mohla ovlivnit uskutečnění projektu. Riziko představuje nejistou událost, která se vyskytuje s jistou mírou pravděpodobnosti a v případě reálného uskutečnění má vliv na dosažení cílů projektu. Riziko může být vnímáno jako hrozba, příležitost, nebo jako kombinace obou. Hrozbou je riziko, které má v případě naplnění negativní dopad na dosažení projektových cílů, zatímco příležitost představuje riziko, které může mít pozitivní dopad na naplnění cílů.

V etapě hodnocení rizik se rozhoduje, která rizika nelze akceptovat, která mohou být zanedbána, a která musí být ošetřena. Lze přitom vycházet z paretového principu 80/20. Ošetřit 20 % nejvýznamnějších rizik a zbylé prostředky ponechat jako rezervu.<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA. 2., aktualiz. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2012, 526 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4275-5.

<sup>34</sup> KORECKÝ, Michal a Václav TRKOVSKÝ. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích.* 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 583 s. ISBN 978-80-247-3221-3.

<sup>35</sup> DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA. 2., aktualiz. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2012, 526 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4275-5.

**Tabulka 4 – Způsob zpracování závažnosti rizik v projektu**

<b>Pravděpodobnost výskytu (A)</b>	<b>Pravděpodobnost, že riziko nastane:</b> 1 - Velmi nepravděpodobná 2 - Málo pravděpodobná 3 - 50ti procentní šance na výskyt 4 - Velmi pravděpodobná 5 - Jistá
<b>Dopad (B)</b>	<b>Úroveň dopadu rizika:</b> 0 - Žádný dopad 1 - Minoritní změny 2 - Malé zpoždění, malé zvýšení nákladů 3 - Zpoždění, zvýšení nákladů s překročením tolerance 4 - Zásadní zpoždění, klíčové dodávky nejsou plněny, zvýšené náklady 5 - Neschopnost dodávat, stanovené cíle nejsou splnitelné
<b>Skóre</b>	<b>Skóre rizika, vypočítá se jako pravděpodobnost rizika x dopad:</b> 0-5 — Nízké 6-12 — Střední 13-25 — Vysoké
<b>Závažnost</b>	<b>Hodnocení závažnosti, podle Skóre</b> Nízké — Skóre mezi 0 a 5 Střední — Skóre mezi 6 a 12 Vysoké — Skóre vyšší než 12

*Zdroj: Vlastní zpracování*

**Tabulka 5 – Způsob vyhodnocování výskytu rizik**

		Pravděpodobnost výskytu				
		1-Nízká	2-Nízká/Střední	3-Střední	4-Střední/Vysoká	5-Vysoká
Dopad	5-Kritický	Nízké (5)	Střední (10)	Vysoké (15)	Vysoké (20)	Vysoké (25)
	4-Závažný	Nízké (4)	Střední (8)	Střední (12)	Vysoké (16)	Vysoké (20)
	3-Střední	Nízké (3)	Střední (6)	Střední (9)	Střední (12)	Vysoké (15)
	2-Malý	Nízké (2)	Nízké (4)	Střední (6)	Střední (8)	Střední (10)
	1-Minimální	Nízké (1)	Nízké (2)	Nízké (3)	Nízké (4)	Nízké (5)

*Zdroj: Vlastní zpracování*

## 5 VLASTNÍ PRÁCE

### 5.1 Charakteristika Ghanské republiky

Ghanská republika je státem rozkládajícím se v západní části Afriky. Jak je možné vidět na obrázku 6, Ghana sdílí hranice se státem Togo ležícím na východě, Pobřeží slonoviny na západě, Burkina Faso na severu a s Guinejským zálivem na jihu. Ghana je jedním z nejvíce prosperujících demokracií na africkém kontinentu.<sup>36</sup>

**Obrázek 6** - Výřez z mapy, pozice Ghany ve světě



*Zdroj: BBC, Ghana profile*

Ve statistikách se můžeme dočíst, že Ghana je jednou z nejperspektivnějších zemí celé Afriky s rychle rostoucím HDP. Pro potenciální investory se tedy může stát dobrým podnikatelským polem, které ať už na lidský kapitál či strategické zdroje vykazuje velké bohatství. Ekonomika země je zde ovládána převážně zemědělstvím, které zaměstnává asi 40 % práceschopného obyvatelstva. Ghana je také jedním z předních vývozců kakaa na světě, zároveň je velmi významným exportérem komodit, jako je zlato a řeziva. Tato země o rozloze 238 500 km<sup>2</sup> má odhadnutou populaci ve výši 22 milionů obyvatel, čerpané z více než sto etnických skupin - z nichž každý má svůj vlastní jedinečný jazyk. Avšak oficiálním jazykem je angličtina.<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Ghana Web. *The Country Ghana* [online]. 2013 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z WWW: <[http://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage/country\\_information/](http://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage/country_information/)>.

<sup>37</sup> CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY: *The World Factbook. Ghana*. [online]. 2013, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z WWW: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/gh.html>>

## 5.2 Problémová analýza

Téměř dvěma miliardám lidí na Zemi chybí připojení k elektrické síti. Pro toto pojmenování můžeme použít výstižný termín „energetická chudoba“. Přístup k elektrické energii a její dostatek je totiž jedním z hlavních předpokladů rozvoje, ekonomického růstu a důstojného života. Subsaharská Afrika, do které se řadí také Ghana a jejíž populace čítá na 800 milionů lidí, vyrobí přibližně tolik elektřiny jako Španělsko, v němž žije 45 milionů obyvatel. Státy Subsaharské Afriky, které čelí ekonomickým problémům a chudobě, se potýkají s nedostatečnými investicemi do energetického sektoru, což se negativně projevuje na stavu energetické infrastruktury. Díky tomu jsou zanedbány také investice do rozvoje obnovitelných zdrojů elektrické energie, které tak nejsou plně využívány.<sup>38</sup>

Elektrický sektor se vztahuje na výrobu a využití elektrické energie. Ghana vyrábí elektrickou energii z vodních zdrojů, fosilních paliv tepelné energie a obnovitelných zdrojů energie. Výroba elektrické energie je jedním z klíčových faktorů pro dosažení rozvoje ghanského národního hospodářství s agresivní a rychle rostoucí industrializací. Ghana vyváží některé její vyrobené energie a fosilní paliva do dalších zemí.<sup>39</sup>

Nedostatek elektrické energie nutí obyvatele afrických států používat tradiční zdroje paliva. Proto je tedy primární dodávka energie vysoce závislá na tradiční biomase (dřevo, dřevěné uhlí, paliva a odpady), což představuje 67 % celkových dodávek primární energie. Naopak, ropné produkty a elektřina představovaly pouze 28 % a zbylých 5 % představuje energetický mix.

Biomasa, převážně paliva na bázi dřeva a zemědělský odpad, jsou z velké části používány ve venkovských domácnostech, uhlí se používá v městských oblastech na vaření. Pro výrobu elektřiny a dopravu jsou využity ropné produkty, které zahrnují benzín, naftu, paliva a oleje. V oblastech, kde není elektrifikace, se používá zejména petrolej či naftový generátor. Jde především o venkovské oblasti, ale s takovouto situací se setkáme

---

<sup>38</sup> PONCAROVÁ, Jana. ANALÝZA: Obnovitelné zdroje v Keni. *Rozvojovka* [online]. 2010 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.rozvojovka.cz/analyzy/71-analyza-obnovitelne-zdroje-v-keni.htm>>.

<sup>39</sup> The World bank. *Electricity data* [online]. 2013 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PCv>>.

i v městských domácnostech. Hlavním zdrojem elektrické energie v Ghaně je vodní energie, tedy vodní elektrárna. Vodní elektrárna je zastoupena 77 % celkové elektřiny, přičemž zbytek tvoří tepelné zdroje. Dle statistik z roku 2013 existuje 67 % obyvatel Ghany, kteří mají přístup k elektřině, což je ve srovnání s ostatními zeměmi v subsaharské Africe vysoké číslo. Tato dávka elektřiny je doprovázena pravidelnými výpadky proudu, tzv. blackouty, ke kterým dochází prakticky každý večer. Jakmile k takové situaci dojde, je obvykle použit benzínový generátor, který je ale velmi hlučný a nešetrný k životnímu prostředí.

Podrobnější statistiky z roku 2013 uvádí, že v oblastech s více než 85 % populace byla provedena úplná elektrifikace, zatímco ve srovnání s venkovskými oblastmi bylo elektrifikováno pouze 23 % obytných oblastí. Především jde o oblasti v severní části Ghany a regiony Upper East a Upper West, kde téměř 60 % populace je bez elektrické energie. V ostatních krajích (s výjimkou regionu Greater Accra) žije v neelektrifikovaných oblastech 20-42 % obyvatel.

Od roku 2001 jsou v platnosti dotace, které pomáhají s prvním připojením rodinám s dětmi, které mají nízké příjmy. Jde o spotřebitele s nízkou spotřebou v městských a venkovských domácnostech. Přesto se náklady na připojení elektrické energie do těchto domácností staly hlavní překážkou pro vzdálené projekty. K dispozici je tak i nadále potřeba zlepšit přístup k síti pro významný počet lidí i přes nabízené dotace na připojení.<sup>40</sup>

Nedostatkem energie trpí především obyvatelé venkovských oblastí, kteří mnohdy nemají přístup ani k vytvoření vlastních rozvodů. Touto problematikou jsou zasaženy nejen domácnosti, ale také instituce, jako například výchovná vzdělávací centra ve venkovských oblastech, která se za pomoci darů a partnerství snaží venkovské děti vzdělávat. Prostý nedostatek elektřiny snižuje pravděpodobnost, že se studenti ve výuce posunou někam dál. Někdy nestačí pouze tabule a křída k vysvětlení některých fyzikálních zákonů. Náklady na benzínové generátory elektřiny jsou ale hodně

---

<sup>40</sup> Lighting Africa. *Energy Sector Overview* [online]. 2013 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z WWW: <[http://www.lightingafrica.org/component/docman/doc\\_download/306-ghana-policy-report-note.html](http://www.lightingafrica.org/component/docman/doc_download/306-ghana-policy-report-note.html)>.



nad možnostmi některých venkovských škol. Sluneční energie, která by poháněla malý přenosný systém, se zdá mnohem efektivnější variantou.

Tito lidé jsou nuceni k využívání tradičního zdroje paliva. Pálení dřeva, dřevěného uhlí a dalších fosilních paliv na otevřených ohništích uvnitř obydlí a vdechování zplodin představuje zdravotní rizika pro obyvatele, kteří nemají přístup k jiným zdrojům energie.

Instalovaný výkon všech elektráren v Ghaně dnes činí cca 2 860 MW, stabilní výkon ale činí pouze 1 700 MW. To je o cca 25 % méně, než činí současná poptávka. Vysoká cena elektřiny, její nedostatek a časté výpadky rozvodné sítě jsou jednou z překážek rozvoje průmyslového sektoru resp. podnikání. Na konci ledna 2015 ghanská vláda ohlásila velký investiční projekt přímo v Ghaně americké společnosti General Electric. Projekt realizovaný s podporou americké vlády počítá do roku 2018 s výstavbou tepelných elektráren o celkové kapacitě 1200 MW. Jedná se o největší jednorázový projekt, který by po svém završení mohl zcela eliminovat slabiny ghanského trhu s elektřinou.<sup>41</sup>

Pokud zmíněných 1 700 MW převedených na 1 700 000 kW vynásobíme 365 dny a 24 hodinami, dostaneme číslo, které nám ukáže kolik kWh elektřiny má Ghana ročně k dispozici. Výpočtem dojdeme k číslu 14 892 milionů kWh, které si mezi sebe (nerovným) způsobem rozdělí téměř 26 milionů obyvatel. Pokud by skutečně každý obyvatel měl přístup k elektřině a ta byla rozdělována rovným dílem, měl by jeden člověk k dispozici 572,8 kWh elektřiny ročně. Pro porovnání průměrný občan České republiky spotřebuje ročně 833,3 kWh.

