

Univerzita Pardubice

Fakulta ekonomicko-správní

Komparace ekonomických efektů využití fototermických a fotovoltaických  
solárních kolektorů v podmínkách českého energetického průmyslu

Lenka Dvořáková

Bakalářská práce

2018



Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lenka Dvořáková**  
Osobní číslo: **E15513**  
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**  
Studijní obor: **Ekonomika a provoz podniku**  
Název tématu: **Komparace ekonomických efektů využití fototermických a fotovoltaických solárních kolektorů v podmínkách českého energetického průmyslu**  
Zadávací katedra: **Ústav správních a sociálních věd**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je analyzovat současnou situaci využití fotovoltaických a fototermických solárních kolektorů v rámci české ekonomiky a jejich ekonomické parametry. Pozornost bude věnována oběma používaným typům kolektorů, do analýz bude zahrnuto i časové hledisko. Analyzovány budou vybrané ukazatele z oblasti udržitelnosti jak za fotovoltaiku, tak za fototermiku. Tyto ukazatele budou následně komparovány a cílem vyhodnotit míru využitelnosti obou typů panelů v ekonomickém kontextu ČR.

Osnova:

- Obnovitelné zdroje energie
- Energie slunce
- Fotovoltaika a fototermika
- Ekonomický rozbor variant fotovoltaiky a fototermiky v historii a dnes
- Komparace vybraných ukazatelů ekonomiky fototermiky vs. fotovoltaiky v historii a dnes

Rozsah grafických prací: –  
Rozsah pracovní zprávy: cca 35 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

KRAMER, M. a kol. Mezinárodní management životního prostředí. 1 vyd. Praha, C.H. Beck, 2005, 409s. ISBN 80-7179-919-X  
LADENER, H., SPATE, F. Solární zařízení. 1. vyd. Praha, Grada Publishing, 2003, 268s. ISBN 80-247-0362-9  
BERANOVSKÝ, J., MURTINGER, K. Fotovoltaika. Elektřina ze Slunce. 2.vyd. Brno, ERA vydavatelství, 2008, 82s. ISBN 978-80-7366-133-5  
TOUŠEK, J. Elektřina za Slunce - fotovoltaické systémy a jejich ekonomika. roč.79, č.12. Vesmír, 2000, 672s. ISSN 1214-4029  
LIBRA, M., POULEK, V. Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti. 2.vyd. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, 147s. ISBN 80-213-1488-5

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Robert Baťa, Ph.D.**  
Ústav správních a sociálních věd




Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2017**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2018**



doc. Ing. Romana Provačnicková, Ph.D.  
děkanka

L.S.



doc. Ing. Marcela Kožená, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2017

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně

a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 4 .2018

Lenka Dvořáková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu práce Ing. Robertu Baťovi Ph.D. za jeho odbornou pomoc, cenné rady a poskytnuté materiály, které mi pomohly při zpracování bakalářské práce.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce pojednává o ekonomickém využití fotovoltaických a fototermických solárních kolektorů v rámci současné české ekonomiky. Teoretická část je zaměřena na obnovitelné zdroje energie a následně pak podrobněji na sluneční energii. Praktická část je věnována komparaci ekonomických efektů fotovoltaiky a fototermiky.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*český energetický průmysl, fototermika, fotovoltaika, sluneční energie, solární kolektory, obnovitelné zdroje energie*

## **TITLE**

*Comparison of the economic effects of using photothermal and photovoltaic solar collectors in conditions of the Czech energy industry*

## **ANNOTATION**

*This bachelor's thesis deals with a topic of economical use of photovoltaic and photothermal solar collectors within the current Czech economy. The theoretical part is focused on renewable energy sources and then more specifically on solar energy. The practical part of is devoted to the comparison of economic effects of photovoltaics and photothermics.*

## **KEYWORDS**

*Czech energy industry, photothermics, photovoltaics, solar energy, solar collectors, renewable energy sources*

# OBSAH

ÚVOD .....	13
1. Dělení energetických zdrojů .....	14
2. Obnovitelné zdroje energie .....	16
2.1 Obnovitelné zdroje energie v ČR .....	17
3. Druhy obnovitelných zdrojů .....	19
3.1 Energie Slunce .....	20
3.1.1 Vznik sluneční energie .....	21
3.1.2 Princip slunečního záření .....	22
3.1.3 Energetická produkce Slunce .....	23
3.1.4 Faktory ovlivňující sluneční energii .....	23
3.1.5 Sluneční energie v ČR .....	24
4. Fotovoltaika .....	26
4.1 Technický princip fotovoltaiky .....	26
4.1.1 Fotovoltaický článek .....	27
4.1.2 Fotovoltaický panel .....	28
4.1.3 Fotovoltaický střídač (měnič) .....	29
4.1.4 Síťový solární systém .....	30
4.1.5 Ostrovní solární systém .....	31
4.2 Degradace solárních panelů .....	32
4.2.1 PID efekt .....	33
4.3 Fotovoltaika jako investice .....	33
4.4 Dotace na fotovoltaiku .....	34
4.4.1 Podmínky pro čerpání dotace .....	35
4.4.2 Sazba dotace .....	36
4.5 Ekonomický rozbor variant fotovoltaiky v historii a dnes .....	37
5. Fototermika .....	39
5.1 Technický princip fototermiky .....	39
5.1.1 Fototermický kolektor .....	40
5.1.2 Ostatní komponenty fototermického systému .....	42
5.2 Dotace na fototermiku .....	42
5.2.1 Podmínky pro čerpání dotace .....	42
5.2.2 Sazba dotace .....	42
5.3 Ekonomický rozbor variant fototermiky v historii a dnes .....	43



6.	Fotovoltaika jako zdroj energie pro vlastní potřebu.....	46
6.1	Popis fotovoltaické elektrárny .....	46
6.2	Výpočty fotovoltaického systému.....	47
6.3	Investice do FVE a jejich návratnost .....	48
6.3.1	Výpočet bez dotace.....	48
6.3.2	Výpočet s dotací.....	48
6.3.3	Návratnost investic .....	49
6.4	Energie vyprodukovaná FVE .....	50
6.5	Výroba energie FVE a úspora CO <sub>2</sub> .....	51
7.	Fototermika jako zdroj tepla pro ohřev vody .....	52
7.1	Popis fototermického systémů .....	52
7.2	Výpočty fototermického systému.....	52
7.3	Investice do fototermického systému a jejich návratnost.....	53
7.3.1	Výpočet bez dotace.....	54
7.3.2	Výpočet s dotací.....	54
7.3.3	Návratnost investic .....	55
7.1	Energie vyprodukovaná fototermickým systémem.....	55
7.1	Výroba energie fototermickým systémem a úspora CO <sub>2</sub> .....	56
8.	Komparace vybraných ukazatelů ekonomiky fototermiky vs. fotovoltaiky v historii a dnes 57	
	ZÁVĚR.....	58

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Důležité parametry Slunce.....	21
Tab. 2 Tabulky dotačních sazeb pro jednotlivé případy FVE a fototermických systémů .....	36
Tab. 3 Srovnání plochého solárního a trubicovitého vakuového kolektoru.....	41
Tab. 4 Všeobecné emisní faktory CO <sub>2</sub> .....	44
Tab. 5 Cena spotřebované elektřiny pro rok 2018 (D 01d použit pro modelový případ) .....	45
Tab. 6 Model fotovoltaického systému popsaného v podkapitole kapitole 6.1 .....	47
Tab. 7 Model fototermického systému popsaného výše .....	53
Tab. 8 Porovnání z finančního hlediska (modelový příklad použitý v této práci) počítaný pro 4,83Kč/ kWh (tarif D01d 2018).....	57

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1 Rozdělení energetických zdrojů dle obnovitelnosti.....	14
Obr. 2 Vývoj výroby elektřiny z OZE a z odpadů v časovém období 2003 - 2013.....	17
Obr. 3 Možnosti využívání OZE .....	19
Obr. 4 Mapa světa s izokřivkami průměrného ročního slunečního záření dopadajícího na vodorovný povrch ( $\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).....	20
Obr. 5 Průměrná energetická bilance zemského povrchu.....	22
Obr. 6 Izokřivky průměrné roční solární energie dopadající na jednotku plochy vodorovného povrchu země v České republice ( $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) .....	24
Obr. 7 Skladba fotovoltaického pole .....	27
Obr. 8 Druhy fotovoltaických článků .....	27
Obr. 9 Instalace solárních panelů na rovné střeše.....	29
Obr. 10 Průběh napětí a proudu při zatížení solárního panelu .....	30
Obr. 11 Síťový solární systém .....	31
Obr. 12 Ostrovní solární systém .....	32
Obr. 13 Odhadované prostředky v programu „Nová zelená úsporám .....	34
Obr. 14 Výkupní cena elektřiny z FVE mezi roky 2002-2011 bez Zeleného bonusu.....	37
Obr. 15 Výše výkupních cen elektřiny z FVE v případě Zeleného bonusu mezi roky 2004-2011 .....	38
Obr. 16 Fototermický systém.....	40
Obr. 17 Trubicový fototermický kolektor .....	41
Obr. 18 Schéma zapojení fotovoltaického systému aplikovaného na rodinný dům .....	46
Obr. 19 Návratnost investic .....	49
Obr. 20 Reálná roční výroba elektrické energie v kWh se započtení LID a PID degradace .....	50
Obr. 21 Celková výroba elektrické energie v kWh a úspora $\text{CO}_2$ v kg.....	51
Obr. 22 Návratnost investic .....	55
Obr. 23 Reálná roční výroba elektrické energie v Kč .....	55
Obr. 24 Celková výroba elektrické energie v kWh a úspora $\text{CO}_2$ v kg .....	56

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
FVE	fotovoltaické elektrárny
kWp	kilowatt-peak
LID	<i>Light Induced Degradation</i> (světelná indukovaná degradace)
MPP	<i>Maximal Power Point</i> (bod maximálního výkonu)
MPPT	<i>Maximal Power Point Tracker</i> (sledovač bodu maximálního výkonu)
NZÚ	Nová zelená úsporám
OZE	obnovitelné zdroje energie
PID	<i>Potential Induced Degradation</i> (potencionální indukovaná degradace)
STC	<i>Standard Test Conditions</i> (standartní testovací podmínky)
TKO	tuhý komunální odpad

## ÚVOD

Během posledních několika let došlo v České republice k významnému rozmachu fotovoltaiky, přestože má solární technika větší využití spíše v oblastech s vyšší intenzitou záření. Na tento boom měla vliv zejména finanční podpora ze strany státu. Česká vláda podporovala výrobu sluneční energie pomocí zavedení dotací na výstavbu fotovoltaických solárních elektráren. Vyplácené částky se rok od roku zvyšovaly, ovšem až do roku 2010, kdy dotace začaly naopak klesat a boom fotovoltaiky se umírnit.

Sluneční záření představuje pro naši planetu jeden z nejvýznamnějších zdrojů energie. Bohužel většina této energie není zužitkována a místo ní jsou využívána spíše fosilní paliva, jako například ropa, uhlí či zemní plyn. Těchto zdrojů se však na Zemi vyskytuje pouze omezené množství a po jejich vyčerpání je již nelze obnovovat. Avšak spotřeba energie stále stoupá a lidstvo čerpá tyto neobnovitelné zdroje mnohem rychleji, než bylo tempo jejich vzniku. Pokud by tato rychlost setrvala, brzy by došlo k jejich úplnému vyčerpání. To ale není zdaleka jediným a největším problémem.

Mnohem větší komplikací je fakt, že těžba a samotné zpracování fosilních paliv představuje obrovskou zátěž pro životní prostředí. Při těchto procesech vzniká velké množství metanu, oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů, u nichž se předpokládá, že mají negativní vliv na atmosféru. Zvýšená koncentrace těchto plynů v ovzduší může být hlavní příčinou změny přirozených klimatických podmínek na Zemi. Na základě skleníkového efektu, který by byl způsoben právě výše zmiňovanými plyny, poté může docházet k postupnému zvyšování teploty na planetě neboli globálnímu oteplování. To by pak mohlo mít za následek spoustu dalších nežádoucích jevů, jako je například tání ledovců a s nimi spojená stoupající hladina oceánů.

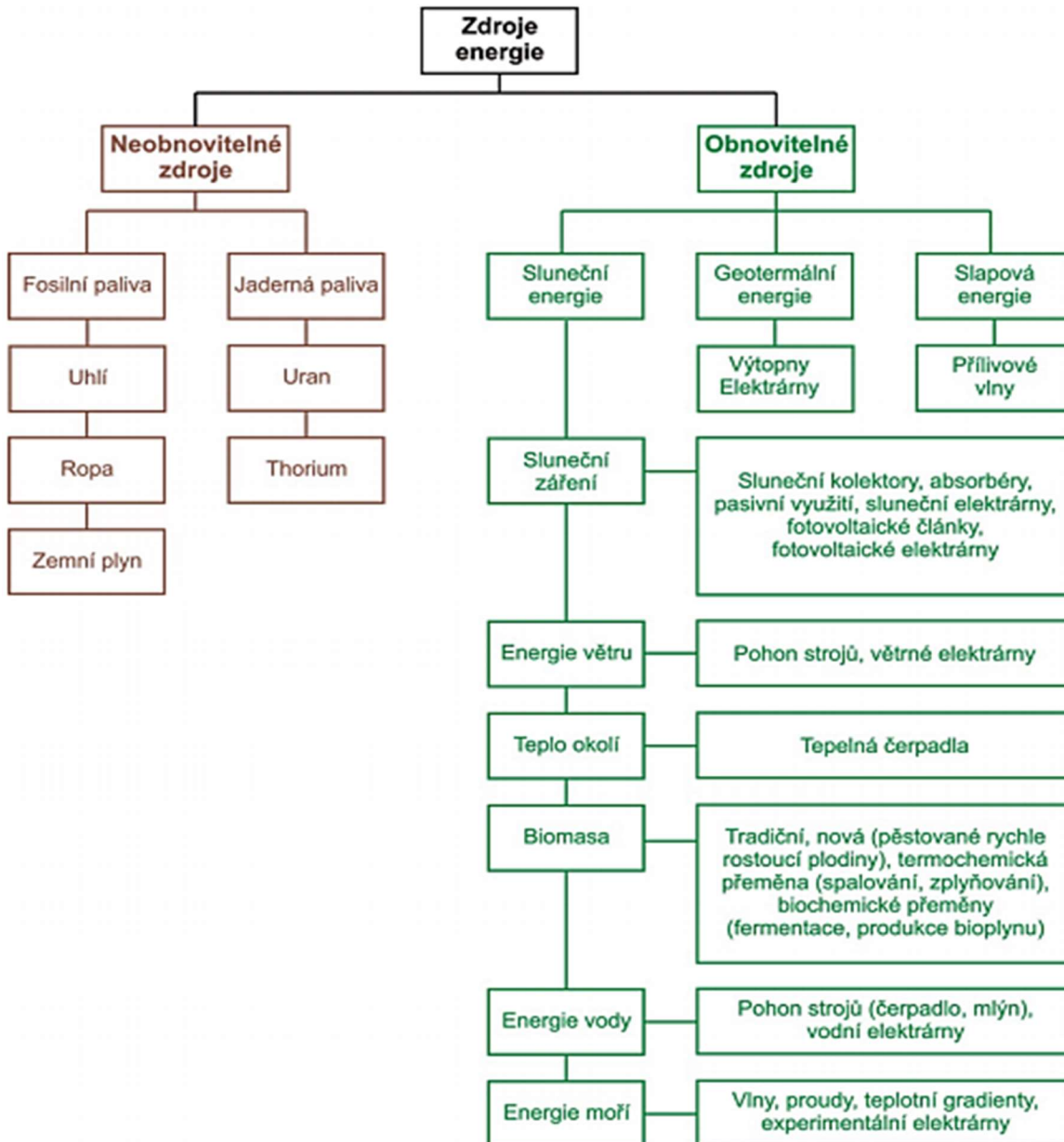
Předpokládá se, že pokud by nedošlo k žádné změně, co se využívání energetických zdrojů týče, mohla by mít budoucí situace negativní dopad na životní prostředí. Proto je tedy vhodné snížit celkovou spotřebu energie. Zároveň je doporučeno hledat alternativní zdroje energie, které jsou dlouhodobě udržitelné a jsou považovány za šetrnější k životnímu prostředí. Takové zdroje se označují jako obnovitelné zdroje energie a jsou popsány v této bakalářské práci.

Účelem předkládané práce je analýza vybraných ukazatelů z oblasti udržitelnosti v případě fototermiky i fotovoltaiky. V závěru bude provedena komparace obou metod na příkladu ohřevu vody.

**Cílem práce je vyhodnocení, která z těchto dvou metod by byla ekonomicky výhodnější.**

# 1. Dělení energetických zdrojů

Schéma na obrázku 1 znázorňuje členění energetických zdrojů na 2 hlavní skupiny: obnovitelné a neobnovitelné zdroje. U obou skupin jsou pak uvedeny konkrétní druhy výroby energie a zdroje, ze kterých lze tuto energii čerpat.



Obr. 1 Rozdělení energetických zdrojů dle obnovitelnosti

Zdroj: MASTNÝ, P. et al. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, s. 19

Energetické zdroje lze dělit dle 3 základních kritérií:

1. Dělení dle rozsahu využití
2. Dělení dle místa v procesu přeměny
3. Dělení dle schopnosti se obnovovat

Z výše zmíněných bodů je nejpoužívanější právě třetí kritérium, podle kterého rozdělít zdroje, na základě jejich obnovitelnosti, na obnovitelné a neobnovitelné. Vedle nich jsou pak také uváděny zdroje druhotné, které jsou výsledkem lidské činnosti. (Mastný et al., 2011, s. 16)

## 2. Obnovitelné zdroje energie

Za obnovitelné zdroje energie (zkráceně jen OZE) jsou označovány takové zdroje, které jsou na Zemi volně přístupné a mohou být při čerpání částečně, či úplně opakovaně obnovovány. Znovuobnovování může probíhat v některých případech samovolně, v jiných za přispění lidské pomoci. (*Sbírka zákonů*, 1992, s. 82)

OZE lze považovat za projevy kosmických a geofyzikálních energetických toků. Jsou řízeny pomocí procesů, které jsou na člověku zcela nezávislé. Některé z těchto procesů mají svůj původ v chemických reakcích probíhajících uvnitř slunečního jádra, jiné jsou ovlivněny setrvačností soustavy Země - Měsíc, teplotou zemského jádra a dalšími geofyzikálními jevy. (*Vítejte na Zemi*, 2013)

Z hlediska výroby energie nejsou OZE tak hojně využívány, jako například fosilní či jaderná paliva. Jedním z důvodů, proč se tak děje, je fakt, že proces výroby energie z obnovitelných zdrojů není v současném tržním prostředí dostatečně konkurenceschopný a nese s sebou nemalé investiční náklady. Navíc lze u některých zdrojů jen těžko předvídat výsledné množství vyrobené energie, jelikož intenzita OZE se mění v průběhu dne i roku. Dalším rizikem je i malá plošná koncentrace a s ní spojené nestejně rozložené územní rozložení. Ironií je mnohdy fakt, že při produkci zařízení určených k výrobě energie z OZE (například těžba materiálu na výstavbu větrných turbín či solárních panelů) je životní prostředí devastováno mnohem více, než kdyby byla elektrická energie vyráběna ze „škodlivých“ fosilních paliv.

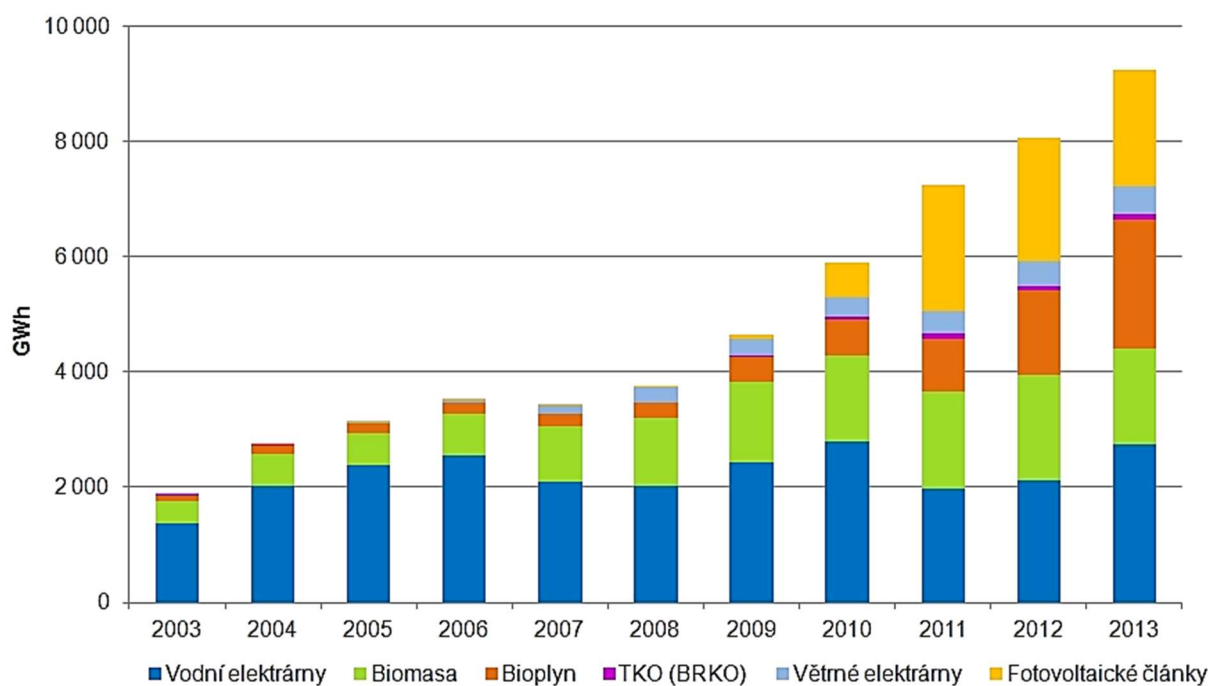
Na druhou stranu, dnešní společnost má, co se OZE týče, stále velmi optimistický pohled na věc. Například skupina ČEZ (2018) na svých stránkách udává, že OZE mají obrovský význam spočívající v šetrnosti vůči životnímu prostředí a jejich potencionální možnosti zvětšit svůj rozsah využití a že do budoucna je tak plánováno zvýšit jejich podíl v rámci všech momentálně užívaných energetických zdrojů. Dále také tvrdí, že obnovitelnými zdroji je možno nahradit zdroje neobnovitelné, což by mělo pozitivní vliv na životní prostředí a kvalitu života obecně, ale tento proces přechodu by musel být velmi pozvolný a musel by být úspěšně proveden v dlouhodobém období.



## 2.1 Obnovitelné zdroje energie v ČR

Vstupem do Evropské unie se Česká republika zavázala k plnění směrnic stanovených pro členské země EU. Jednou z nich je i směrnice o obnovitelných zdrojích, jež vstoupila v platnost 23. dubna 2009. Tato směrnice udává, že do roku 2020 musí obnovitelné zdroje tvořit minimálně 20 % z celkové spotřeby energie EU.