Rozvoj solární energie v každé zemi je rovněž závislý na rozvoji trhu s příslušnými komponenty. Podle odborníků má Ghana velké předpoklady stát se významným trhem s fotovoltaickými panely a dalším příslušenstvím. Rozmach fotovoltaických elektráren ovlivňuje také cena solárních panelů. Ačkoli jsou fotovoltaické panely levnější,

---

<sup>41</sup> Výroba a distribuce elektřiny v Ghaně. *Velvyslanectví České republiky v Akkře* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z WWW:

<[http://www.mzv.cz/accra/cz/obchod\\_a\\_ekonomika/informace\\_a\\_analyzy/vyroba\\_a\\_distribuce\\_elektriny\\_v\\_ghane.html](http://www.mzv.cz/accra/cz/obchod_a_ekonomika/informace_a_analyzy/vyroba_a_distribuce_elektriny_v_ghane.html)>.

než byly v předchozích letech a je spočítáno, že v dlouhodobé perspektivě vyjdou levněji než kupování dřeva, dřevěného uhlí, petroleje a svíček, pro řadu rodin se stále jedná o zásadní investici, na níž nejsou schopny ze svých příjmů našetřit.

Přístup k elektrické energii a její dostatek je jedním z klíčových předpokladů socioekonomického rozvoje.

### **5.3 Návrh projektu**

Modelový projekt má tudíž za cíl posoudit možnosti využití solárních autonomních systémů pro zlepšení situace k přístupu elektřiny v rozvojové zemi, především ve venkovských oblastech. V souladu s dosažením daného cíle je v projektu vyhodnoceno využití alternativních variant solárních systémů z hlediska ekonomické efektivity a je provedena analýza rizik projektu.

Jak již bylo popsáno v problémové analýze, většina obyvatel ve venkovských oblastech v Ghaně čelí nedostatku elektrické energie. Z velké části tyto oblasti nemají žádné elektrické rozvody a jsou zatíženy energetickou chudobou.

Za účelem dosažení lepších energetických podmínek je v první řadě potřeba spočítat si celkovou spotřebu a získat tak požadovaný celkový výkon všech produktů a spotřebičů, které budou používány. Zároveň je potřeba k tomuto výkonu připočítat 30 % rezervu.

Na základě vypočítaného množství celkového výkonu je potřeba zvážit jaké komponenty je potřeba k systému dodat. V případě druhé varianty hybridního systému je nutno vzít v potaz diesel agregát, který v případě nemožné dodávky slunečního svitu do systému slouží jako náhradní zdroj energie. V případě třetí varianty projektu počet a typ baterií, které bude nutné k solárnímu systému připojit. Baterie může zlepšit spolehlivost napájení z obnovitelných a konvenčních zdrojů, zvýšit celkovou účinnost systému a hlavně poskytuje ekonomické úspory v celém životním cyklu solárního systému.

Elektrická energie může být potenciálně poskytnuta nákladově efektivně a udržitelně prostřednictvím autonomního systému, více než prostřednictvím rozšíření sítě.

To zahrnuje:

- izolované venkovské oblasti, zejména v rozvojových zemích,
- příměstské oblasti, zejména v rozvojových zemích,
- malé ostrovy odděleny od národní sítě.<sup>42</sup>

Tento projekt je vytvořený na základě terénního výzkumu v Ghaně a na základě řízených rozhovorů s odborníky (českými i zahraničními) na fotovoltaiku. Projekt může posloužit jako modelový podklad pro realizaci dalších projektů spojených na výstavbu fotovoltaických systémů v energeticky chudých oblastech.

#### **5.4 Cílová skupina**

Cílovou skupinou projektu jsou především venkovské oblasti v Ghaně, které jsou energeticky chudé. Projekt je zaměřen zejména na školská zařízení v těchto venkovských oblastech. Tato školní zařízení poskytují kromě vzdělání také stravování pro děti. Z tohoto důvodu je tedy důležité mít dostatek elektřiny nejen pro osvětlení, použití dalších modernějších učebních pomůcek, k použití větracího zařízení, ale také pro uskladňování potravin v lednici a mrazících boxech, přípravu jídla na tepelném vařiči, filtraci vody aj.

Obecně platí, že přístup k informacím a ke vzdělávání je zásadní pro zajištění dlouhodobého úspěchu. Mnoho zúčastněných stran ve venkovských oblastech neví, jak se vypořádat s obnovitelnými zdroji energie, nejsou si jistí jak je použít k získání elektřiny a zda za ni budou platit. Proto vzdělávání, školení a informace o výhodách přístupu k energii a obnovitelným zdrojům jsou nutné před každým projektem. Silné a cílené reklamní kampaně vysvětlující elektrifikaci venkova rovněž zvýší pozitivní dopady. Venkovská komunita by měla být zapojena do informační kampaně co nejdříve a co možná nejvíce prostřednictvím finanční nebo materiální účasti majetnějších skupin či podniků.

---

<sup>42</sup> ROLLAND, Simon a Guido GLANIA. 2011. Alliance for Rural Electrification: *Hybrid mini-grids for rural electrification: lesson learned*. 72 s. Belgium.

Zapojení komunity do projektu vyžaduje několik samostatných kroků, například:

- Držet se místních konzultací. Jelikož koncoví uživatelé budou ti, kteří používají a platí za elektřinu, úspěch projektu závisí na jejich spokojenosti jako spotřebitelů. Za prvé, musí být ve vesnici skutečná poptávka po elektrifikaci a lidé musí uvítat nabízený projekt. Propagační programy a měsíční setkání s občany budou vést ke zvýšení povědomí mezi těmito potenciálními příjemci energie.
- Respekt místní organizační struktury. Každá obec má své vlastní vůdce, kteří mají významný vliv na místní veřejné mínění. Setkání s pravidelnou účastí místních lídrů s občany mohou poskytnout neocenitelné informace o celkovém projektu a jeho výslednému designu. V případě, že do projektu nebude zahrnuta konzultace občanů s místním vůdcem, může dojít k vnímání ohrožení jeho postavení v obci, což vede k nesprávné nesprávnému pochopení celého nabízeného projektu elektrifikace či nevhodné údržbě již provedené instalace nebo a dokonce i odpojení celého systému.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> ROLLAND, Simon a Guido GLANIA. 2011. Alliance for Rural Electrification: *Hybrid mini-grids for rural electrification: lesson learned*. 72 s. Belgium.

## 5.5 Multikriteriální analýza

### 5.5.1 Zpracování kritérií

Následující tabulka 6 porovnává vybraná kritéria různých variant. Pro sestavení kritériální matice bylo zvoleno bodovací hodnocení, kdy experti hodnotili jednotlivá kritéria podle důležitosti. Nejvyšší číslo vyjadřuje kritérium nejdůležitější a naopak nejnižší číslo vyjadřuje kritérium nejméně důležité.

Celkem se podařilo získat 5 expertů, kteří obodovali jednotlivá kritéria nezávisle na sobě. Šlo o experty jak českého, tak i zahraničního původu pro získání co nejširšího zachycení názoru:

- Michal Zub, společník S.G. CZ, spol. s r.o. Jedná se o českou soukromou společnost působící na trhu v oblasti dodávek, rekonstrukcí, modernizací a servisu rozvodů.
- Milan Kříž, spolumajitel společnosti JMK elektro, s.r.o. Branišovice. Tato firma provádí montáž a opravy elektroinstalace, zajištění revizí, prodej elektroinstalačního materiálu. Dalším předmětem této společnosti je výroba elektřiny.
- Ing. Jiří Kolman, projektový konzultant společnosti Hora Energy. Pan Kolman se také v minulosti věnoval předběžné návratnosti investice jednoho energetického projektu v Nigérii.
- Ing. Ebo Tawiah Quartey, konzultant, jehož názor je důležitý také zejména z hlediska jeho ghanského původu.
- prof. Julio Terrados Cepeda ze Španělska. Pan Terrados Cepeda je profesorem univerzity v Jaénu ve španělské Andalusii. Je vedoucím ústavu zabývající se obnovitelnými zdroji energie.

**Tabulka 6 - Kriteriaální matice**

	HLEDISKO			P. Zub	P. Kříž	P. Kolman	P. Quartey	P. Terrados	Celkem
<b>Technické</b>	<b>T1</b>	<i>max</i>	riziko technické proveditelnosti	12	10	17	19	18	<b>76</b>
	<b>T2</b>	<i>min</i>	doba realizace	14	8	14	15	5	<b>56</b>
	<b>T3</b>	<i>max</i>	celkový výkon při plném provozu	13	18	12	18	1	<b>62</b>
	<b>T4</b>	<i>max</i>	spolehlivost dodávky	15	19	8	17	15	<b>74</b>
<b>Ekonomické</b>	<b>E1</b>	<i>min</i>	investiční náklady na stavbu	19	17	19	7	19	<b>81</b>
	<b>E2</b>	<i>min</i>	provozní náklady na chod v plném provozu	11	14	9	16	14	<b>64</b>
	<b>E3</b>	<i>max</i>	provozní příjmy	18	5	16	4	13	<b>56</b>
	<b>E4</b>	<i>max</i>	čistá současná hodnota	10	15	11	3	17	<b>56</b>
	<b>E5</b>	<i>max</i>	vnitřní výnosové procento	16	11	10	8	16	<b>61</b>
	<b>E6</b>	<i>min</i>	doba návratnosti	17	13	13	6	12	<b>61</b>
<b>Sociální</b>	<b>S1</b>	<i>max</i>	počet nově vytvořených pracovních míst	9	12	15	12	7	<b>55</b>
	<b>S2</b>	<i>max</i>	míra kvality obytného prostředí	1	16	1	1	8	<b>27</b>
<b>Environmentální</b>	<b>EN1</b>	<i>min</i>	riziko znečištění při havárii	6	3	2	11	2	<b>24</b>
	<b>EN2</b>	<i>min</i>	zásahy do životního prostředí	2	2	3	14	11	<b>32</b>
	<b>EN3</b>	<i>min</i>	míra nevhodného zásahu do okolní přírody	5	4	4	2	4	<b>19</b>
	<b>EN4</b>	<i>min</i>	zátěž hlukem	3	1	5	5	3	<b>17</b>
	<b>EN5</b>	<i>min</i>	ekologická zátěž	4	9	6	9	10	<b>38</b>
<b>Udržitelnosti</b>	<b>U1</b>	<i>min</i>	nároky na údržbu	8	6	7	13	9	<b>43</b>
	<b>U2</b>	<i>min</i>	zaškolení pracovníků	7	7	18	10	6	<b>48</b>
<b>Celkem</b>				<b>190</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>950</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky 7 lze vyčíst ohodnocené kritérium z hlediska převodu na jednotky. Relativní jednotky představují číselné ohodnocení v rozmezí 1–4. Jednotlivá čísla mají specifický význam:

- 1 – účinek nulový, žádný
- 2 – velmi malý vliv
- 3 – malý vliv
- 4 – významný vliv

Dále jsou jednotky vyjádřeny v korunách, v letech aj.

**Tabulka 7** - Rozhodovací matice, vybraná kritéria různých variant

HLEDISKO			Jednotky	VARIANTA		
				V1	V2	V3
T1	max	riziko technické proveditelnosti	RJ	1	3	4
T2	min	doba realizace	počet měsíců	2	3	4
T3	max	celkový výkon při plném provozu	kWh	31980	31980	31980
T4	max	spolehlivost dodávky	RJ	4	3	2
E1	min	investiční náklady na stavbu	Kč	518 156	746 906	676 298
E2	min	provozní náklady na chod v plném provozu	Kč	51 816	74 691	67 630
E3	max	provozní příjmy	Kč	129 126	172 168	215 209
E4	max	čistá současná hodnota	Kč	564 186	617 772	1 389 817
E5	max	vnitřní výnosové procento	%	12	9	20
E6	min	doba návratnosti	počet let	7	8	5
S1	max	počet nově vytvořených pracovních míst	počet FTE	1,2	1,4	1,4
S2	max	míra kvality obytného prostředí	RJ	2	3	4
EN1	min	riziko znečištění při havárii	RJ	1	4	3
EN2	min	zásahy do životního prostředí	RJ	1	3	2
EN3	min	míra nevhodného zásahu do okolní přírody	RJ	2	2	2
EN4	min	zátěž hlukem	RJ	1	3	1
EN5	min	ekologická zátěž	RJ	1	4	2
U1	min	nároky na údržbu	RJ	2	2	3
U2	min	zaškolení pracovníků	RJ	2	3	3

*Zdroj: Vlastní zpracování*

Optimální řešení nalezneme v tabulce 8, všechny kritériální funkce byly převedeny na maximalizační kritéria. Děje se tak z toho důvodu, že obvykle kritéria bývají protichůdná a neexistuje zpravidla žádné řešení, které by bylo podle všech kritérií lepší než ostatní přípustná řešení. Takto transformovanou kritériální matici získáme tak, že jednotlivé prvky ve sloupcích minimalizačních kritérií odečteme od prvků maximalizačních.