Konkrétní procenta se pro jednotlivé státy liší, vzhledem k jejich geografické poloze, startovní pozici a celkovému potenciálu dané země. Česká republika by měla do roku 2020 dle vnitrostátních akčních cílů, stanovených touto směrnicí, dosáhnout podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie 14 %. (Gouardères, McWatt a Fleuret, 2018, s. 2)



**Obr. 2** Vývoj výroby elektřiny z OZE a z odpadů v časovém období 2003 - 2013

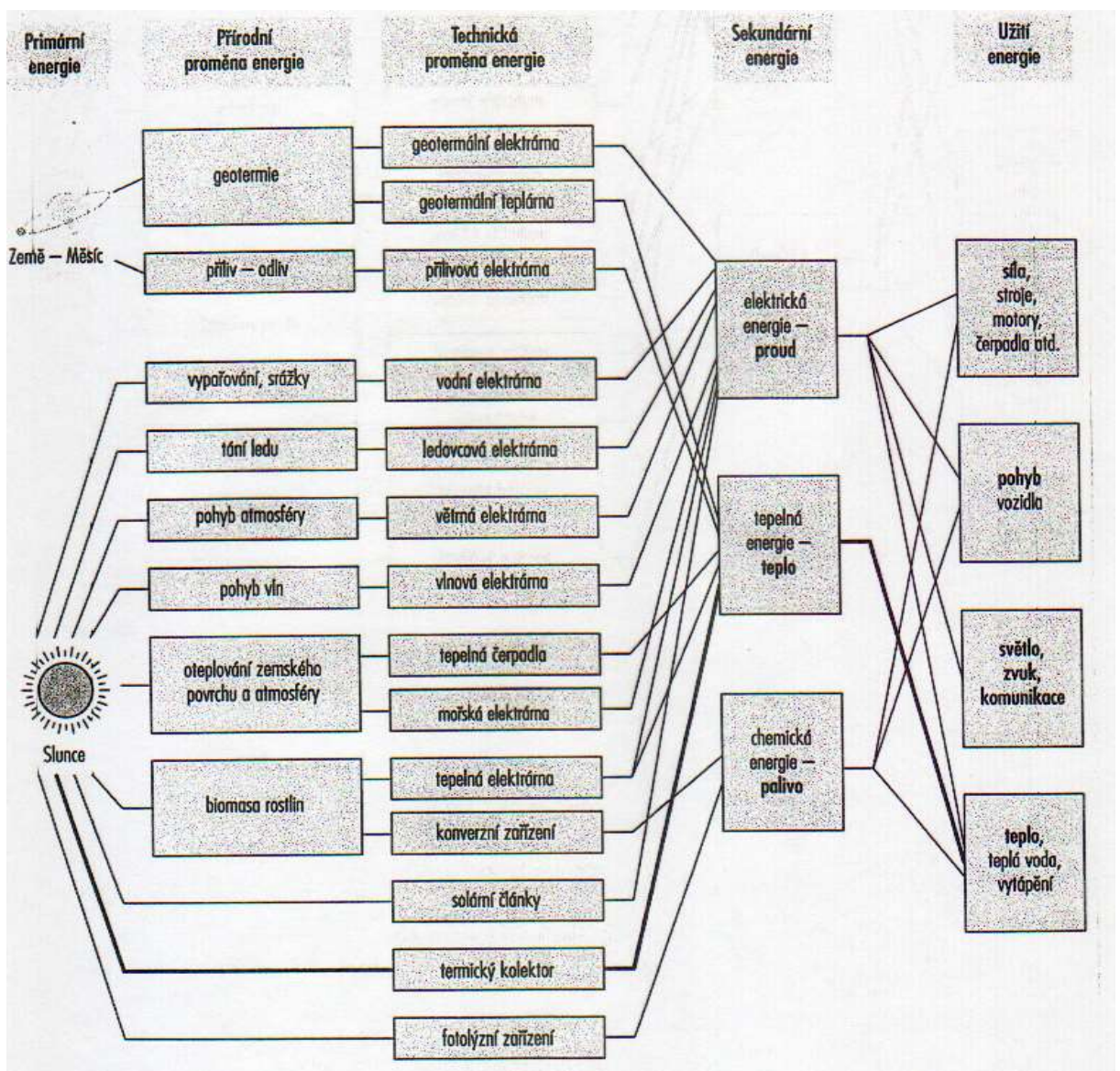
Zdroj: Vítejte na Zemi. Obnovitelné zdroje energie [online]. 2013 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: [http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=obnovitelne\\_zdroje\\_energie&site=energie](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=obnovitelne_zdroje_energie&site=energie)

Graf na obrázku č. 2 ukazuje, jak se vyvíjela výroba elektřiny z OZE v ČR mezi lety 2003 a 2013. Barevně jsou přitom odlišeny různé způsoby výroby elektřiny. Z grafu jasně vyplývá, že celková výroba elektřiny z OZE vzrostla, a to z původních 1 878 GWh v roce 2003 na 9 243 GWh v roce 2013, tudíž se objem téměř zpětinasobil. Z grafu lze také vyčíst, že nejvíce využívaným obnovitelným zdrojem energie v průběhu všech let byly vodní elektrárny

(2 735 GWh v roce 2013). Největší nárůst zaznamenaly fotovoltaické články (z 0 GWh v roce 2003 na 2 033 GWh v roce 2013) a bioplyn (z 108 GWh v roce 2003 na 2 241 GWh v roce 2013). Naopak téměř žádný z uvedených zástupců neměl v průběhu let klesající tendenci, což se ovšem může v budoucnu změnit.

### 3. Druhy obnovitelných zdrojů

Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) definuje jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů takto: „Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.“ (Sbírka zákonů, 2005, s. 3 726)



Obr. 3 Možnosti využívání OZE

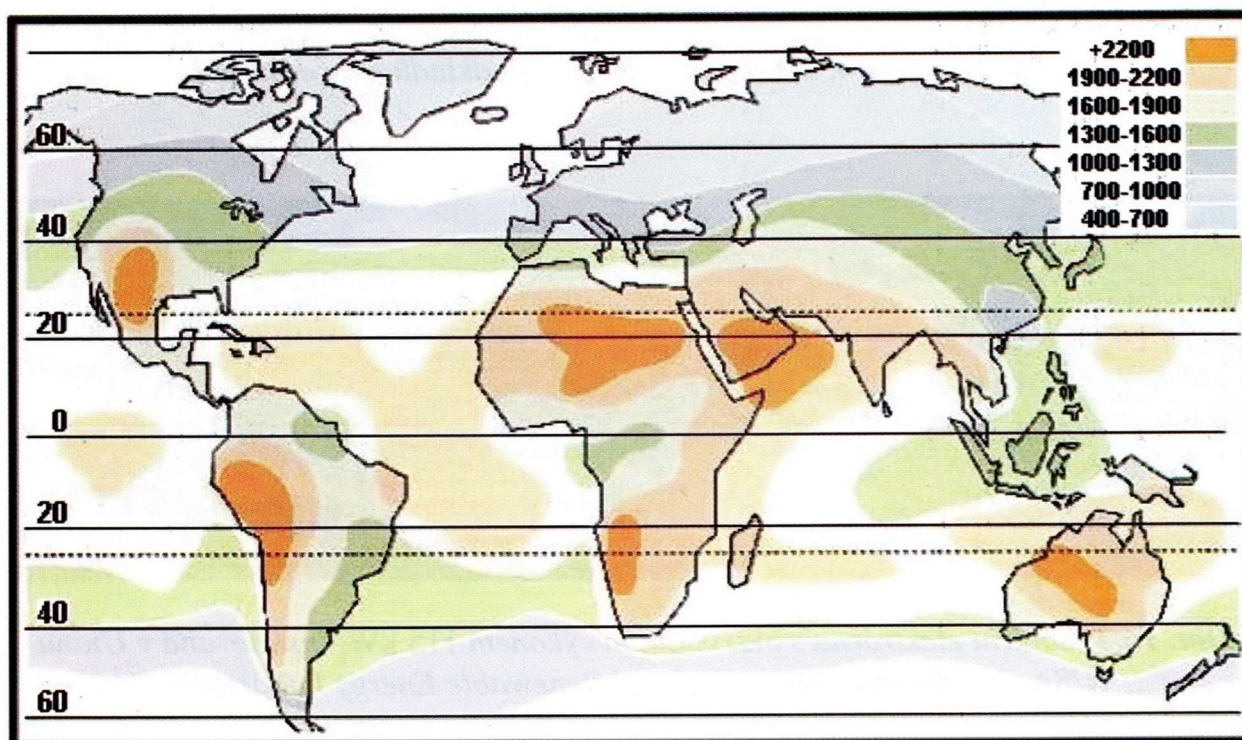
Zdroj: LADENER, Heinz, SPÄTE, Frank. Solární zařízení. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003, s. 8

Schéma na obrázku 3 zobrazuje přeměny primární energie, typy obnovitelných energetických zdrojů a potencionální možnosti jejich využívání. Lze si povšimnout, že tato škála je skutečně široká a možností využívání je také mnoho. Následující podkapitoly se zabývají bližší specifikací sluneční energie, jelikož na tuto problematiku je v předkládané práci dále odkazováno.

### 3.1 Energie Slunce

Slunce je již miliony let pro naši planetu nejdůležitějším zdrojem energie, bez kterého by nemohl existovat život a s životem se pojící procesy, které se zde odehrávají. Jasným důkazem toho jsou například fotosyntéza a další chemické procesy.

Slunce také určuje lidské pojetí času a jeho měření. Jeho pozice vzhledem k Zemi je taková, že nedochází k takovým výkyvům teplot, které by znemožnily existenci čehokoliv živého na povrchu. Dalším důležitým efektem sluneční energie je, že se na Zemi nachází voda ve svém kapalném skupenství.



Obr. 4 Mapa světa s izokřivkami průměrného ročního slunečního záření dopadajícího na vodorovný povrch (kW.h.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>)

Zdroj: LIBRA, M., POULEK, V. *Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*. 2.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, s. 100

Slunce jako zdroj není věčné, i jej čeká zánik, a to s největší pravděpodobností za více než 5 miliard let (odhadem za 7,6 miliardy let). Do té doby by s největší pravděpodobností mělo být stále využitelné jako zdroj energie. Bohužel vzhledem k postupnému zvětšování jeho objemu se razantně změní situace na Zemi, která bude neobyvatelná „již“ za 1 miliardu let.

Sluneční povrch má teplotu asi 5 900 K (což je přibližně 5 500 °C). Sluneční energie se přenáší formou elektromagnetického záření. To ovšem není rozprostřeno po celém povrchu planety rovnoměrně, ale dopadá na některá místa ve větší míře a na jiná naopak v menší. Na obrázku 4 je dobře patrné, že nerovnoměrný dopad slunečního záření na Zemi má za důsledek, že některé oblasti jsou teplejší (a tudíž i vhodnější k využívání sluneční energie, jakožto OZE) než jiné. (Beranovský, Murtinger a Tomeš, 2008, s. 1-3)

### 3.1.1 Vznik sluneční energie

Sluneční energie vzniká v jádru Slunce pomocí termonukleární syntézy jader (jedná se zejména o jádra vodíku a hélia). Existuje rovnováha mezi energií vytvořenou slunečním jádrem a energií vyzářenou z povrchu Slunce.

Sluneční záření na povrchu naší planety má maximální možnou intenzitu asi  $I_{\max} = 1100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . Tuto sluneční energii je pak možno přeměnit na energii elektrickou. Další důležité parametry Slunce lze vyčíst z tabulky č. 1. (Libra a Poulek, 2006 s. 24, 27)

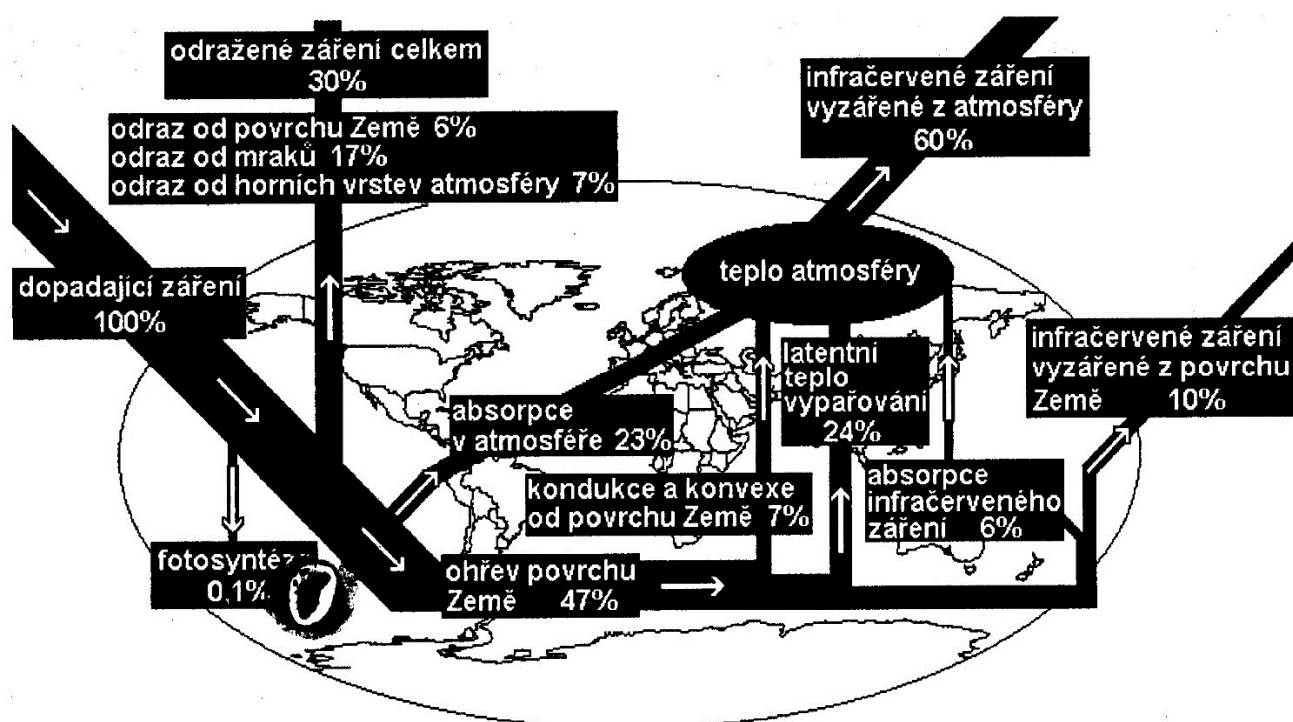
Tab. 1 Důležité parametry Slunce

veličina	střední hodnota
poloměr Slunce	$r_s \approx 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$
hmotnost Slunce	$m_s = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
výkon Slunce	$P_s \approx 3,91 \cdot 10^{26} \text{ W}$
efektivní teplota fotosféry	$T_s \approx 5800 \text{ K}$
tíhové zrychlení na povrchu	$g_s = 274 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
vzdálenost Země od Slunce	$R_{sz} \approx 1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}$
solární konstanta	$I = 1367 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

Zdroj: LIBRA, M., POULEK, V. Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti. 2.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, s. 24

### 3.1.2 Princip slunečního záření

Energie ze Slunce je čerpána ve formě krátkovlnného elektromagnetického záření, které je pak na povrchu Země přeměněno v teplo. Totožný objem energie pak jako dlouhovlnné elektromagnetické záření buď po vykonání své funkce opouští atmosféru, nebo je doručeno ve formě tepelného záření opětovně do zemského prostoru.



Obr. 5 Průměrná energetická bilance zemského povrchu

Zdroj: LIBRA, M., POULEK, V. *Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*. 2.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, s. 6

Obrázek 5 je znázorněním energetické bilance povrchu Země. Jednotlivé šipky přitom zobrazují procesy, které sluneční záření vykonává (například konvekce, zahřátí půdy a odpaření). Lze si také povšimnout, že tato bilance je vyrovnaná, v opačném případě by docházelo k zahřívání povrchu planety kvůli dopadajícímu slunečnímu záření. (Kramer et al., 2005, s. 7-8)

### 3.1.3 Energetická produkce Slunce

Ladener a Späte (2003, s. 10) tvrdí, že „*Samotným zářením Slunce je Zemi a její atmosféře přiváděn kontinuální příkon  $1,2 \cdot 10^{17}$  wattu (= 120 milionů gigawattů, přičemž 1 gigawatt odpovídá zhruba elektrickému výkonu jedné atomové elektrárny). Vztaženo na jeden rok činí z toho nabídka solární energie  $1,1 \cdot 10^{18}$  kWh/r (= 1100 miliard gigawatthodin), přičemž celková spotřeba energie činí přibližně  $100 \cdot 10^{12}$  kWh/r.*“

Jinými slovy lze říci, že energie ze Slunce dopadající na naši planetu je přibližně 11 000krát větší, než je celková světová spotřeba energie. Za pouhých 30 minut tedy Slunce dodá Zemi takové množství energie, které by vydrželo 1 rok pro celosvětovou spotřebu energie.

### 3.1.4 Faktory ovlivňující sluneční energii

Hlavními faktory ovlivňujícími sluneční energii a její pohlcování jsou především roční doba či zeměpisná šířka, jsou zde však uvedeny i jiné, méně podstatné faktory:

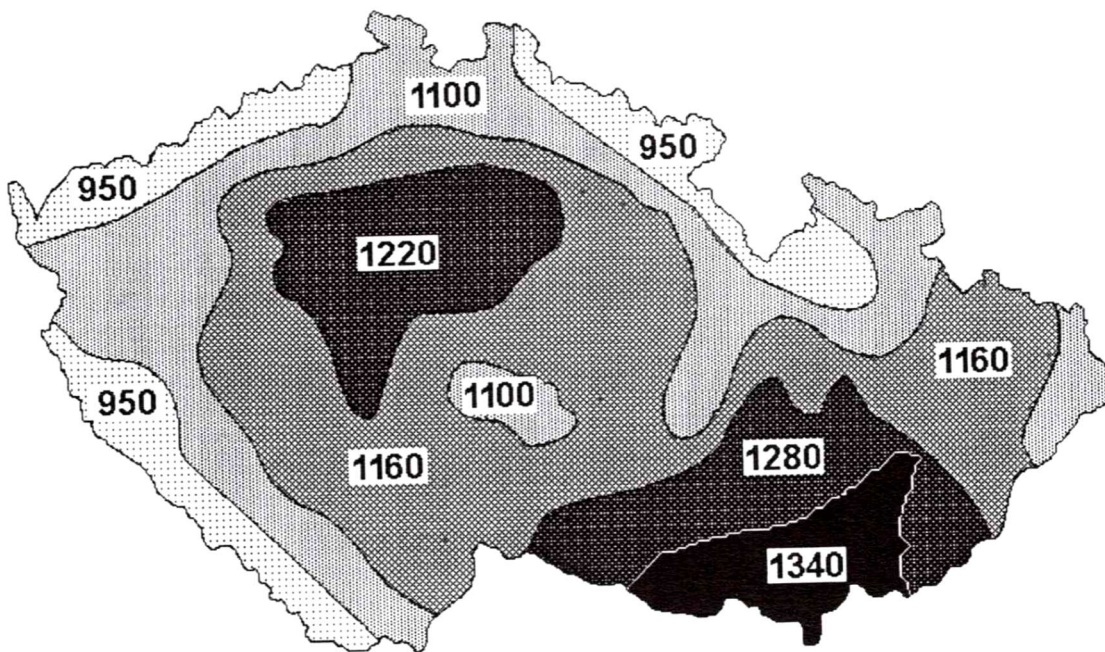
- Zeměpisná šířka – největší intenzita záření se nachází na rovníku a snižuje se postupně dle vzdálenosti od něj.
- Teplota – citlivost fotovoltaických článků na teplo je dána polovodičovými částmi, ze kterých jsou složeny (se zvyšující se teplotou stoupá napětí, klesá výkon a s ním i proud).
- Dopad slunečního záření – tímto faktorem se rozumí, pod jakým úhlem sluneční záření na fotovoltaické panely dopadá, pokud dopadá kolmo, je tento stav ideální a využití je úplné, pokud naopak záření dopadá pod jiným úhlem, dochází k částečnému odrazu a využití energie není úplné.
- Vliv atmosféry – při průchodu slunečního záření atmosférou je jeho část pohlcována, ovšem další je lámána a průměrně 29 % záření je odraženo zpět do vesmíru.
- Oblačnost – udává, v jaké míře je obloha pokryta mraky, také velmi ovlivňuje dopadající záření.

- Znečištění fotovoltaických článků – může se jednat například o prach nebo pyl, většina tohoto znečištění je však odstraněna deštěm.

(Herold, 2013, s. 23-27)

### 3.1.5 Sluneční energie v ČR

Sluneční energie má obrovský význam zejména v oblastech s velkou intenzitou slunečního záření a také v odlehlých oblastech planety, kde nejsou, nebo z různých příčin nemohou být využívány jiné formy výroby energie (například kvůli absenci elektrifikační sítě). I přesto, že tyto charakteristiky pro Českou republiku neplatí, je sluneční energie u nás v posledních letech stále více využívána.



**Obr. 6** Izokřivky průměrné roční solární energie dopadající na jednotku plochy vodorovného povrchu země v České republice ( $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ )

Zdroj: LIBRA, M., POULEK, V. *Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*. 2.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, s. 9

Na obrázku 6 je mapa ČR zobrazující průměrnou solární energii dopadající na jednotku plochy vodorovného povrchu ČR za 1 rok. Dle izokřivek, odlišených různými stupni šedi, lze tvrdit, že nejvíce slunečního záření průměrně za rok dopadá v Jihomoravském a také ve Středočeském kraji, tyto oblasti tedy můžeme označit jako nejvíce slunečné a teplé, tedy i nejvíce vhodné



k výrobě sluneční energie. Naopak nejméně slunečního záření dopadá v oblastech hraničních pohoří, kde je pravděpodobnost vyšší oblačnosti, srážek a také chladnějšího počasí – tyto oblasti tedy nejsou příliš vhodné k instalaci zařízení na výrobu sluneční energie. (Libra a Poulek, 2006, s. 8 - 9)

## 4. Fotovoltaika

Fotovoltaika spočívá v přeměně sluneční energie na elektrický proud. Je to spolehlivá technologie, která využívá sluneční záření, tedy trvalý obnovitelný zdroj energie. Přeměna energie sluneční na elektrickou probíhá díky fotoelektrickému jevu, kde sluneční paprsky dopadají na polovodičovou součástku a zde vzniklý elektrický náboj je odváděn vodiči do sítě.

Výhodou fotovoltaiky je, že je téměř bez potřeby obsluhy a vyznačuje se také nízkou poruchovostí. Jednoduchá je i škálovatelnost, kdy jsou využity panely o stejném jmenovitém výkonu (např. panely například na rodinných domech). (*TZB-info*, 2018)

Obvyklá životnost fotovoltaických panelů se pohybuje v rozmezí 20 až 30 let, přičemž panely nefungují po celou dobu se 100% účinností, ale jejich výkon s časem postupně klesá. Příčinou je tzv. PID efekt a také degradace (viz kapitola 4.2).