**Tabulka 8** - Převedení minimalizačních kritérií na maximalizační kritéria metodou nejhorší varianty

HLEDISKO			Jednotky	NORMOVÁNÍ VARIANTY			
				V1	V2	V3	
T1	max	riziko technické proveditelnosti	RJ	1	3	4	max
T2	min	doba realizace	počet měsíců	2	1	0	max
T3	max	celkový výkon při plném provozu	kWh	31980	31980	31980	max
T4	max	spolehlivost dodávky	RJ	4	3	2	max
E1	min	investiční náklady na stavbu	Kč	228 750	0	70 608	max
E2	min	provozní náklady na chod v plném provozu	Kč	22 875	0	7 061	max
E3	max	provozní příjmy	Kč	129 126	172 168	215 209	max
E4	max	čistá současná hodnota	Kč	564 186	617 772	1 389 817	max
E5	max	vnitřní výnosové procento	%	12	9	20	max
E5	min	doba návratnosti	počet let	1	0	3	max
S1	max	počet nově vytvořených pracovních míst	počet FTE	1,2	1,4	1,4	max
S2	max	míra kvality obytného prostředí	RJ	2	3	4	max
EN1	min	riziko znečištění při havárii	RJ	3	0	1	max
EN2	min	zásahy do životního prostředí	RJ	1	0	2	max
EN3	min	míra nevhodného zásahu do okolní přírody	RJ	2	2	2	max
EN4	min	zátěž hlukem	RJ	2	0	2	max
EN5	min	ekologická zátěž	RJ	3	0	2	max
U1	min	nároky na údržbu	RJ	1	0	0	max
U2	min	zaškolení pracovníků	RJ	1	0	0	max

Zdroj: Vlastní zpracování

Převedení všech kritérií na maximalizační je prvním krokem metody, jež je založena na výpočtu tzv. funkce užitku pro každou variantu.



**Tabulka 9** - Kriteriaální matice - metoda váženého součtu

N V1	N V2	N V3	max H	min D
1	3	4	4	1
2	1	0	2	0
31980	31980	31980	31980	31980
4	3	2	4	2
228 750	0	70 608	228 750	0
22 875	0	7 061	22 875	0
129 126	172 168	215 209	215 209	129 126
564 186	617 772	1 389 817	1 389 817	564 186
12	9	20	20	9
1	0	3	3	0
1,2	1,4	1,4	1,4	1,2
2	3	4	4	2
3	0	1	3	0
1	0	2	2	0
2	2	2	2	2
2	0	2	2	0
3	0	2	3	0
1	0	0	1	0
1	0	0	1	0

*Zdroj: Vlastní zpracování*

Z metody váženého součtu následně určíme ideální variantu H a bazální variantu D. Na základě určení hodnot hypotetické ideální varianty sestavíme normalizovanou kriteriaální matici, jejíž prvky získáme pomocí vzorce:

$$f_i(x) = \frac{(F_i(x) - F_{i\min})}{(F_{i\max} - F_{i\min})}$$

Výsledky normování vykazuje tabulka 10. Tyto funkční hodnoty leží v intervalu od 0 do 1, čím je hodnota vyšší, tím je varianta výhodnější.

**Tabulka 10 - Výsledky normování**

<b>HLEDISKO</b>		<b>N V1</b>	<b>N V2</b>	<b>N V3</b>
<b>T1</b>	riziko technické proveditelnosti	0,00	0,67	1,00
<b>T2</b>	doba realizace	1,00	0,50	0,00
<b>T3</b>	celkový výkon při plném provozu	0,00	0,00	0,00
<b>T4</b>	spolehlivost dodávky	1,00	0,50	0,00
<b>E1</b>	investiční náklady na stavbu	1,00	0,00	0,31
<b>E2</b>	provozní náklady na chod v plném provozu	1,00	0,00	0,31
<b>E3</b>	provozní příjmy	0,00	0,50	1,00
<b>E4</b>	čistá současná hodnota	0,00	0,06	1,00
<b>E5</b>	vnitřní výnosové procento	0,27	0,00	1,00
<b>E5</b>	doba návratnosti	0,33	0,00	1,00
<b>S1</b>	počet nově vytvořených pracovních míst	0,00	1,00	1,00
<b>S2</b>	míra kvality obytného prostředí	0,00	0,50	1,00
<b>EN1</b>	riziko znečištění při havárii	1,00	0,00	0,33
<b>EN2</b>	zásahy do životního prostředí	0,50	0,00	1,00
<b>EN3</b>	míra nevhodného zásahu do okolní přírody	0,00	0,00	0,00
<b>EN4</b>	zátěž hlukem	1,00	0,00	1,00
<b>EN5</b>	ekologická zátěž	1,00	0,00	0,67
<b>U1</b>	nároky na údržbu	1,00	0,00	0,00
<b>U2</b>	zaškolení pracovníků	1,00	0,00	0,00
<b>Celkem</b>		<b>10,10</b>	<b>3,73</b>	<b>10,62</b>

*Zdroj: Vlastní zpracování*

Stanovení vah kritérií úzce souvisí s úplností soustavy kritérií odrážející podstatné vlastnosti varianty. Při stanovení vah kritérií existuje řada různých metod. Nejjednodušší z nich jsou metody přímé, při kterých se zcela subjektivně určují nenormované váhy jednotlivých kritérií v apriorně dohodnuté bodové stupnici. Tato přímá bodová metoda byla použita v tabulce 11, kdy jednotlivé body určovali experti na danou problematiku nezávisle na sobě.

**Tabulka 11** - Stanovení vah kritérií expertním hodnocením

HLEDISKO			p. Zub	p. Kříž	p. Kolman	p. Quartey	p. Terrados	$\Sigma$	Váhy
T1	max	riziko technické proveditelnosti	12	10	17	19	18	76	8,00 %
T2	min	doba realizace	14	8	14	15	5	56	5,89 %
T3	max	celkový výkon při plném provozu	13	18	12	18	1	62	6,53 %
T4	max	spolehlivost dodávky	15	19	8	17	15	74	7,79 %
E1	min	investiční náklady na stavbu	19	17	19	7	19	81	8,53 %
E2	min	provozní náklady na chod v plném provozu	11	14	9	16	14	64	6,74 %
E3	max	provozní příjmy	18	5	16	4	13	56	5,89 %
E4	max	čistá současná hodnota	10	15	11	3	17	56	5,89 %
E5	max	vnitřní výnosové procento	16	11	10	8	16	61	6,42 %
E6	min	doba návratnosti	17	13	13	6	12	61	6,42 %
S1	max	počet nově vytvořených pracovních míst	9	12	15	12	7	55	5,79 %
S2	max	míra kvality obytného prostředí	1	16	1	1	8	27	2,84 %
EN1	min	riziko znečištění při havárii	6	3	2	11	2	24	2,53 %
EN2	min	zásahy do životního prostředí	2	2	3	14	11	32	3,37 %
EN3	min	míra nevhodného zásahu do okolní přírody	5	4	4	2	4	19	2,00 %
EN4	min	zátěž hlukem	3	1	5	5	3	17	1,79 %
EN5	min	ekologická zátěž	4	9	6	9	10	38	4,00 %
U1	min	nároky na údržbu	8	6	7	13	9	43	4,53 %
U2	min	zaškolení pracovníků	7	7	18	10	6	48	5,05 %
<b>Celkem</b>			<b>190</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>950</b>	<b>100 %</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

### 5.5.2 Srovnání variant podle hodnotících kritérií

Tabulka 12 - Stanovení nejvhodnější varianty

HLEDISKO		N V1	N V2	N V3	Váhy
T1	riziko technické proveditelnosti	0,00	0,67	1,00	8,00 %
T2	doba realizace	1,00	0,50	0,00	5,89 %
T3	celkový výkon při plném provozu	0,00	0,00	0,00	6,53 %
T4	spolehlivost dodávky	1,00	0,50	0,00	7,79 %
E1	investiční náklady na stavbu	1,00	0,00	0,31	8,53 %
E2	provozní náklady na chod v plném provozu	1,00	0,00	0,31	6,74 %
E3	provozní příjmy	0,00	0,50	1,00	5,89 %
E4	čistá současná hodnota	0,00	0,06	1,00	5,89 %
E5	vnitřní výnosové procento	0,27	0,00	1,00	6,42 %
E6	doba návratnosti	0,33	0,00	1,00	6,42 %
S1	počet nově vytvořených pracovních míst	0,00	1,00	1,00	5,79 %
S2	míra kvality obytného prostředí	0,00	0,50	1,00	2,84 %
EN1	riziko znečištění při havárii	1,00	0,00	0,33	2,53 %
EN2	zásahy do životního prostředí	0,50	0,00	1,00	3,37 %
EN3	míra nevhodného zásahu do okolní přírody	0,00	0,00	0,00	2,00 %
EN4	zátěž hlukem	1,00	0,00	1,00	1,79 %
EN5	ekologická zátěž	1,00	0,00	0,67	4,00 %
U1	nároky na údržbu	1,00	0,00	0,00	4,53 %
U2	zaškolení pracovníků	1,00	0,00	0,00	5,05 %
<b>Celkem</b>		<b>10,10</b>	<b>3,73</b>	<b>10,62</b>	<b>100 %</b>
<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>			
<b>54,42 %</b>	<b>22,72 %</b>	<b>54,64 %</b>			

Zdroj: Vlastní zpracování

S využitím MCA byly vyhodnoceny tři navrhované varianty autonomního solárního systému. Při daném stanovení kritérií se jako nejvhodnější jeví varianta s akumulací elektrické energie, ovšem vhodnost této varianty je závislá na volbě kritérií a jejich vah.

Z výsledků analýzy je patrné, že hodnotící experti přisuzovali největší váhu ekonomickým a technickým kritériím, to znamená, že pro realizaci projektu bylo ekonomické a technické hledisko jejich klíčovou volbou.

Dle výsledků multikriteriální analýzy vyplývá, že nejvhodnějšími variantami pro realizaci jsou dvě varianty. První varianta s přímým napájením a třetí varianta s akumulací

elektrické energie. Nyní si rozebereme zvlášť jednotlivé varianty na základě provedené MCA.

První varianta je díky své jednoduchosti nejlevnější variantou a z pohledu investičních nákladů jde o variantu velmi zajímavou. Kromě nejmenší počáteční investice má také relativně rychlou dobu návratnosti. Avšak díky přímému napájení ze slunce je možné energii přijímat pouze při slunečních dnech a není možné ji využívat v době nepřítomnosti sluneční intenzity. To má za následek časté výpadky dodávky proudu a jde tak o nestabilní řešení. Při detailnějším pohledu na výsledky analýzy této varianty lze zjistit, že kromě ekonomických faktorů má také velmi dobré výsledky z environmentálního hlediska a z hlediska udržitelnosti. Přímé napájení nezatěžuje okolí hlukem, neexistuje zde ekologická zátěž a nároky na údržbu jsou minimální. Velmi důležité je věnovat se zejména přesnému zaškolení pracovníků. Riziko znečištění je minimální a doba realizace je nejkratší ze všech navrhovaných variant.