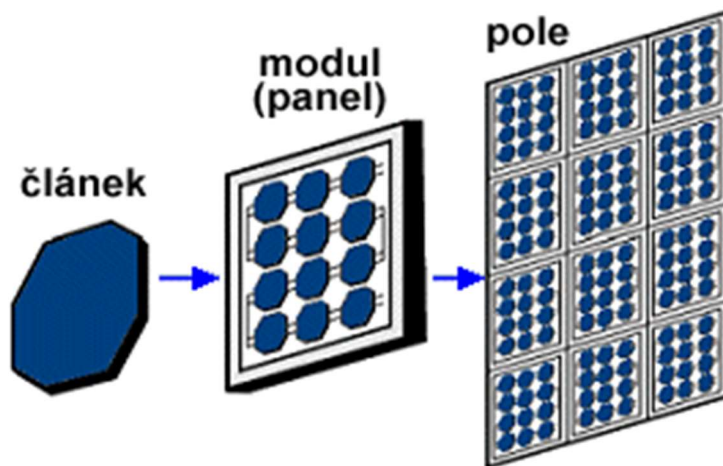
### 4.1 Technický princip fotovoltaiky

Technický princip fotovoltaiky spočívá ve skutečnosti, že článek je polovodičovou diodou. Nachází se zde tedy P-N přechod, který odděluje vrstvu P z křemíku a vrstvu N.

Paprsky dopadajícími na polovodič dochází k fotoelektrickému jevu, začíná uvolňování záporných elektronů z krystalové mřížky a na přechodu vzniká elektrické napětí. Připojením pomocí kontaktů do sítě je záporný náboj vyrovnáván kladným a síť začne kolovat elektrický proud. Zapojením článků sériově, nebo paralelně vznikají fotovoltaické panely. (Kosmák, 2009)

Následující podkapitoly jsou zaměřeny na popis jednotlivých částí solárních elektráren. Není v nich ovšem obsažena pouze stavbou jednotlivých prvků, nýbrž i jejich funkcí a způsoby zapojení.

Obrázek č. 7 znázorňuje skladbu fotovoltaického pole, které je složeno z jednotlivých fotovoltaických modulů (panelů), které se skládají z fotovoltaických článků.

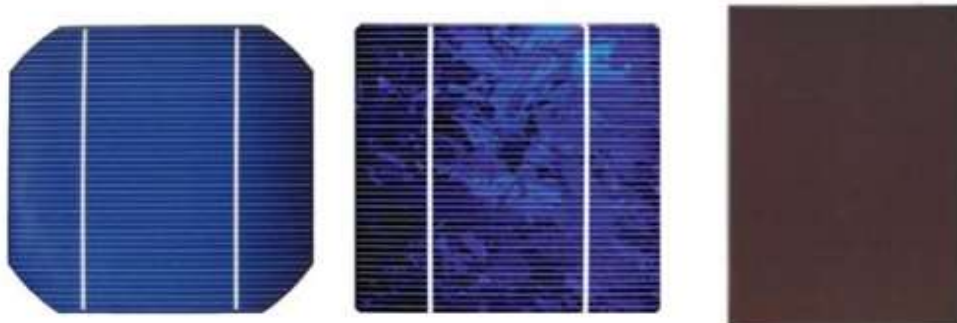


**Obr. 7** Skladba fotovoltaického pole

Zdroj: Skupina ČEZ. Solární (fotovoltaické) články [online]. 2018 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/ede/content/microsites/solarni/k32.htm>

#### 4.1.1 Fotovoltaický článek

Stavebním prvkem solárních fotovoltaických elektráren je solární fotovoltaický článek, ze kterého jsou složeny solární fotovoltaické panely neboli moduly. Sám o sobě nemá článek příliš velké využití. Funkcí fotovoltaických článků je změna zářivého slunečního toku na tok elektrický. Zapojení článku může být jak sériové, tak i paralelní, aby došlo ke zvýšení proudu i napětí. (Toušek, 2000, s. 672)



**Obr. 8** Druhy fotovoltaických článků

Zdroj: Cne.cz. Úvod do FV systémů [online]. 2018 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>

Na obrázku 8 (na předchozí straně) jsou vyobrazeny 3 druhy fotovoltaických článků. Vzájemně se od sebe liší složením, tvarem (jsou dobře rozeznatelné již na první pohled) a v neposlední řadě také účinností a cenou.

Těmito druhy fotovoltaických článků jsou:

- **Monokrystalické** (angl. *mono*) – nejefektivnější a nejvíce využívané, mají účinnost 14 - 18 %, jsou vyrobeny z monokrystalického křemíku.
- **Polykrystalické** (angl. *poly*) – jejich účinnost je 12 – 17 %, levnější než monokrystalické fotovoltaické články, jsou složeny z polykrystalického křemíku.
- **Tenkovrstvé** (angl. *thin film*) – nejnižší účinnost (cca 7 – 9 %), nejnižší cena, mají nejvyšší citlivost na rozptýlené sluneční záření, jsou tvořeny amorfním křemíkem.

(*Elektrina ze Slunce*, 2018)

#### 4.1.2 Fotovoltaický panel

Z fotovoltaických článků je složen fotovoltaický panel. Ten je tvořen aplikací těchto článků na umělohmotném podkladu. Fotovoltaické články jsou pak následovně překryty průhlednou fólií (v některých případech kaleným sklem), jež propouští účinnou spektrální složku slunečního svitu. Poté je tato konstrukce instalována do hliníkového rámu.

Články jsou v rámci panelů vzájemně elektricky propojeny, jedná se o sério-paralelní zapojení s použitím ochranných diod.

Z panelu vedou dva vodiče (+ a -) opatřené konektory. Po dopadu slunečních paprsků pak panel vyrábí stejnosměrný elektrický proud o nízkém napětí. Pro zvýšení napětí se používá sériové zapojení více solárních fotovoltaických panelů (zvanému jako *string*). (Beranovský, Murtinger a Tomeš, 2008, s. 27)



**Obr. 9** Instalace solárních panelů na rovné střeše

*Zdroj: KUČERA, Z. a MICHALIČKA, D. Slunce do kunratické školy II, vyhodnocení po roce [online]. TZB-info. 2018 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/8067-slunce-do-kunraticke-skoly-ii-vyhodnoceni-po-roce>*

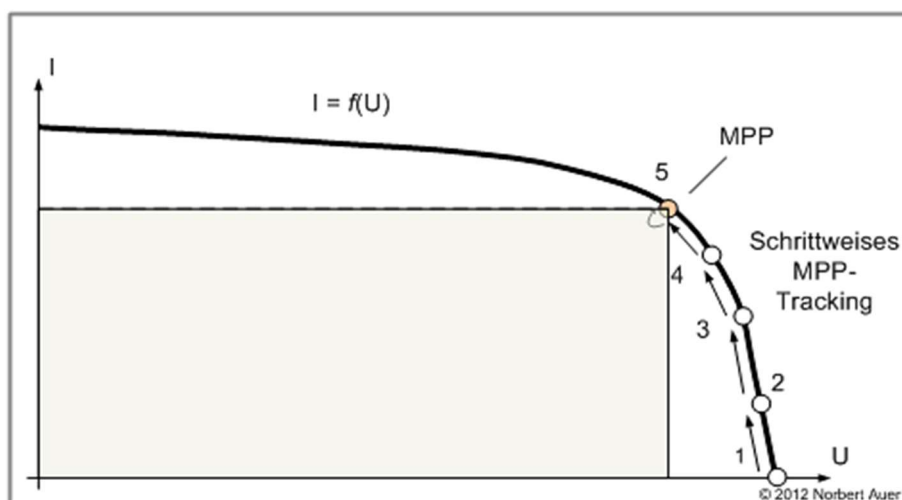
Aby solární panely fungovaly efektivně, je nutno je umístit na šikmou střechu s nezastíněnou plochou. Orientace střechy by měla být v nejlepším případě na jih, či jihovýchod, ale v případě východu či západu lze návrhy upravit. V případě rovné střechy je nutné instalovat panely na pomocné zešikmené konstrukce (viz obr. 9) (*Solární stavebnice*, 2016)

### **4.1.3 Fotovoltaický střídač (měnič)**

Výstupem ze stringu je stejnosměrné napětí, které není možno přímo použít pro napájení domácích spotřebičů, ani připojit do energetické soustavy (energetická soustava využívá 230 V, někdy i více, střídavého napětí). Pro přeměnu stejnosměrného napětí na 230 V střídavého se používá zařízení, které nese název fotovoltaický střídač, neboli měnič (anglicky *solar inverters*). Do jednoho solárního měniče jde většinou připojit více než jeden string (několik stringů paralelně). (Beranovský, Murtinger a Tomeš, 2008, s. 43)

Velikost napětí a proudu vyrobeného panely je závislá na intenzitě osvětlení a teplotě prostředí. Pro zajištění optimálního využití energie vyrobené solárními panely je měnič na vstupu vybaven technologií pro vyhledávání optimálního pracovního bodu solárních panelů.

Obrázek 10 zobrazuje křivku s vyznačením optimálního pracovního bodu (MPP), jenž je maximem násobku napětí (U) a proudu (I) generovaného panelem.



**Obr. 10** Průběh napětí a proudu při zatížení solárního panelu

Zdroj: Photovoltaiksolarstrom. Der Maximum Power Point und MPP-Tracking [online]. 2018 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://photovoltaiksolarstrom.com/photovoltaiklexikon/maximum-power-point-mpp-tracking/>

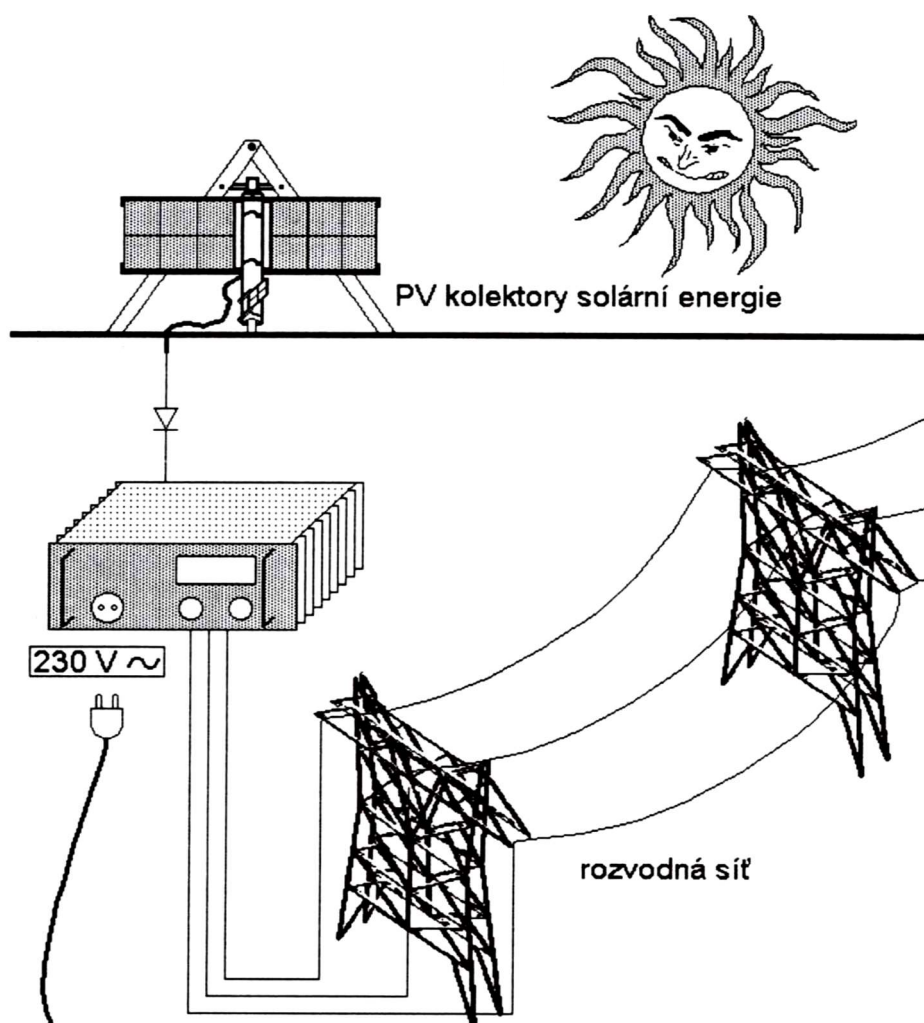
Pro udržení tohoto optimálního pracovního bodu je střídač na vstupu vybaven technologií MPPT (*maximal power point tracker*). Pomocí MPPT je získáván nejlepší výkon fotovoltaických panelů během ozáření. (Czech Nature Energy, 2018)

#### 4.1.4 Síťový solární systém

Z komponent uvedených v předchozích podkapitolách lze sestavit síťový solární systém (viz obrázek č. 11). Jedná se o základní aplikaci solárních panelů, která je napojená na veřejnou rozvodnou síť. Této síti může být elektrická energie dodávána, ale také z ní může být čerpáno (v případě absence vlastní vyrobené energie).