Druhá potenciální zkoumaná varianta – off-grid hybridní systém doplněný diesel generátorem vyšla v analýze jako nejméně vhodná. Jelikož jsou výsledky závislé na volbě kritérií, zde se odrazila váha těch ekonomických. Tento hybridní systém má nejvyšší investiční náklady a to zejména jak díky potřebným komponentům, které jsou potřebné pro zajištění plynulého chodu systému, tak díky nákupu diesel agregátu, který je velmi nákladnou položkou. Zároveň má tato varianta v celkovém hodnocení nejnižší čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento. Naopak z pohledu provozních příjmů zaznamenala tato varianta úsporu ve výši 80 % oproti současnému stavu. Starý agregát je vyřazen z provozu a v případě neslunečných dní je využíván nový diesel agregát, který má efektivnější spotřebu paliva. I přesto, že je tato varianta stabilním zdrojem elektřiny a je takřka k použití bez omezení, je zde nejmenší environmentální přínos. U environmentálních a udržitelných kritérií si tato varianta díky hodnocení expertů vysloužila ve výsledku nulové ohodnocení. Nicméně je možné tento systém využít i v nepříznivém počasí, což je oproti první variantě velikou výhodou. Jako pozitiva můžeme u této varianty vyzdvihnout např. její technická kritéria. Technická proveditelnost, kterou se myslí dostupnost nosiče energie, stupeň zvládnutí technologie a do jisté míry i kvalita dodávaných služeb, je ohodnocená podle relativních jednotek

malým vlivem na projekt. Pozitivními faktory tohoto projektu jsou sociální kritéria. Při realizaci hybridního systému vznikne 1,4 FTE, což znamená 1,4 pracovního úvazku. Tento ekvivalent je vypočítán na základě předpokládané mzdy na pozici obsluha solárního systému (40 hod částečný úvazek) a zajištění bezpečnosti systému (plný úvazek). Kritérium míry kvality obytného prostředí, které vyjadřuje v jaké míře se kvalita obytného prostředí změní v případě implementace této technologie, je také ohodnoceno určitými body. V případě zvolení této varianty by šlo jistě o větší posun vzhůru vůči předchozímu stavu (samotný naftový generátor), avšak stále se z hlediska udržitelnosti nejví jako nejvhodnější volba.

Nejlépe vyhodnocenou variantou je off-grid systém s akumulací elektrické energie. Jde o stabilní zdroj elektřiny bez omezení. Díky akumulaci energie v bateriích je možné svítit i v noci, či využívat elektřinu za špatného počasí. Systém je navržen tak, aby se energie akumulovala v bateriích po dobu sedmi dnů. Tedy v případě, že po několik dní nebude možné získávat energii ze slunce z důvodu velmi zataženého či deštivého počasí, bude elektřina stále k dostání právě díky uložené energii v bateriích. Samozřejmě je zde vyšší počáteční investice oproti první variantě a to zejména z důvodu pořízení baterií včetně komponentů k solárnímu systému, jako je střídač či regulátor nabíjení. Skladování energie v bateriích se používá v celém rozsahu off-grid systému a poskytuje trvalý zdroj elektřiny, který je nezávislý na proměnlivosti počasí. Z celkového ekonomického hlediska se tato varianta jeví jako nejvhodnější, ať už pro velmi krátkou dobu návratnosti (5 let nebo pro nejvyšší čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento ze všech posuzovaných variant. Provozní příjmy zde vyjadřují 100 % úsporu oproti předchozímu stavu. Z pohledu sociálních kritérií získala varianta všechny body. Vytváření pracovních pozic je stejné jako u hybridního systému, tzv. vytvoření 1,4 FTE. Naopak, co se týče doby realizace, tak vzhledem k tomu, že jde o systém, kde je nutná dodávka bateriového systému, je v kritériích počítáno s delší dobou realizace až téměř o celý měsíc než u hybridního systému. Technická kritéria jsou nejslabší stránkou této varianty. Při porovnání dalších hledisek je na tom varianta s akumulací energie taky velmi dobře.

Na projekt je důležité se dívat jako na komplexní strukturu těchto několika kritérií. Z pohledu investora budou jistě důležité ekonomické faktory. Přesto bychom neměli opomíjet důležitou udržitelnost celého projektu.

## 5.6 SWOT analýza

Pomocí SWOT analýzy byly přehledně identifikovány silné a slabé stránky modelového projektu zaměřujícího se na využití solárních systémů ve vztahu k příležitostem a hrozbám.

**Tabulka 13** - SWOT analýza

SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
➤ Náklady na elektrickou energii jsou nízké	➤ Slabá výkonnost v noci a při špatných klimatických podmínkách
➤ Solární energie je bez emisí a šetrná k životnímu prostředí	➤ Omezená účinnost použitých materiálů
➤ Bezporuchový, tichý systém	➤ Investiční náklady
➤ Zvýšení produktivity vzdělávání	➤ Vliv umístění a klimatické podmínky
➤ Nezpůsobuje žádné toxické odpady, zápach, kouř, prach	➤ Výroba elektrické energie pouze v průběhu dne
➤ Produkce ekologické energie	➤ Nezbytné úpravy
➤ Snadná obsluha a dlouhá životnost	
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
➤ Zvýšení účinnosti panelů	➤ Počasí
➤ Žádné měsíční účty	➤ Přírodní katastrofy
➤ Rozvoj a zdokonalování technologie	➤ Budoucí legislativní změny
➤ Solární energie může být připojena na libovolném místě	➤ Ekonomické problémy a růst mezinárodního dluhu
➤ Zvyšování cen energetických surovin	➤ Vývoj kvalitnějších technologií

*Zdroj: Vlastní zpracování*

Jednou z nejsilnějších stránek projektu jsou relativně nízké náklady na údržbu. Není nutné pravidelně dokupovat komponenty či platit měsíční poplatky. Jde o prakticky bezporuchový a tichý systém, který v provozu nepotřebuje tolik pozornosti a zároveň má relativně dlouhou životnost 15-20 let. Tento zdroj energie je na rozdíl od fosilních

paliv šetrný k životnímu prostředí a je bez emisí, produkuje ekologickou energii a nezpůsobuje žádné toxické odpady, zápach, kouř či prach.

Mezi slabé stránky patří skutečnost, že v případě dlouhodobě nepříznivých klimatických podmínek je výkonnost oslabena. Zároveň počáteční investiční náklady na pořízení solárního systému jsou poměrně vysoké, jde ale především o investici, která se v dlouhodobém měřítku vyplatí. Investiční náklady na výstavbu samostatného solárního systému jsou asi 1,6 krát vyšší, než na výstavbu systému spalujícího tuhá paliva. Další slabou stránkou je výroba energie pouze během slunečního záření, tudíž během dne.

Oblast příležitostí zahrnuje rozvoj a zdokonalování technologie, které do budoucna pomohou ke snížení investičních i provozních nákladů. Se snižujícími se zásobami zemního plynu, hnědého a černého uhlí se jejich ceny neustále zvyšují a tento trend se podle všech předpokladů do budoucna nezastaví. Využívání solární energie bude díky její volné dostupnosti ekonomicky stále výhodnější. Mezi další příležitosti řadíme absenci měsíčních účtů a fakt, že solární energie může být připojena na kterémkoli místě.

Hrozbami pro tento projekt jsou nepříznivé klimatické podmínky, přírodní živly a katastrofy. Když vezmeme v potaz dlouhou životnost solárních systémů, musíme jako hrozby vnímat také budoucí legislativní změny, které mohou do značné míry ovlivnit fungování a ekonomiku provozu. Zároveň můžeme jako hrozbu vnímat vývoj kvalitnějších technologií jako kontinuální proces, který v budoucnu může přinést účinnější technologie využívající sluneční záření.

## **5.7 Analýza rizik**

Vyhodnocení rizik je důležitý a často opomíjený počín analýzy rizik. Záměrem vyhodnocení je příprava podkladů pro rozhodnutí, jak s identifikovanými a analyzovanými riziky naložit, kterým rizikům věnovat prvořadou pozornost a jaké priority přiřadit jednotlivým opatřením. Vyhodnocování rizik je tvůrčí činností, není to jen srovnání čísel. Mnoho jedinců je za určitých okolností ochotno tolerovat některá mnohem větší rizika, než jak jsou nastavena měřítka akceptovatelnosti.

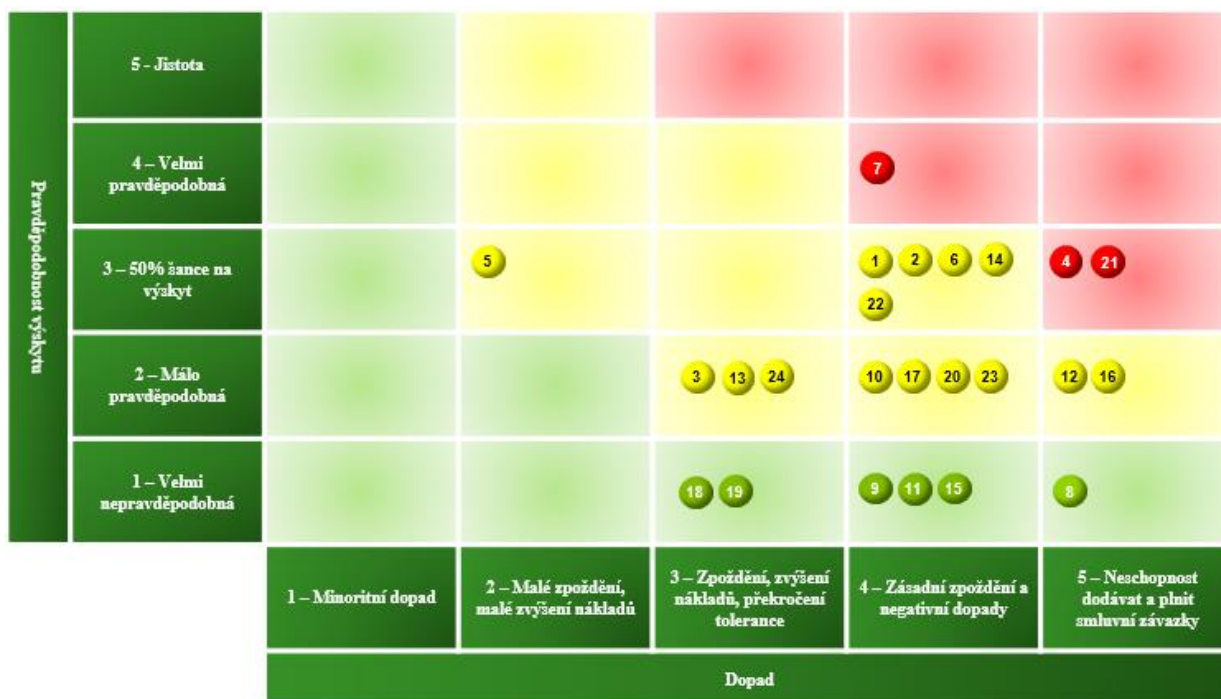


### Matice rizik

Matice pravděpodobnosti dopadu rizik slouží ke stanovení závažnosti těchto rizik a umožňuje jejich hodnocení tak, aby bylo možné určit, kterým rizikům bychom se měli prioritně věnovat. Pravděpodobnost výskytu je hodnocena na škále od 1 do 5 podle toho, s jakou pravděpodobností reálně může dojít k naplnění rizika (1 nejmenší, 5 největší). Dopad je stanoven obdobně a určuje velikost dopadu rizika na projektové cíle v případě jeho naplnění. V obrázku 7 je podle postoje projektu k riziku, možné zobrazit linii tolerance rizika, která udává oblast, za kterou již nejsou rizika akceptovatelná (obvyčně v průběhu žlutého pole).

Výsledek zhodnocení rizik projektu je zobrazen na následujícím obrázku. Linie tolerance je odlišena barevně – zeleně značená jsou akceptovatelná rizika (nízká závažnost 0 – 5 bodů), žlutá rizika jsou akceptovatelná pouze za mimořádných okolností (střední závažnost 6 – 12 bodů) a červená rizika jsou neakceptovatelná (vysoká závažnost 13 – 25 bodů). Jednotlivá rizika jsou popsána níže.

**Obrázek 7** – Matice rizik, pravděpodobnost výskytu



Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 14 popisuje report závažnosti identifikovaných rizik znázorněných v matici. Tento report je stručným popisem rizik, která se v projektu mohou objevit. Kompletní seznam identifikovaných rizik lze najít v příloze 1. Rizika jsou rozdělena do několika skupin: provozní, časová, administrativní, finanční, technická, ekologická, sociální, právní a obchodní.

**Tabulka 14** - Report závažnosti identifikovaných rizik

Číslo rizika	Report závažnosti identifikovaných rizik	Číslo rizika	Report závažnosti identifikovaných rizik
1	Nedostatečné řízení projektu, pomalé rozhodování a schvalování. Podcenění potřeb řízení projektu. Nedostatečně fungující proces rychlého a oficiálního rozhodování a schvalování. Dopadem může být ohrožení dosažení cílů, výrazné zpomalení projektových prací.	13	Směnný kurz - projekt je uzavřen v cizí měně nebo nakupuje v cizí měně materiál a další dodávky, kurz není stabilní a jeho změny mohou ovlivnit příchozí platby od zákazníka a platby dodavatelům.
2	Projektový management (neefektivní a problémová spolupráce členů projektového týmu, nekvalitní provedení zadaných úkolů)	14	Neočekávaná změna cen vstupů.
3	Projektový management, nezajištění odpovídajícího množství odborných pracovníků.	15	Neudržení výstupů dle smlouvy o poskytnutí úvěru a následné sankce.
4	Nastavení nesprávného kontrolního systému - opožděné odhalení problémů a dopad na kvalitu výstupu.	16	Nedostatek finančních prostředků pro provoz.
5	Nezískání potřebných povolení k realizaci projektu ve stanoveném čase z hlediska včasného zahájení realizace projektu ve stanoveném harmonogramu	17	Složitost konstrukčních postupů, netradiční řešení.
6	Zpoždění prací z jakéhokoliv důvodu (externí i interní vlivy).	18	Zvýšený výskyt poruch a opravy zařízení.
7	Podnebí a sezónnost počasí, riziko povodní, zemětřesení apod. případně další místní podmínky v místě dodávky nebo provozu produktu.	19	Úrazy následkem zasažení pracovníků elektrickým proudem.
8	Nezískání všech potřebných povolení a souhlasů od dotčených orgánů a subjektů.	20	Negativní dopad výstupu na životní prostředí.
9	Formální či věcné chyby ve vypracování podkladů o žádosti o půjčku a jejich příloh.	21	Nezájem komunity o projekt.
10	Nesprávně vypracovaná projektová smlouva v jakékoliv úrovni.	22	Právní a regulační prostředí - Nejsou známa regulační omezení a jejich dopad na produkt a realizaci projektu.
11	Administrativní překážky (administrativní náročnost monitoringu projektu).	23	Náhrady škod, smluvní pokuty, odstoupení od smlouvy, vandalismus, krádeže. Hrozí riziko vymáhání škod ze strany zákazníka nebo uplatnění smluvních pokut.
12	Riziko nezískání potřebného závazného příslibu k úvěrovému financování, resp. Podpisu úvěrové smlouvy.	24	Aplikované právo, smluvní vztahy. Smlouvy nebyly řádně prověřeny, podepisují se smlouvy se složitou strukturou nebo podle jiného práva, připravené zákazníkem.

Zdroj: Vlastní zpracování

## 5.8 Finanční analýza projektu

Finanční analýza modelového projektu výstavby solárních systémů ve vybrané rurální oblasti v Ghaně je koncipovaná na dobu životnosti solárních panelů, projekce na 15 let. Finanční analýza je vypracovaná pro každou variantu projektu. Každá varianta vykazuje CF, které představuje rozdíl mezi příjmy a výdaji peněžních prostředků za dané období.

Jak počáteční, tak produkční náklady byly zjištěny a kalkulovány na základě současných cen daných položek v Ghanské republice. Tyto položky byly odcitovány ze zdroje, ze kterého bylo čerpáno. Následně byly zjištěné ceny konzultovány s experty, aby výsledná kalkulace co nejvíce odpovídala požadavkům projektu na nižší investice.

Spotřeba elektřiny na rok v Ghaně na osobu činí 246 kWh/rok.<sup>44</sup> Tento údaj byl zahrnut do kalkulace celkové spotřeby školy ve venkovské oblasti v Ghaně. Do celkové spotřeby je zahrnuto světlo, zpracování i uchování potravin, ohřev užitkové vody, chladicí technologie, počítače, telefony, audio, video, a další. Dále byla připočítána 30 % rezerva. Celková spotřeba elektřiny na školské zařízení činí 31 980 kWh/rok, 2 665 kWh/měsíc.

Pro detailnější výpočet nám posloužila solární kalkulačka.<sup>45</sup> Tato kalkulačka nám pomohla vypočítat počet solárních panelů nutných k instalaci systému. Počítáme se spotřebou na den 88,83 kWh, s průměrnými slunečními hodinami v daném místě za den (6 hod)<sup>46</sup> a s 250 W solárním panelem. Výsledkem této kalkulace je 69 panelů.

Zároveň v případě třetí varianty počítáme i kapacitu akumulátoru, kterou se dozvíme rovněž ze solární kalkulačky. V kalkulaci je navržena kapacita 7 záložních dnů v případě deštivého či velmi zataženého období. Kalkulace počítá s 10 % ztrátou účinnosti. Při výsledku 684 kWh a napětí baterie 24 V, je vypočítána kapacita akumulátoru 28 501 Ah. Z těchto výpočtů také vyplývá, že je potřeba regulátor nabíjení, který má alespoň 710 Ah. Všechny výsledky solární kalkulačky lze nalézt

---

<sup>44</sup> Index Mundi. 2012. *Electricity consumption per capita* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=81000>>.

<sup>45</sup> Green world store. 2015. *Offgrid Solar PV System Calculator* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.gwstore.co.za/site/tools/index.php?type=offgrid>>.

<sup>46</sup> Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). *Joint research centre* [online]. 2012 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>>.

v příloze 2 – Energetická solární kalkulačka a v příloze 3 – Solární kalkulačka pro výpočet akumulace energie v bateriích.

Podle cenových tarifů byla zjištěna cena elektřiny v Ghaně (kWh) a to v hodnotě 0,43 GHC, která odpovídá 2,7 Kč.<sup>47</sup> Na základě uvedených vstupních údajů bylo vypočteno, že roční náklady za spotřebovanou energii sledovaného školského zařízení by činily v přepočtu 86 084 Kč/rok v případě, že by daná škola měla možnost čerpat tuto energii z elektrické sítě. Protože však škola nemá možnost se na síť napojit, vyrábí energii spalováním fosilních paliv (nafta) ve vlastním starším agregátu a její náklady spotřeby energie reálně činí 215 209 Kč/rok. Projekt dále zkoumal možnost nahrazení současného systému výrobou energie z obnovitelných solárních zdrojů, při zachování úrovně roční spotřeby. Na zabezpečení dané spotřeby by škola musela pořídit 69 solárních panelů, každý o jednotkovém výkonu 250 kWh/rok. S ohledem na znalost ceny pořízení jednoho panelu v dané oblasti (6 530 Kč/ks)<sup>48</sup> lze vyčíslit přímé investiční náklady na 450 570 Kč.

Dle serveru Energy Informative <sup>49</sup> z roku 2015, který se zabývá případovými studiiemi a cenami solárních panelů, je v CF u každé varianty počítáno s 15% náklady na instalaci a 10% provozními výdaji (sledování, údržba, opravy, pojištění, aj.) z celkových investičních nákladů.

Z pohledu provozních nákladů fotovoltaický systém vyžaduje velmi málo údržby. Jednou za rok je nutná prohlídka elektrické instalace revizním technikem. Údržba se samozřejmě liší podle typu solárního zařízení. V případě první varianty (systém s přímým napájením) jde o jednoduchou údržbu omývání panelu měkkou houbou a vodou, aby nedocházelo ke znečišťování modulů (např. listí, prach, aj.) a nesnižoval se tak výnos těchto modulů. V případě druhé varianty je potřeba se starat nejen

---

<sup>47</sup> Electricity Company of Ghana Limited. 2015. *Publication of new tariffs October 14 - 2014*. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.ecgonline.info/index.php/customer-care/approved-tariff>>.

<sup>48</sup> Solar light. 2014. *Solar panels* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://solar-light.com/product-category/products/solar-panel/>>.

<sup>49</sup> Energy Informative. *How Much Do Solar Panels Cost* [online]. 2015 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z WWW: <<http://energyinformative.org/solar-panels-cost/#case-study>>.

o znečištění modulu, ale také o kontrolu diesel generátoru a zajištění jeho dostatku. U třetí varianty je údržba solárního systému založena jak na pravidelné údržbě znečištění solárních panelů, tak na kontrole jeho baterií.

Investiční náklady se skládají ze čtyř podsložek. Náklady na solární panely jsou vypočítány podle 69 panelů potřebných k instalaci vynásobených cenou za solární panel v Ghaně (6 530 Kč/ks). Zároveň jsou k této podsložce připočítány komponenty, které zvolená varianta potřebuje k instalaci. V případě varianty č. 1 jde právě vyprodukovaná elektřina přímo do spotřebičů. Není tedy třeba vynakládat další investiční náklady na komponenty, jelikož potřebná originální kabeláž s koncovkami na propojení systému je již zahrnuta v ceně. U druhé varianty je nutné připočítat také střídač neboli měnič napětí<sup>50</sup> a u třetí varianty se k těmto komponentům řadí také cena regulátoru dobíjení. Celková cena je uvedena v CF u každé varianty zvlášť. Další podsložkou investičních nákladů je diesel agregát. Tato podsložka se týká pouze druhé varianty, která počítá s připojením diesel generátoru k systému. U tohoto nákladu lze těžko předvídat jeho budoucí vývoj, jelikož pohonné hmoty mají z pohledu ceny neustále kolísavý charakter. Off-grid systém třetí varianty je vybaven bateriovým systémem, který zajišťuje optimalizovaný výkon pro nejnižší náklady životního cyklu. Často je při instalaci off-grid systémů omezený rozpočet a je nutné vybrat nabíjení s nejnižšími počátečními náklady. Nicméně, nejlevnější baterie nejsou vždy nejvíce nákladově efektivní. Výběr baterie musí být odpovídat každému systému podle jeho velikosti a zvláštních požadavků.

Provozní příjmy jsou vyjádřeny jako úspora provozních výdajů oproti současnému stavu. Jedná se o rozdíl nákladů na výrobu potřebného množství energie za současných podmínek proti provozním nákladům posuzované varianty:

- úspora činí 60 % v případě varianty č. 1 (předpoklad, že současný agregát je nahrazen výrobou energie ze slunce, avšak je zapojen za nepříznivého počasí),

---

<sup>50</sup> Solar light. 2014. *Inverter* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://solar-light.com/product-category/products/inverter/>>.

- úspora činí 80 % v případě varianty č. 2 (starý agregát vyřazen z provozu, ale v případě neslunečných dní je využíván nový diesel agregát, který má však efektivnější spotřebu paliva),
- úspora činí 100 % v případě varianty č. 3 (předpoklad, že současný agregát je vyřazen z provozu a je plně nahrazen výrobou energie ze slunce, v případě neslunečných dní je zapojeno čerpání uložené energie z baterií).

Financování celého projektu má následující možnosti:

- Úvěr – Projekt bude financovat samotná škola, která si vezme 100% úvěr z banky, který bude splácet z uspořené peněz za výrobu energie,
- Úvěr a vlastní zdroje – Škola vloží do projektu 50 % svých vlastních zdrojů, které má uspořené a vezme si úvěr z banky pro pokrytí zbylých 50 %,
- Dotace – Na financování celého projektu se bude podílet stát, ministerstvo či škola zažádá o grant.