Z velkého množství takto zapojených měničů a stringů na jednom místě je možné stavět velké solární elektrárny (FVE), které jsou stavěny za účelem investiční činnosti (krátkodobá návratnost vynaložených prostředků).

Menší množství takto zapojených měničů a stringů lze instalovat na rodinné domy, kde slouží nejen jako investice, ale i jako úspora elektrické energie pro vlastní spotřebu.



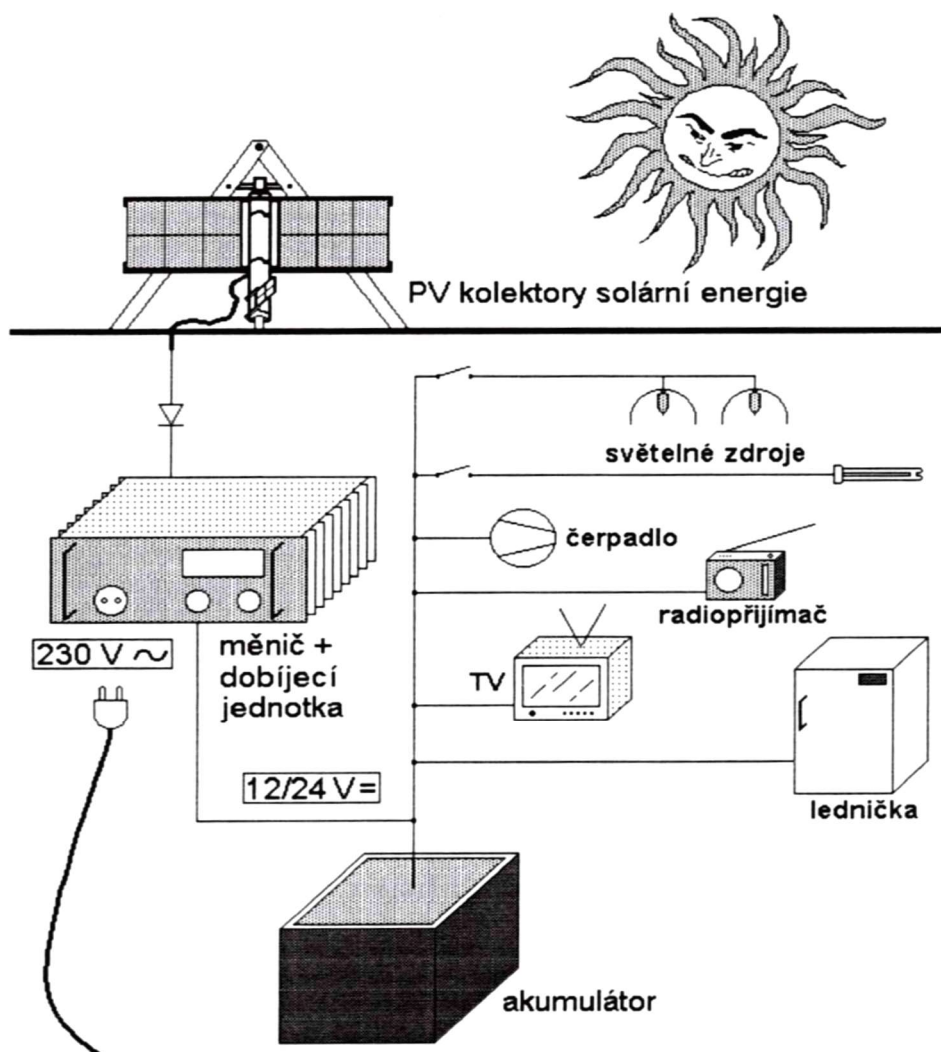
**Obr. 11** Síťový solární systém

*Zdroj: LIBRA, M., POULEK, V. Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti. 2.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, s. 33*

V tomto zapojení vyrobená elektrická energie není akumulována, nespotřebovaná energie v každém okamžiku se přenáší do energetické soustavy, nebo se ztrácí. (Libra a Poulek, 2006, s. 33)

#### 4.1.5 Ostrovní solární systém

Pokud jsou komponenty uvedené v předchozích kapitolách doplněny o akumulátor, vzniká tzv. ostrovní systém, který je vyobrazen na obrázku č. 12. Na rozdíl od síťového systému se v době slunečního svitu nespotřebované přebytky neodvádějí do energetické soustavy, ale dobíjejí akumulátor, odkud se čerpají v době, kdy systém energii nevyrábí. Pomocí ostrovních systémů jsou zásobovány jen malé oblasti (někdy jen pár spotřebičů).



**Obr. 12** Ostrovní solární systém

*Zdroj: LIBRA, M., POULEK, V. Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti. 2.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, s. 32*

Tímto způsobem se lze stát energeticky soběstační, bez čerpání elektrické energie z jiných zdrojů. Ostrovní systém se nestaví za účelem investic, ale jako řešení v místech, kde přívod energie není zajištěn, nebo chceme-li být na něm nezávislí. (Libra a Poulek, 2006, s. 32)

## 4.2 Degradace solárních panelů

Nové panely mají garantovaný maximální dodávaný výkon. Jednotkou je kWp (kiloWatt Peak). Kilowatt-peak (kWp) je definován jako „jednotka špičkového výkonu fotovoltaické elektrárny



( $p = peak$ ). Jedná se o výkon fotovoltaické elektrárny při standardních testovacích podmínkách (STC = Standard Test Conditions), které jsou: energie dopadá na fotovoltaický panel kolmo a má hodnotu  $E = 1 \text{ kW/m}^2$ , průzračnost atmosféry  $A_m = 1,5$ , teplota článků  $T = 25^\circ\text{C}$ .“ (E.On, 2018) Díky těmto „definovaným podmínkám“ je možné navzájem srovnávat panely různých výrobců.

Panely s věkem postupně ztrácejí výkon, jinými slovy degradují. Existují dvě základní složky degradace:

- LID (Light Induced Degradation) – jde o ztrátu vlastností křemíku jeho dlouhodobým osvětlením. Výrobci obecně garantují, že LID degradace bude maximálně 10 % po 10 letech a 20 % po 25 letech provozu.
- PID (Potential Induced Degradation) – zjednodušeně, od třetího roku může výkon panelů lineárně klesat až o 10 % po 25 letech (podrobnosti v následující podkapitole).

Do výpočetního modelu v praktické části této práce jsem obě tyto degradace zahrнула.

#### 4.2.1 PID efekt

PID efekt je jednou z hlavních složek degradace solárních panelů. Zkratka PID anglicky znamená *Potential Induced Degradation* (potencionální indukovaná degradace). Jedná se o jev, který byl objeven a popsán teprve relativně nedávno, přesněji v 70. letech minulého století. Větší pozornost mu však začala být věnována až po roce 2000, kdy se začal projevovat u mnoha FVE. (Rokusek, 2017, s. 20)

### 4.3 Fotovoltaika jako investice

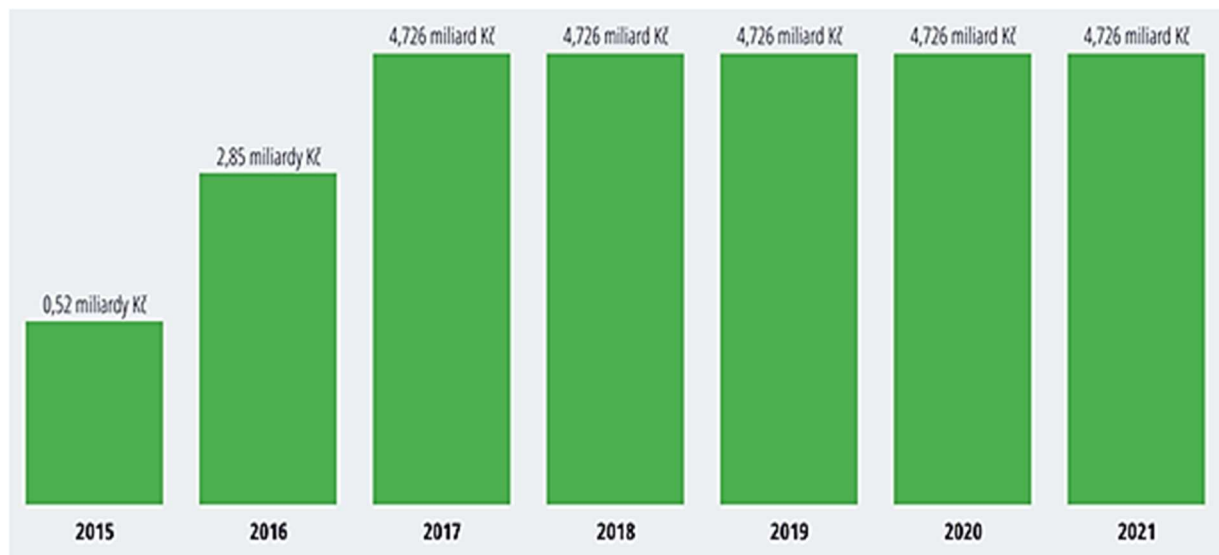
V dnešní době již výstavba velkých fotovoltaických elektráren není jako investice perspektivní, přestože v minulosti prošla Česká republika „velkým solárním boomem“. V současnosti existují v ČR dotace pouze na malé systémy určené pro rodinné a obytné domy. Tyto dotace jsou čerpány z programu „Nová zelená úsporám“ (NZÚ), který je podrobněji popsán v následující kapitole.

## 4.4 Dotace na fotovoltaiku

Dotační program „Nová zelená úsporám“ je nejvíce využívaným zdrojem dotací pro výstavbu fotovoltaiky. Avšak jeho zaměření se netýká pouze jí, ale zaměřuje na tyto 3 oblasti:

- Výstavba nízkoenergetických rodinných domů.
- Efektivní využití OZE (výměna elektrických vytápění za systémy s tepelnými čerpadly, instalace fototermických systémů a fotovoltaických systémů, podpora použití tepla z odpadní vody, výměna neekologického zdroje tepla za ekologické apod.).
- Snižování energetických nároků u současných rodinných domů (zateplení budov, výměna dřevěných oken za plastová, tepelná izolace obvodových stěn apod.)

V rámci každé podané žádosti je možné se ucházet o dotaci z každé z výše uvedených oblastí.



**Obr. 13** Odhadované prostředky v programu „Nová zelená úsporám“

Zdroj: *Skrblik.cz*. Nová zelená úsporám 2018: Dotace, podmínky, rady [online]. 2018 [cit. 2018-04-10].  
Dostupné z: <https://www.skrblik.cz/energie/teplo/nova-zelena-usporam/>

V rámci dotačního programu NZÚ by mělo být do ukončení výzvy přerozděleno asi 27 miliard Kč (viz obr. 13). Přesná alokace financí zatím není známa, jelikož závisí na výnosech z prodeje emisních povolenek.