### 5.8.1 Cash flow navrhovaných variant

**Tabulka 15** – CF varianty č. 1, systém s přímým napájením

ROK	t = čas														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Investiční výdaje</b>	518 156 Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč
Solární panely	450 570 Kč														
Diesel agregát	- Kč														
Baterie	- Kč														
Náklady instalace	67 586 Kč														
<b>Provozní výdaje</b>	- Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč
Sledování, opravy, údržba, mzdy, pojištění, režijní náklady	- Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč	51 816 Kč
<b>Provozní příjmy</b>	- Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč
Úspora provozních výdajů oproti současnému stavu		129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč	129 126 Kč
<b>Cashflow projektu</b>	- 518 156 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč	77 310 Kč
<b>Kumulované cashflow projektu</b>	- 518 156 Kč	-440 845 Kč	-363 535 Kč	-286 225 Kč	-208 915 Kč	-131 605 Kč	- 54 295 Kč	23 015 Kč	100 325 Kč	177 635 Kč	254 945 Kč	332 256 Kč	409 566 Kč	486 876 Kč	564 186 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

**Tabulka 16** - CF varianty č. 2, hybridní systém s diesel agregátorem

ROK	t = čas														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Investiční výdaje</b>	746 906 Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč
Solární panely + komponenty	475 570 Kč														
Diesel agregát	200 000 Kč														
Baterie	- Kč														
Náklady instalace	71 336 Kč														
<b>Provozní výdaje</b>	- Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč
Sledování, opravy, údržba, mzdy, pojištění, režijní náklady	- Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč	74 691 Kč
<b>Provozní příjmy</b>	- Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč
Úspora provozních výdajů oproti současnému stavu		172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč	172 168 Kč
<b>Cashflow projektu</b>	-746 906 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč	97 477 Kč
<b>Kumulované cashflow projektu</b>	-746 906 Kč	-649 429 Kč	-551 952 Kč	-454 475 Kč	-356 998 Kč	-259 521 Kč	-162 044 Kč	- 64 567 Kč	32 910 Kč	130 387 Kč	227 864 Kč	325 341 Kč	422 818 Kč	520 295 Kč	617 772 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

**Tabulka 17 - CF varianty č. 3, systém s akumulací elektrické energie**

ROK	t = čas														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Investiční výdaje</b>	676 298 Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč
Solární panely + komponenty	483 070 Kč														
Diesel agregát	- Kč														
Baterie	120 768 Kč														
Náklady instalace	72 461 Kč														
<b>Provozní výdaje</b>	- Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč
Sledování, opravy, údržba, mzdy, pojištění, režijní náklady	- Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč	67 630 Kč
<b>Provozní příjmy</b>	- Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč
Úspora provozních výdajů oproti současnému stavu		215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč	215 209 Kč
<b>Cashflow projektu</b>	- 676 298 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč	147 580 Kč
<b>Kumulované cashflow projektu</b>	- 676 298 Kč	- 528 718 Kč	- 381 139 Kč	- 233 559 Kč	- 85 980 Kč	61 600 Kč	209 180 Kč	356 759 Kč	504 339 Kč	651 918 Kč	799 498 Kč	947 078 Kč	1 094 657 Kč	1 242 237 Kč	1 389 817 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování



### 5.8.2 Ukazatele efektivity investice

Pro tento modelový projekt byly jako ukazatele efektivity investice zvoleny metody čisté současné hodnoty, vnitřního výnosového procenta a doby návratnosti. Tabulka 18 znázorňuje tyto ukazatele pro každou variantu zvlášť, výpočet byl proveden pro projekci 15 let.

**Tabulka 18** - Ukazatele efektivity investic

	V1	V2	V3
<b>Čistá současná hodnota (NPV)</b>	564 186 Kč	617 772 Kč	1 389 817 Kč
<b>Vnitřní výnosové procento (IRR)</b>	12 %	9 %	20 %
<b>Doba návratnosti</b>	7	8	5

*Zdroj: Vlastní zpracování*

Dle první varianty dojde k navrácení investice u první varianty za 7 let, u druhé varianty za 8 let a variantě s akumulací energie se podaří zaplatit investici za 5 let. Kromě zaplacení investice v relativně krátkém období budou mít všechny varianty pozitivní efekt z toho, že ročně zaplatí méně za energii. Varianta s přímým napájením bude platit 40 % toho co dnes, varianta s připojeným diesel generátorem bude platit ročně jen 20 % toho co dnes a varianta s akumulací energie po splacení investice nebude mít za energii skoro žádné náklady.

Dále lze z tabulky 18 vyčíst, že čistá současná hodnota investice je u všech tří zkoumaných variant kladná, což znamená, že projekt je přípustný pro každou variantu. Vnitřní procento, které označuje, kolik procent se na dané realizovatelné variantě vydělá, je při zvážení časové hodnoty peněz nejvyšší u poslední varianty, kde činí 20 %.

## 6 DISKUZE

Předkládaná práce prostřednictvím modelového projektu prezentuje možnou formu rozvojové pomoci pro energeticky chudý objekt v rurální oblasti v Ghaně. Prostředky využitě na rozvojovou pomoc v případě tohoto modelového projektu byly soustředěny především na instalaci vhodného autonomního solárního systému.

Zabýváme-li se možnostmi zajištění energie v rozvojových projektech, první možností, která se nabízí, je rozšíření sítě. Rozšíření přenosné energetické linky je často příliš nákladné. Velkým problémem jsou zejména velké vzdálenosti mezi oblastmi, které mají být pokryty nebo projetí obtížným terénem. Pro potenciální uživatele elektřiny je také nutné zajistit finanční životaschopnost. Ta často není k dispozici v malých a rozptýlených venkovských sídlech. Na druhé straně samostatné, snadno přístupné systémy jsou relativně levné a snadno se udržují.

Oproti zajištění energie pomocí rozšíření sítě je off-grid systém nákladově efektivnější volbou. Solární domácí systémy jsou častým řešením k zajištění přístupu energie v izolované domácnosti. V těchto samostatných systémech nevznikají žádné přenosové a distribuční náklady. Dobře udržovaný, kvalitně vyprojektovaný a propracovaný systém může fungovat i více než 25 let. Oproti současné situaci, kdy ve většině domácností je použit pouze generátor (nafta), který je velmi drahou a neekologickou variantou, jde o ekologicky vhodnou alternativu k přístupu energie a v delším časovém horizontu jde o jistou úsporu finančních prostředků. Je důležité, aby byla dodržována kritéria udržitelnosti a ekologické únosnosti prostředí. Počáteční investiční náklady jsou vyšší než u jiných technologií. Jde ale především o možnost umístění takových technologií, které mohou přispět k efektivnějšímu a udržitelnému řešení pro zlepšování přístupu k možnostem získání energie ve venkovských oblastech.

Cílem modelového projektu bylo i ověřit metodiku komparace s využitím MCA, kdy se ukázala závislost na volbě kritérií. Výsledek je vždy závislý na volbě zvolených kritérií, což může být výhoda např. ve formě zohlednění zájmů místní komunity, ale i nevýhoda - jako je např. zkreslení výsledků díky zvýhodnění a znevýhodnění počtu kritérií rozdělených do různých hledisek.

Vhodnost byla posuzována prostřednictvím modelového projektu, kde byly zvoleny tři alternativy. Při daném stanovení kritérií se jeví jako nejvhodnější varianta s akumulací energie. Ovšem vhodnost variant je vždy závislá na volbě kritérií a jejich vah. Z hlediska metodiky je nutné se také zabývat pohledem na účinnost systému během celoročního provozu, tzn. během období dešťů, nedostatku slunečního svitu, aj. Z investičního hlediska je velice zajímavé pořídit variantu přímého napájení na spotřebič. Tato varianta má i poměrně rychlou návratnost. V případě této varianty je větší pravděpodobnost výpadku dodávky proudu, jde tedy o nestabilní přísun energie a zmíněná varianta neumožňuje získání více energie ze solárních panelů, jak je tomu u dalších variant. Není tedy možné použít energii v noci. Off-grid hybridní systém druhé varianty má také své výhody i nevýhody. Jde o poměrně stabilní zdroj pro získání energie. V případě, že slunce na systém intenzivně nesvítí, má tento systém záložní zdroj – diesel agregát. I přes tuto výhodu je zde nejmenší environmentální přínos a počáteční investice jsou největší ze všech zkoumaných variant. Zároveň i doba návratnosti je z navrhovaných alternativ nejdelší. Solární systém s akumulací elektrické energie je velmi stabilním zdrojem pro získání energie. Lze ho použít bez omezení a zvyšuje tak kvalitu života obyvatel. Jeho počáteční investice jsou o něco vyšší než u první varianty a to z důvodu potřebných komponentů k zajištění dodávky energie i v noci, v případě deštivých dnů, aj. Doba návratnosti je u tohoto projektu pouhých pět let, jde o nejkratší dobu ze všech tří navrhovaných variant.

Po porovnání všech tří variant z hlediska provedené multikriteriální analýzy a metodiky práce pro tento rozvojový modelový projekt, doporučuji třetí variantu projektu. A to především z důvodu, že off-grid systém třetí varianty je vybaven bateriovou soustavou, která zajišťuje optimalizovaný výkon pro nejnižší náklady životního cyklu. Tento autonomní solární systém pro instalaci školského objektu v rurální oblasti v Ghaně je navržen tak, aby plnil veškeré požadavky tohoto systému po celý den. Navrhují použití speciálních sodných chlorid-nikelnatých baterií používaných pro skladování energie z důvodu vysoké teploty, při které musí systém kvalitně fungovat. Tento typ baterií je schopen zajistit dlouhodobý kalendářní a životní cyklus i přes vysoké teploty, které na území Ghany panují. Poskytují očekávanou životnost delší než 10 let.

Tento komplexní systém umožňuje mít k dispozici energii i v době, kdy je sluneční aktivita nízká. V oblasti, kde je až 300 slunečných dní v roce, lze předpokládat velkou úspěšnost a účinnost projektu.

Rozvojové projekty jsou spojeny s určitými riziky. Tato průřezová aktivita by se v projektu měla vykonávat nepřetržitě a to v průběhu všech fází projektu. Je nevyhnutelná pro sledování vývoje projektu, přijímání opatření a hodnocení, zda projekt může naplnit své cíle a dodržet stanovené rozpočtové i časové limity. Rizika můžeme částečně snížit, pokud zapojíme širokou komunitu lokální oblasti do procesu projektu.

Výsledky analýzy a zhodnocení ekonomické efektivity, včetně rizik jednotlivých variant autonomního solárního systému, lze použít jako výchozí podklad pro zvýšení efektivity rozvojové pomoci za současného dodržování kritérií udržitelného rozvoje.

## 7 ZÁVĚR

Rozvojová pomoc by měla být zaměřena zejména na zvyšování efektivnosti využívání obnovitelných zdrojů s důrazem na udržitelnost navrhovaných řešení v rurálních oblastech. Nejenom po stránce ekonomické, ale i po stránce ekologické a sociální. Velký důraz by měl být kladen na zapojování místních aktérů, nejen vedoucích komunit, ale také ostatních občanů konkrétních oblastí. Jejich společná komunikace a spolupráce (i s odborníky na danou tematiku) pro ně bude jistě výrazným posunem k dosažení nemalých cílů ke zlepšení jejich života na vesnicích i v malých městech.

Autonomní solární systémy jsou vhodné pro zajištění energie v rozvojových projektech po celém světě z důvodu jejich relativně snadné instalace, údržby a nezávislosti na rozvodové síti. Nicméně, počáteční investiční náklady jsou vyšší než u jiných technologií. Jde ale především o možnost umístění takových technologií, které mohou přispět k efektivnějšímu a udržitelnému řešení pro zlepšování přístupu k možnostem získání energie zejména v odlehlých venkovských oblastech.

Z výsledků modelového projektu zaměřeného na komparaci a vyhodnocení ekonomické efektivnosti a rizik alternativních variant využití autonomních solárních systémů v reálných podmínkách rurální oblasti v Ghaně vyplývá řada poznatků, nejen co se týče vhodnosti uvažovaných variant, ale také způsobu jejich posouzení a výběru.

Pro rurální oblast, kde je dostatek slunečního svitu, prostory pro instalaci solárního systému a kde je komunita, která je schopna se o nainstalovaný autonomní systém postarat se z uvažovaných alternativ jeví jako nejvhodnější varianta s akumulací energie. Tento komplexní systém umožňuje mít k dispozici elektřinu i v době, kdy je sluneční aktivita nízká. Jde o variantu s rychlou dobou návratnosti investice a z navrhovaných variant má největší čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento.

Pro posuzování vhodnosti alternativních variant autonomních solárních systémů v rozvojových projektech lze doporučit metodu MCA, která umožňuje prostřednictvím volby kritérií jejich váhy zohlednit konkrétní podmínky regionu a zájmy lokální komunity. Tyto kritéria je nezbytné definovat v rámci terénního šetření v souladu

s komunitou, respektovat její názory a místní podmínky a zapojit komunitu do celého projektu.

Obecným doporučením pro posuzování vhodnosti jednotlivých variant autonomních solárních systémů je využití MCA, kdy pro vymezení kritérií a jejich vah je potřeba zohlednit konkrétní podmínky regionu a zájmy lokální komunity, vhodné je zejména zapojení místních expertů a leaderů komunit do procesu návrhu projektu.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### *Knižní zdroje*

ALSEMA, Erik a Mariska J de WILD. *Environmental Impact of Crystalline Silicon Photovoltaic Module Production*. ISBN 10.1557/proc-0895-g03-05.

ALSEMA, Erik, Mariska de WILD-SCHOLTEN, Sudhanshu Sekhar PANDA, a J. K. RATH. *Reduction of Environmental Impacts in Crystalline Silicon Photovoltaic Technology: An Analysis of Driving Forces and Opportunities*. ISBN 10.1007/978-94-010-0632-3\_10.

BALCOMB, J. *Passive solar buildings*. Cambridge, Mass.: MIT Press, c1992, viii, 534 p. ISBN 02-620-2341-5.

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁČHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA. 2., aktualiz. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2012, 526 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4275-5.

EXNEROVÁ, Věra. *Globální problémy a rozvojová spolupráce: témata, o která se lidé zajímají*. Praha: Člověk v tísni, společnost při ČT, 2005, 255 s. ISBN 80-869-6100-1.

GRASSEOVÁ, Monika, Radek DUBEC a David ŘEHÁK. *Analýza v rukou manažera: 33 nejpoužívanějších metod strategického řízení*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 325 s. ISBN 978-80-251-2621-9.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002, 323 s. ISBN 80-864-1942-8.

KORECKÝ, Michal a Václav TRKOVSKÝ. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 583 s. ISBN 978-80-247-3221-3.

MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. *Fotovoltaika, elektřina ze slunce*. 1. vyd. Brno: ERA, 2007, vii, 81 s. ISBN 978-80-7366-100-7.

ROLLAND, Simon a Guido GLANIA. 2011. Alliance for Rural Electrification: *Hybrid mini-grids for rural electrification: lesson learned*. 72 s. Belgium.

ROSSI, Peter H, Mark W LIPSEY a Howard E FREEMAN. *Evaluation: a systematic approach*. 7 vyd. Thousand Oaks, CA: Sage, 2004, 470 s. ISBN 07-619-0894-3.

SCHEER, Hermann. *The solar economy: renewable energy for a sustainable global future*. Sterling, VA: Earthscan, 2002, xx, 347 p. ISBN 18-538-3835-7.

SEN, AMARTYA: *Development as Freedom*. Oxford: Oxford University Press. 1999. 384 s. ISBN 0192893300.

SKEIKER, Kamal. Correlation of global solar radiation with common geographical and meteorological parameters for Damascus, Syria. *Energy Conversion and Management*, 2006. vol. 47, p. 331-345. ISBN 10.1016/j.enconman.2005.04.012.

TODARO, Michael P. a Stephen C. SMITH. *Economic development*. 10. vyd. Boston: Addison Wesley, 2009, 829 s. ISBN 0-201-77051-2.

### ***Dokumenty a studie v elektronické podobě***

BECHNÍK, Bronislav, Radim BAŘINKA a Pavel ČECH. *Analýza životního cyklu fotovoltaických systémů*. CZREA [online]. 2007 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.czrea.org/files/pdf/BechnikBarinkaCech.pdf>>.

BERANOVSKÝ, Jiří. *Kritéria pro systémové plánování obnovitelných energetických zdrojů*. In: Ekowatt [online]. 2001 [cit. 2015-05-12]. Dostupné z WWW: <[http://new.ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/kriteria\\_pro\\_syste move\\_planovani\\_oze.PDF](http://new.ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/kriteria_pro_syste move_planovani_oze.PDF)>.

MALEČKOVÁ, Veronika, Martin SIVEK a Jakub JIRÁSEK. *Doba návratnosti*. Geologie VBZ [online]. 2012 [cit. 2015-05-12]. Dostupné z WWW: <[http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/5\\_teorie.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/5_teorie.html)>.



PONCAROVÁ, Jana. ANALÝZA: Obnovitelné zdroje v Keni. *Rozvojovka* [online]. 2010 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.rozvojovka.cz/analyzy/71-analyza-obnovitelne-zdroje-v-keni.htm>>.

STOJANOV, Robert a kol. Humanitární pomoc a rozvojová spolupráce. *Rozvojovka* [online]. 2008 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.rozvojovka.cz/rozvojova-spoluprace/humanitarni-pomoc-a-rozvojova-spoluprace>>.

ŠŮRI, Marcel, HULD, Thomas A., D. DUNLOP, Ewan a OSSENBRINK, Heinz A. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. In: *Elsevier: Science Direct* [online]. 2007 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <[http://web.mit.edu/cron/project/urban-sustainability/Old%20files%20from%20summer%202009/Bjorn/solar/Potential%20of%20solar%20electricity%20generation\\_EU.pdf](http://web.mit.edu/cron/project/urban-sustainability/Old%20files%20from%20summer%202009/Bjorn/solar/Potential%20of%20solar%20electricity%20generation_EU.pdf)>.

TAUŠ, Peter. Plánovanie výstavby fotovoltaickej elektrárne na Slovensku – 1. In: *Energie 21*, 2009. č. 3, s. 38-41. [online]. 2009 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://energie21.cz/planovanie-vystavby-fotovoltaickej-elektrarne-na-slovensku-1/>>.

BBC News Africa. *Ghana profile* [online]. 2014 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.bbc.com/news/world-africa-13433790>>.

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY: *The World Factbook. Ghana*. [online]. 2013, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z WWW: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/gh.html>>.

Energy Informative. *How Much Do Solar Panels Cost* [online]. 2015 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z WWW: <<http://energyinformative.org/solar-panels-cost/#case-study>>.

Electricity Company of Ghana Limited. 2015. *Publication of new tariffs October 14 - 2014*. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.ecgonline.info/index.php/customer-care/approved-tariff>>.

Fotovoltaika. *Czech RE Agency* [online]. 2007 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>>.

Fotovoltaika.vialoca.com [online]. 2009 [cit. 2015-03-02]. Podmínky - Fotovoltaika. Dostupné z WWW: <<http://fotovoltaika.vialoca.com/fotovoltaika-vcv/podminky.html>>.

Ghana Web. *The Country Ghana* [online]. 2013 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z WWW: <[http://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage/country\\_information/](http://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage/country_information/)>.

Green world store. 2015. *Offgrid Solar PV System Calculator* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.gwstore.co.za/site/tools/index.php?type=offgrid>>.

Index Mundi. 2012. *Electricity consumption per capita* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=81000>>.

Lighting Africa. *Energy Sector Overview* [online]. 2013 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z WWW: <[http://www.lightingafrica.org/component/docman/doc\\_download/306-ghana-policy-report-note.html](http://www.lightingafrica.org/component/docman/doc_download/306-ghana-policy-report-note.html)>.

Mother-earth solar. *Solar energy system* [online]. 2013 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z WWW:<[http://www.mother-earth-solar.com/Solar\\_Energy\\_Systems-The\\_Primer.htm#OFF-Grid\\_System\\_With\\_Generator](http://www.mother-earth-solar.com/Solar_Energy_Systems-The_Primer.htm#OFF-Grid_System_With_Generator)>.

Multikriteriální analýza. *In: KVIC* [online]. 2013 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z WWW: <[www.kvic.cz/soubor/1366/Multikriterialnianaalyza.pdf](http://www.kvic.cz/soubor/1366/Multikriterialnianaalyza.pdf)>.

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). *Joint research centre* [online]. 2012 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>>.

Progress, slice by slice. While the thin-film sector has been able to announce ever greater capacities, increasingly efficient technologies might also be established in wafer production for standard crystalline silicon solar cells in: *Sun & Wind Energy* 6/2008, pp. 132-142.

Resort životního prostředí: Udržitelný rozvoj. *Cenia, česká informační agentura životního prostředí* [online]. 2008 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <[http://www.cenia.cz/\\_\\_C12571B20041E945.nsf/\\$pid/MZPMSFHV0HSB](http://www.cenia.cz/__C12571B20041E945.nsf/$pid/MZPMSFHV0HSB)>.

Solar light. 2014. *Solar panels* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://solar-light.com/product-category/products/solar-panel/>>.

Solar light. 2014. *Inverter* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://solar-light.com/product-category/products/inverter/>>.

Solární panely – základní výhody a nevýhody. *Chytré bydlení* [online]. 2011 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.chytre-bydleni.cz/solarni-panely--zakladni-vyhody-a-nevyhody>>.

TZBinfo. *Kompletní regenerace panelových domů z pohledu snižování spotřeby energie a zlepšení kvality bydlení* [online]. 2010 [cit. 2015-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/6248-kompletni-regenerace-panelovych-domu-z-pohledu-snizovani-spotreby-energie-a-zlepseni-kvality-bydleni>>.

Výhody a nevýhody solární energie. *Solární energie* [online]. 2013 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.solarni-energie.info/vyhody.php>>.

The Hindu. *Improving the efficiency of solar panels* [online]. 2013 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.thehindu.com/sci-tech/science/improving-the-efficiency-of-solar-panels/article5265330.ece>>.

The World bank. *Electricity data* [online]. 2013 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PCv>>.

Výroba a distribuce elektřiny v Ghaně. *Velvyslanectví České republiky v Akkře* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzv.cz/accra/cz/obchod\\_a\\_ekonomika/informace\\_a\\_analyzy/vyroba\\_a\\_distribuce\\_elektriny\\_v\\_ghane.html](http://www.mzv.cz/accra/cz/obchod_a_ekonomika/informace_a_analyzy/vyroba_a_distribuce_elektriny_v_ghane.html)>.

Vysvětlení pojmu - on-grid systém. *Liglass solar* [online]. 2009 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.solar-liglass.cz/fotovoltaiicke-dotazy-a-odpovedi/94-on-grid-fotovoltaiika-fotovoltaiicky-panel.html>>.

Wholesale solar. *Off-grid system* [online]. 2013 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.wholesalesolar.com/StartHere/OFFGRID/>>.

## SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

<b>Tabulka 1</b> - Výhody a nevýhody solárních systémů .....	21
<b>Tabulka 2</b> - Přehled kritérií hodnocení .....	34
<b>Tabulka 3</b> – Způsob zpracování SWOT analýzy.....	35
<b>Tabulka 4</b> – Způsob zpracování závažnosti rizik v projektu .....	37
<b>Tabulka 5</b> – Způsob vyhodnocování výskytu rizik .....	37
<b>Tabulka 6</b> - Kriteriaální matice .....	46
<b>Tabulka 7</b> - Rozhodovací matice, vybraná kritéria různých variant .....	47
<b>Tabulka 8</b> - Převedení minimalizačních kritérií na maximalizační kritéria metodou nejhorší varianty .....	48
<b>Tabulka 9</b> - Kriteriaální matice - metoda váženého součtu.....	49
<b>Tabulka 10</b> - Výsledky normování .....	50
<b>Tabulka 11</b> - Stanovení vah kritérií expertním hodnocením .....	51
<b>Tabulka 12</b> - Stanovení nejvhodnější varianty .....	52
<b>Tabulka 13</b> - SWOT analýza .....	55
<b>Tabulka 14</b> - Report závažnosti identifikovaných rizik .....	58
<b>Tabulka 15</b> – CF varianty č. 1, systém s přímým napájením .....	63
<b>Tabulka 16</b> - CF varianty č. 2, hybridní systém s diesel agregátorem .....	63
<b>Tabulka 17</b> - CF varianty č. 3, systém s akumulací elektrické energie .....	64
<b>Tabulka 18</b> - Ukazatele efektivnosti investic .....	65
<b>Obrázek 1</b> - Schéma projektového cyklu.....	14
<b>Obrázek 2</b> – Potenciál globálního záření a solární energie na území Ghany .....	20
<b>Obrázek 3</b> - Off-grid systém s přímým napájením.....	24
<b>Obrázek 4</b> - Off-grid hybridní systém .....	25
<b>Obrázek 5</b> - Off-grid systém s akumulací elektrické energie .....	25
<b>Obrázek 6</b> - Výřez z mapy, pozice Ghany ve světě.....	38