Aktuální probíhající výzva je již třetí výzvou tohoto programu, ale poprvé v historii je i časově neomezená. Vyhlášení této výzvy proběhlo 22. října 2015 a je možné o dotace zažádat až do konce roku 2021. (*Skrblik.cz*, 2018)

#### **4.4.1 Podmínky pro čerpání dotace**

Aby bylo možné čerpat finance z NZÚ je nutné splnit několik podmínek. Mezi ty nejdůležitější patří:

- Lze podat nanejvýš jednu žádost o dotaci na jeden rodinný dům.
- Je možné o ně zažádat před, po nebo v průběhu realizace podporovaných opatření.
- Výše podpory na jednu žádost je max. 50 % doložených výdajů a obdržena je až po dokončení podporovaných opatření.
- Finanční hranice podpory na jednoho žadatele je 5 mil. Kč.
- Žádost o dotaci může být v rámci jednoho rodinného domu pouze jedna.
- Pokud jde o rekonstrukci, není třeba se držet předepsaných firem, ale pouze dodržovat technické parametry.
- Dotace je počítána pomocí paušálu za 1 m<sup>2</sup> realizovaných opatření.

(*Skrblik.cz*, 2018)

Aby bylo možno čerpat dotaci, je nezbytné splňovat všechny uvedené podmínky současně.

#### 4.4.2 Sazba dotace

Program „Nová zelená úsporám“ náleží pod záštitu Ministerstva životního prostředí a vychází se směrnice č. 2/2015 Sb. „O poskytování finančních prostředků z programu Nová zelená úsporám od roku 2015“.

**Tab. 2** Tabulky dotačních sazeb pro jednotlivé případy FVE a fototermických systémů

Druh zařízení	Max. výše dotace (Kč)
Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
Solární termický systém na přípravu teplé vody a přítápění	50 000
Solární FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
Solární FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700$ kWh/rok	55 000
Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700$ kWh/rok	70 000
Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000$ kWh•rok-1	100 000

*Zdroj: Jaknazelenou.cz. Nová zelená úsporám a fotovoltaika [online]. 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.jaknazelenou.cz/nova-zelena-usporam-a-solarnich-zarizeni-jake-jsou-podminky-a-kolik-dostanete/>*

Po splnění všech podmínek na dotaci má žadatel nárok na její vyplacení. V tabulce č. 2 jsou uvedeny maximální možné výše dotace, jak pro fototermiku, tak i pro fotovoltaiku. Konkrétní finanční částky jsou vypočítávány vždy na míru dle charakteristiky jednotlivých případů.

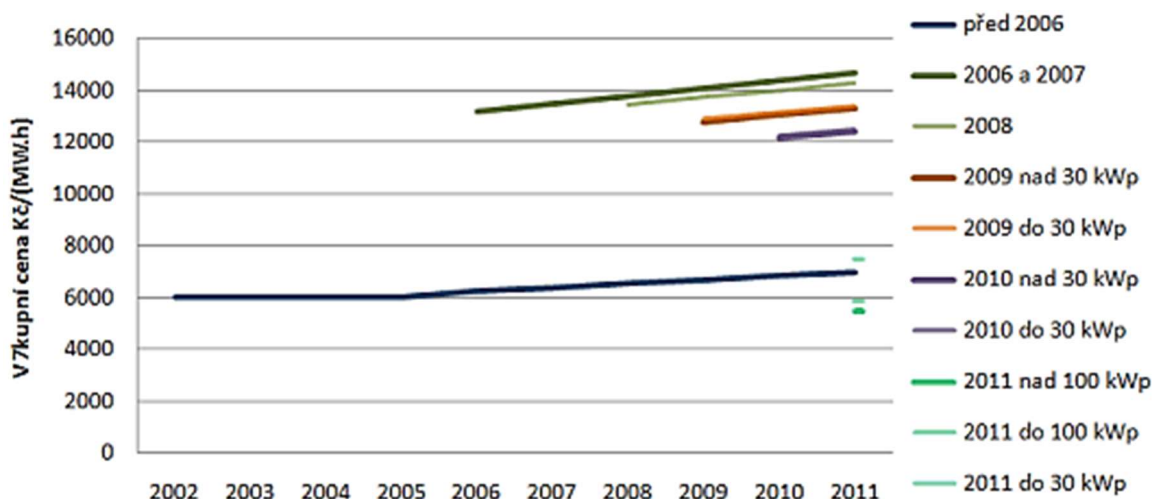
U FVE se dotace většinou pohybují okolo 35 -50 %. V případě fototermických systémů je to přibližně 40 %. (*Jak na zelenou.cz*, 2018 a *Solární experti*, 2017)

## 4.5 Ekonomický rozbor variant fotovoltaiky v historii a dnes

Tato podkapitola je zaměřena na porovnání výkupních cen elektřiny vyrobené FVE v minulosti a současnosti. Grafy na obrázcích 14 a 15 na následujících stranách znázorňují vývoj výkupních cen elektřiny vyrobené z FVE mezi roky 2002 až 2011.

Zatímco graf na obrázku 14 představuje variantu výkupních cen elektrické energie z FVE bez Zeleného bonusu, graf na obrázku 15 představuje variantu se Zeleným bonusem (jednalo se o dotační program, v rámci kterého byla veškerá elektrická energie vyrobena fotovoltaickou elektrárnou proplacena tímto programem a následně mohla být spotřebována majitelem).

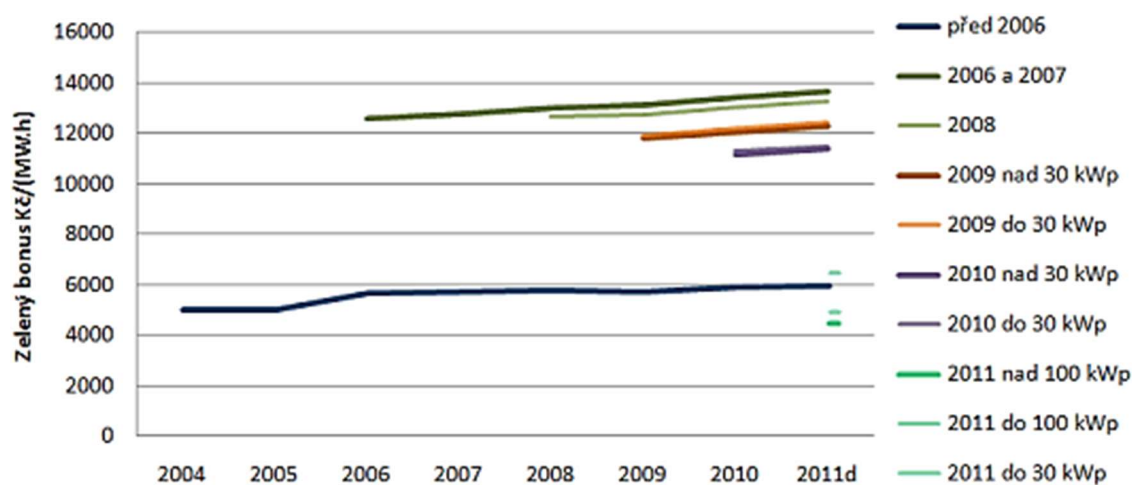
Lze si povšimnout, že mezi roky 2002 - 2005 byla pouze malá podpora, která nebyla schopna zajistit návratnost investic, z tohoto důvodu byly FVE budovány jen výjimečně. V roce 2006 ovšem nastala změna a finanční podpora byla zvýšena tak, aby zajistila 15letou návratnost. Po úvodní stagnaci (respektive inflačním růstu v prvním roce) začala výkupní cena od roku 2008 klesat, pro rok 2011 je pokles až o 55 %. Pokles cen solárních panelů v období 2009 - 2010 výrazně zkrátil dobu návratnosti investic pod plánovaných 15 let a měl za následek „solární boom“ v těchto letech. Vláda na tuto situaci reagovala razantním snížením podpory od roku 2011.



Obr. 14 Výkupní cena elektřiny z FVE mezi roky 2002-2011 bez Zeleného bonusu

Zdroj: BECHNÍK, B. *Obnovitelné zdroje energie - vývoj výkupních cen* [online]. TZB-info. 2018 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/6950-obnovitelne-zdroje-energie-vyvoj-vykupnich-cen>

V roce 2018 byly FVE českou vládou rozděleny do dvou skupin dle svého výkonu – první skupina FVE do 30 kWp a druhá nad 30 kWp. V roce 2011 nastala ve skupinách další změna, a to na 3 skupiny: do 30 kWp, do 100 kWp a nad 100 kWp. Při rozdělování FVE do výkonových skupin se ČR nechala inspirovat Německem, kde tento systém v té době fungoval již řadu let. Kdyby se tento systém zavedl také dříve než v roce 2011, byly by pravděpodobně FVE i v naší zemi umisťovány přednostně na budovy místo polí a nezabíraly by tudíž zbytečně ornou půdu.



Obr. 15 Výše výkupních cen elektřiny z FVE v případě Zeleného bonusu mezi roky 2004-2011

Zdroj: BECHNÍK, B. *Obnovitelné zdroje energie - vývoj výkupních cen* [online]. TZB-info. 2018 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/6950-obnovitelne-zdroje-energie-vyvoj-vykupnich-cen>

V roce 2012 byla podpora ve výši 6938 Kč/MWh již jen pro elektrárny do 30 kWp. V roce 2013 začaly být podporovány jen dvě kategorie, a to do 5 kWp a do 30 kWp, kdy výkupní cena poklesla přibližně na polovinu. Z FVE postavených od roku 2014 již nebyla elektřina vykupována vůbec. Nadále, pro malé instalace na budovách, existuje podpora formou dotací. Aktuálně jde o dotační program „Nová zelená úsporám“, který byl zmíněn v kapitole 4.4. (TZB-info, 2018)

## 5. Fototermika

Fototermika, technologie často mylně zaměňovaná s fotovoltaikou, pracuje stejně jako ona na principu slunečního záření jako zdroje energie dopadajícího na solární panel. Tímto způsobem je ohřívána voda, což je hlavním účelem této technologie. (*Snižujeme.cz*, 2013)

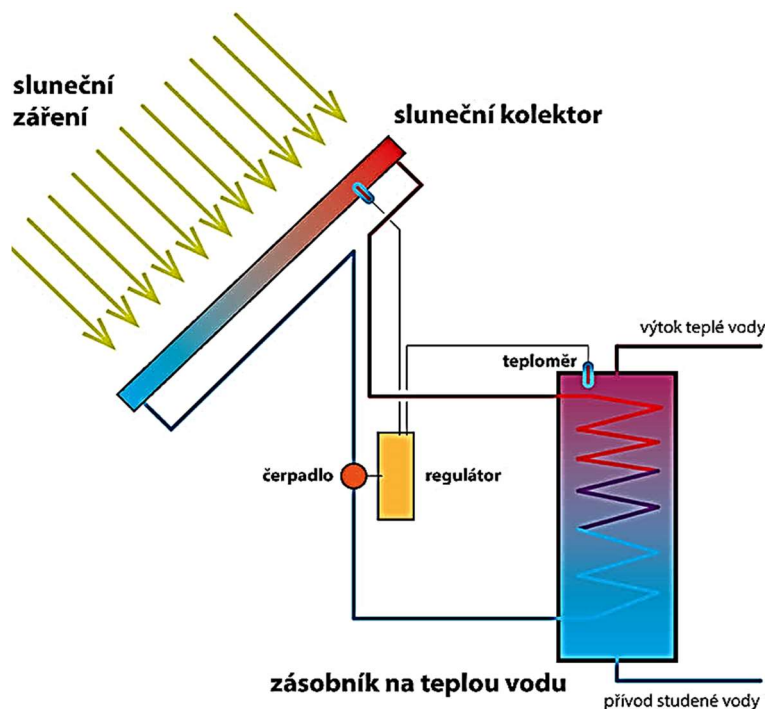
Jak již bylo zmíněno na začátku této práce, využití fototermiky v ČR vzhledem k zeměpisnému umístění není úplně ideální a existují mnohem vhodněji umístěné lokality (zejména podél rovníku). S tím se pojí i další faktor a to účinnost, která je odvozena zejména ze zeměpisného umístění, ale nejenom z něj.