## SEZNAM PŘÍLOH

<b>Příloha 1</b> – Hodnocení rizik a jejich nápravných opatření .....	79
<b>Příloha 2</b> – Energetická solární kalkulačka .....	81
<b>Příloha 3</b> – Solární kalkulačka pro výpočet akumulace energie v bateriích.....	82

# PŘÍLOHY

---

## Příloha 1 – Hodnocení rizik a jejich nápravných opatření

Riziko číslo	Popis rizika	Pravděpodobnost výskytu (A)	Dopad (B)	Skóre (A*B)	Závažnost	Návrh nápravných / preventivních opatření
0	Popis rizika	a	b	a*b	Vyberte z nabídky	Kroky, které riziko mitigují (snižují pravděpodobnost výskytu či snižují jeho dopad)
1	P1 Nedostatečné řízení projektu, pomalé rozhodování a schvalování. Podcenění potřeb řízení projektu. Nedostatečně fungující proces rychlého a oficiálního rozhodování a schvalování. Dopadem může být ohrožení dosažení cílů, výrazné zpomalení projektových prací.	3	4	12	Střední	Komunikování problémů, dodržování pravidel eskalace problémů. Projednání problémů a jejich promptní řešení na příslušné úrovni. Stanovení jasných hraničních termínů pro rozhodování o konkrétních řešeních, resp. Problematických otázkách. Nastavení projektového řízení a systému řízení kvality. Ustanovení jasné řídicí organizační struktury - vedoucí projektu (deleguje úkoly a nastavuje priority, schvaluje změny, jedná s dodavateli, hlídá plnění harmonogramu) a jeho podřízení, kteří mají jasné a termínované úkoly.
2	P2 Projektový management (neefektivní a problémová spolupráce členů projektového týmu, nekvalitní provedení zadaných úkolů)	4	3	12	Střední	Velká zainteresovanost spolupracovníků. Stanovení postupu sankcí při neplnění povinností. Ustanovení managementu projektu, který dohlíží na úkoly jednotlivých pracovníků. Je třeba pravidelnost porad, nastavení harmonogramu realizační fáze projektu. Nastavení projektového řízení a systému řízení kvality. Nastavení jasných komunikačních a eskalačních kanálů, ustanovení sankcí v případě pochybení či neodůvodněného prodlužení v plnění
3	P3 Projektový management, nezajištění odpovídajícího množství odborných pracovníků	2	3	6	Střední	Spolupráce pouze s prověřenými subjekty. Nastavení projektového řízení a systému řízení kvality. Důraz na proces výběru vhodných pracovníků, jasné vymezení kompetencí a pracovní náplně členů projektového týmu.
4	P4 Nastavení nesprávného kontrolního systému - opožděné odhalení problémů a dopad na kvalitu výstupu	3	5	15	Vysoká	Výběr vhodné odborné osoby pro dohled nad projektovými činnostmi a včasné odhalení problémů. Nastavení projektového řízení a systému řízení kvality. Ustanovení role manažera kvality, zodpovědného především za řízení procesu rizik a neočekávaných problémů (identifikace problému, přidělení vlastníka, dohled nad realizací nápravných opatření).
5	Č1 Nezískání potřebných povolení k realizaci projektu ve stanoveném čase z hlediska včasného zahájení realizace projektu ve stanoveném harmonogramu	3	2	6	Střední	Stanovení dostatečného času pro získání všech povolení. Před zahájením prací na projektu vydefinování jasné "roadmap" s klíčovými milníky co se získání povolení a úřední stránky týče, stanovení termínu pro plnění a odpovědných osob za jejich zajištění.
6	Č2 Zpoždění prací z jakéhokoliv důvodu (externí i interní vlivy)	3	4	12	Střední	Výběr vhodných partnerů a pracovníků. Před zahájením prací na projektu vydefinování jasné "roadmap" s klíčovými milníky, stanovení termínu pro plnění a odpovědných osob za jejich zajištění.
7	Č3 Podnebí a sezónnost počasí, riziko povodní, zemětřesení apod. případně další místní podmínky v místě dodávky nebo provozu produktu.	4	4	16	Vysoká	Pojištění proti přírodním hrozbám, respektování podnebí a počasí při výstavbě nebo uvádění do provozu.
8	A1 Nezískání všech potřebných povolení a souhlasů od dotčených orgánů a subjektů	1	5	5	Nízká	Výběr vhodných (spolehlivých a prověřených) partnerů projektu a obchodních partnerů s požadavky na kvalifikaci a zkušenost v oboru, solidní finanční zázemí.
9	A2 Formální či věcné chyby ve vypracování podkladů o žádosti o půjčku a jejich příloh	1	4	4	Nízká	Profesionálně vypracovaná žádost a projektová dokumentace se všemi náležitostmi, za kterou převezme zodpovědnost pověřená osoba (manažer).

10	A3	Nesprávně vypracovaná projektová dokumentace v jakékoliv úrovni	2	4	8	Střední	Věnovat zvýšenou pozornost vypracování projektové dokumentace a určit odpovědnou osobu.
11	A4	Administrativní překážky (administrativní náročnost monitoringu projektu)	1	4	4	Nízká	Dodržení všech podmínek smlouvy pro poskytnutí půjčky. Náprava je spojena s průběžnou kontrolou a odpovědnou osobou (manažer).
12	A5	Riziko nezískání potřebného závazného příslibu k úverovému financování, resp. Podpisu úvěrové smlouvy	2	5	10	Střední	Výběr vhodné bankovní instituce a vytvoření předběžné smlouvy o poskytnutí úvěru. Nutná odpovědnost za tyto smlouvy pověřením zodpovědné osoby (manažer).
13	F1	Směnný kurz - projekt je uzavřen v cizí měně nebo nakupuje v cizí měně materiál a další dodávky, kurz není stabilní a jeho změny mohou ovlivnit příchozí platby od zákazníka a platby dodavatelům.	2	3	6	Střední	Zajistit kurz nebo doložku k směnnému kurzu ve smlouvě, změnit měnu lateb od zákazníka nebo k dodavatelům, vyrovnat příchozí a odcházející platby v cizích měnách v projektu i mezi projekty.
14	F2	Neočekávaná změna cen vstupů	3	4	12	Střední	Zpracována projektová dokumentace a rozpočet, který odpovídá obvyklým cenám, nicméně musí zohledňovat možné změny. Bude vytvořena rozpočtová rezerva na případné neočekávané vícepráce.
15	F3	Neudržení výstupu dle smlouvy o poskytnutí úvěru a následně sankce	1	4	4	Nízká	Důsledná průběžná kontrola a určení odpovědné osoby (kvality manažer)
16	F4	Nedostatek finančních prostředků pro provoz	2	5	10	Střední	Vytvořit rezervu na jeden rok a průběžná kontrola. Pokud se blíží problém, hledání nových zdrojů na pokrytí zvýšených provozních nákladů.
17	T1	Složitost konstrukčních postupů, netradiční řešení	2	4	8	Střední	Zohlednit složitost při výběru systému a provádět zvýšenou kontrolní činnost. Doporučení výběru "standardního" řešení, které je oskoušené na více projektech.
18	T2	Zvýšený výskyt poruch a opravy zařízení	1	3	3	Nízká	Kontrola a pravidelná údržba strojů a dodržování pokynů k používání. Vyškolení vlastní osoby, která dokáže menší problémy řešit sama na místě bez nutnosti externího technika.
19	T3	Úrazy následkem zasažení pracovníků elektrickým proudem.	1	3	3	Nízká	Pracovníci musí být řádně seznámeni s obsluhou elektrických zařízení.
20	EN1	Negativní dopad výstupu na životní prostředí	2	4	8	Střední	Seznámit se s ekologickými postupy a požadavky ekologů a dodržovat je. Vybrat řešení, které má "zelený label".
21	S1	Nezájem komunity o projekt	3	5	15	Vysoká	Seznámit komunitu s pozitivy projektu, co jim daný projekt přinese za změny, jaký vliv to bude mít na jejich životy a jiné elementy života.
22	PR2	Právní a regulační prostředí - Nejsou známa regulační omezení a jejich dopad na produkt a realizaci projektu.	3	4	12	Střední	Opatřit informace prostřednictvím webových stránek vlády, místní agentury a v případě rizik využít vhodné místní agentury a poradce, přizpůsobit návrh projektu. Pověřeni odpovědné osoby.
23	PR3	Náhrady škod, smluvní pokuty, odstoupení od smlouvy, vandalismus, krádeže. Hrozí riziko vymáhání škod ze strany zákazníka nebo uplatnění smluvních pokut.	2	4	8	Střední	Omezit smluvně výši náhrady škod, uzavřít pojištění, přenést potenciální škody a pokuty vovalané subdodávky na dodavatele, přijmout opatření v návrhu produktu i mimořádná opatření při řízení.
24	PR4	Aplikované právo, smluvní vztahy. Smlouvy nebyly řádně prověřeny, podepisují se smlouvy se složitou strukturou nebo podle jiného práva, připravené zákazníkem.	2	3	6	Střední	Prověřit po věcné stránce (předmět, termíny, garanční doba, odpovědnost za škody, apod. a stránce právních formulací.

Zdroj: Vlastní zpracování



## Příloha 2 – Energetická solární kalkulačka

### Energy and Battery Calculations

#### Step 1 - How much power needed per day?

Total Watt Hours per day:

Tip: This is the total amount of energy you require over the course of the day but expressed in watts. If you use an average of 10kW/h per day, you are using 10 000watt hours perday.

Tip2: Another way to get to this figure is by looking at your monthly energy bill. Take the total number of kW/h (also called units) and divide it by 30 or the number days (if on the bill). This will give you a daily average. Multiply that figure by 1000, and you have your watt hours:)

Example: 385kW/h per month / 30 = 12.84kW/h x 1000 = 12840watt hours

#### Step 2 - System Autonomy

How many days of backup power do you want in case of cloudy/rainy days?

Tip: Batteries are very expensive, if you have eskom or an existing generator it is sometimes better to use less batteries and a Bi Directional Inverter.The inverter will use battery first and then draw of Eskom or a generator when battery power is low.

Tip: Typical values for rainy day calcs are 1 or 2 days but it really depends on the area.

#### Results

Battery Bank Capacity:

Note: A 10% efficiency loss has been included on the value below:)

watt hours

Select a battery bank voltage:

Tip: Voltage guidelines - 0 - 3000w = 12v, 3000w - 6000w = 24v, 6000w or greater = 48v

Tip: The rules are flexible, the above is just a guideline

Battery Bank Capacity:  amp hours

[Find the right batteries for your needs here.](#)

Zdroj: Energy calculation, Green world store

## Příloha 3 – Solární kalkulačka pro výpočet akumulace energie v bateriích

### Solar Panel/Controller Sizing

This calculator helps you size the solar panel(s) and charge controller(s) needed for your system.

#### Step 1: Hours of Sun

You need to determine the average number of sun hrs per day.

Manually enter the average sun-hours for your location.

6 hours

Tip: In general we would make this value 5.5hours as its the best balance between summer and winter. In more arid regions and hotter locations you can increase this to 6 or 6.5

Tip2: If you really want to get accurate about this and would like some more information of your potential generation check out the following link [Solar GIS](#)

#### Step 2: - Peak System Watts

The total wattage of Solar Panels that you need is:

Note: The value below includes 15% efficiency losses

17026.325 Watts, or 17.026325 kilowatts

#### Step 3: - Module and Regulator Info

How many solar panels do you need? That depends on the panel you choose.

Select the wattage of the panel your interested in, and see the results below:

250 W watts per panel

IMPORTANT NOTE ON REGULATORS: GW Store makes use primarily of MPPT (Maximum power point tracking) Regulators, only for low budget, application based or really small systems will we use PWM style regulators.

Tip: If you need any assistance with the above points please contact us for advise.

#### Results

You will need 69 panels for a total of 17250 watts.

You will need a charge controller that can handle at least 710 amps

Tip: The above amperage is if you configure the panels in parallel, using an MPPT allows you to configure series connections and keep the amperage low. Please contact us for more information on this topic:)

Zdroj: Battery calculation, Green world store