Mnozí lidé stále váhají nad pořízením fototermických panelů, a to zejména z důvodů neznalosti potencionálního využití této technologie. Mají za to, že získaná energie sotva stačí na ohřátí užitkové vody. Tato domněnka je ovšem zcela mylná, protože energie získaná z fototermických panelů bývá zpravidla mnohem větší.

### 5.1 Technický princip fototermiky

Solární fototermické panely jsou velmi podobné těm fotovoltaickým, vnitřní struktura je však již jiná. Zatímco u druhých zmiňovaných dochází na polovodičových součástkách díky fotoelektrickému jevu k přeměně sluneční energie na elektrický proud, vnitřek fototermického panelu obsahuje nejčastěji speciální trubice neboli kolektory opatřené absorberem, který vstřebává sluneční záření a ohřívá pomocí něj speciální kapalinu v trubicích.

Další částí systému je akumulární nádrž, kam proudí ohřátá kapalina a díky tepelnému výměníku dochází k předání tepla. Díky čerpadlu tekutina celým systémem koluje. Dalšími prvky jsou například expanzní tlaková nádrž nebo řídicí jednotka, která pomocí čidel kontroluje tlak a teplotu uvnitř systému. (*Snižujeme.cz*, 2013)



Obr. 16 Fototermický systém

Zdroj: Pozorovanislunce.eu. Solární systémy a jejich využití [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunecni-energie/solarni-systemy-a-jejich-vyuziti.html>

Na obrázku č. 16 je zobrazeno schéma fototermického systému. Lze si povšimnout, že fototermický systém je tvořen slunečním (fototermickým) kolektorem, čerpadlem, zásobníkem na teplou vodu, dále také regulátorem a teploměrem. Pro fungování celého systému je nezbytný přísun slunečního záření.

Jednotlivé části tohoto systému a jejich funkce budou popsány v následujících podkapitolách.

### 5.1.1 Fototermický kolektor

Je základní stavební jednotkou fototermického systému. Je tvořen hliníkovým rámem, ve kterém je většinou měděný plech opatřený matně černou vrstvou pro maximální absorpci sluneční energie. Při dopadu slunečních paprsků se tento měděný plech zahřívá. Ze spodní strany je k zahřivanému plechu teplovodivě připevněný meandr z měděné trubičky. Celý tento systém je vakuově uzavřen do hliníkového rámu s čelní krycí vrstvou z křemičitého skla.

Během provozu proudí měděnou trubičkou kapalina, která je sluneční energií ohřívána. Jedná se o teplotnosnou kapalinu s vysokým bodem varu. Tato kapalina nemůže být pouze voda, jelikož teplota v nejdokladnějších kolektorech může dosahovat více než 200 °C. (Cihlář, 2015)



Solární kolektory lze rozlišit na dva druhy:

- ploché solární kolektory
- trubicovité vakuové kolektory (viz obr. 17)



Obr. 17 Trubicový fototermický kolektor

Zdroj: Pozorovanislunce.eu. Solární systémy a jejich využití [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunezni-energie/solarni-systemy-a-jejich-vyuziti.html>

Tabulka č. 3 porovnává jednotlivé aspekty obou druhů těchto kolektorů. Z uvedeného srovnání plyne, že trubicový vakuový kolektor je sice podstatně dražší, ale na druhou stranu produkuje téměř dvojnásobné množství energie oproti plochému solárnímu kolektoru.

Tab. 3 Srovnání plochého solárního a trubicovitého vakuového kolektoru

	Plochý solární kolektor	Trubicový vakuový kolektor
<b>Vyprodukovaná energie ročně</b>	300 – 400 kWh	600 – 700 kWh
<b>Průměrná efektivní plocha</b>	cca 2 m <sup>2</sup>	cca 1,60 m <sup>2</sup>
<b>Cena za 1 ks kolektoru vč. DPH</b>	9 000 – 12 000 Kč	16 000 – 20 000 Kč

Zdroj: Skrblik.cz. Solární panely na ohřev vody: Cena, srovnání, jak si je vyrobit doma [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.skrblik.cz/energie/teplo/solarni-panely-na-ohrev-vody/>

### **5.1.2 Ostatní komponenty fototermického systému**

Zásobníkem je nazývána nádoba, která má ze spodní strany přívod studené vody a z horní výtok ohřáté vody. V této nádobě je spirála z měděné trubky, jež je spojena s meandrem v kolektorech. Kapalina, ohřátá pomocí kolektorů, protéká touto spirálou a předává teplo ohříváné vodě. Průtok teplonosné kapaliny je zajištěn oběhovým čerpadlem. To je pak ovládáno solárním regulátorem na základě aktuálních teplot v kolektoru a zásobníku. (*Pozorování Slunce*, 2018)

## **5.2 Dotace na fototermiku**

Jak již bylo v této práci zmíněno, i na výstavbu fototermických systémů lze čerpat dotace, a to z programu „Nová zelená úsporám“, stejně jako v případě fotovoltaiky. Podrobněji je tento program rozepsán v podkapitole č. 4.4.

### **5.2.1 Podmínky pro čerpání dotace**

Dotace pro instalaci fototermických i fotovoltaických systémů jsou čerpány ze stejného programu, tedy z NZÚ. Z tohoto důvodu platí pro oba systémy totožné podmínky pro čerpání finanční podpory a nebudou již znovu rozepsány v této podkapitole. Tyto podmínky lze najít v podkapitole č. 4.4.1.

### **5.2.2 Sazba dotace**

Maximální výše dotace na fototermické systémy činí 40 % z celkových nákladů. Lze získat finanční podporu až 50 000 Kč na jednu instalaci. O dotaci je možné zažádat nejen v případě novostaveb, ale i stávajících rodinných domů.

Konkrétní částky maximální možné výše dotace lze najít v tabulce č. 2 (viz podkapitola 4.4.2).

### **5.3 Ekonomický rozbor variant fototermiky v historii a dnes**

Na základě směrnice Ministerstva životního prostředí č. 9/2009 o poskytování dotací v rámci programu Zelená úsporám byla od ledna 2012 poskytována dotace:

- varianta C.3.1 – ohřev teplé vody fototermickým kolektorem, maximálně 25 000 Kč
- varianta C.3.2 – ohřev teplé vody a vytápění fototermickým systémem, maximální dotace až 35 000 Kč

Od roku 2015 existuje na základě vyhlášky č. 2/2015 program „Nová zelená úsporám“, který zvyšuje dotace následovně:

- varianta C.3.1 – maximálně 35 000 Kč
- varianta C.3.2 – maximálně 50 000 Kč

Pro zhodnocení efektivity obou systémů bude provedena komparativní analýza obou typů systémů z hlediska pořizovacích a provozních nákladů v rámci ekonomických podmínek v ČR.

Nejdříve bude proveden rozbor jednotlivých ukazatelů obou variant zvlášť a pak budou tyto ukazatele srovnány v kapitole č. 8.

V rámci fotovoltaiky i fototermiky bude nejprve uveden popis solárního systému včetně konkrétních údajů (jako např. výkon, náklady, dotace apod.). Poté budou následovat 3 podkapitoly zaměřené na ekonomickou stránku (náklady, návratnost investice a dotace), produkci (výroba energie, degradace, životnost) a úsporu CO<sub>2</sub> (pro výpočty bude použitý emisní faktor pro elektřinu z tabulky č. 4, která je součástí vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a posudku).

Tab. 4 Všeobecné emisní faktory CO<sub>2</sub>

Hnědé uhlí	0,36 t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Černé uhlí	0,33 t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
TTO	0,27 t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
LTO	0,26 t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Zemní plyn	0,20 t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Biomasa	0 t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Elektřina	1,17 t CO <sub>2</sub> /MWh elektřiny

Zdroj:

Česká republika. Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. In: Sbirka zákonů. 2004, částka 182, s. 8 142 – 8 150. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/26666/26741/299391/priloha002.pdf>

Součástí kapitol 6 a 7 budou i tabulky s výpočty, ze kterých pak budou vycházet grafy. Jednotlivé sloupce v tabulkách budou okomentovány a vzorce po dosazení názorně spočítány. Výstupem z tabulek pak budou grafy.

Jednotná cena elektřiny pro obě varianty bude vycházet z tabulky 5 (viz následující strana), která je zobrazením aktuálních cen elektrické energie.

Tab. 5 Cena spotřebované elektřiny pro rok 2018 (D 01d použit pro modelový případ)

<b>Cena za 1 kWh [Kč]</b>				
	<b>E.ON</b>	<b>ČEZ</b>	<b>PRE</b>	<b>Průměrná cena</b>
<b>Sazba D 01d (malá spotřeba)</b>	4,82	4,73	4,66	4,74
<b>Sazba D 02d (střední spotřeba)</b>	4,31	4,1	4,07	4,16

<b>Paušální poplatek za jistič [Kč] (do 3x10 A do 1x25 A včetně)</b>				
	<b>E.ON</b>	<b>ČEZ</b>	<b>PRE</b>	<b>Průměrná cena</b>
<b>Sazba D 01d (malá spotřeba)</b>	82,16	88,21	111,2	93,86
<b>Sazba D 02d (střední spotřeba)</b>	117,25	120,88	146,29	128,14

Zdroj: NEŠPOROVÁ, K. *Jaká je cena kWh a kolik stojí elektřina v domácnosti?* [online] Drevostavitel.cz. 2018 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/jaka-je-cena-kwh>

Pro výpočty v následujících kapitolách je použita průměrná cena energie 4,83 Kč/kWh, která je dána sazbou za 1kWh (viz vrchní část tabulky) a rozpočtem nákladů za jistič (dolní část tabulky). (Skrblík.cz, 2018).

## 6. Fotovoltaika jako zdroj energie pro vlastní potřebu

V této kapitole bude rozebrán názorný příklad ohřevu vody v rodinném domě za pomoci fotovoltaické elektrárny.

### 6.1 Popis fotovoltaické elektrárny

Jedná se o fotovoltaickou elektrárnu určenou pro instalaci na rodinný dům. Jeho průměrná roční spotřeba činí 2 500 – 3 000 kWh, elektrárna je schopna vyrobit 2 200 – 2400 kWh. Při správném užívání (korigování spotřeby a použití přebytku k ohřevu vody) je schopna uspořit až 50 % elektrické energie kupované ze sítě.

K samotnému účelu využití sluneční energie pro ohřev vody v elektrickém bojleru slouží v rámci FVE zařízení zvané *watrouter*. Bojler přitom není nutno obměňovat, jelikož přístroj dokáže pracovat i s klasickým elektrickým bojlerem. V případě nižší spotřeby domu než je objem vyrobené elektrické energie z FVE je systémem automaticky zapnut ohřev vody pomocí ohříváče. Díky tomuto mechanismu lze z fotovoltaického systému vytěžit maximální užitek. (Solární stavebnice, 2016)



**Obr. 18** Schéma zapojení fotovoltaického systému aplikovaného na rodinný dům

Zdroj: VALA, P. Domáci elektrárna s výkonem 2,16kW [online]. Solarnistavebnice.cz. 2018 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <http://www.solarnistavebnice.cz/zbozi.jsp?f=d&n=Domaci-elekrarna-s-vykonem-2%2C16kW&gid=252&caid=10&scid=-1>

Obrázek 18 znázorňuje zapojení a funkci fotovoltaického systému v rámci rodinného domu. Elektrická energie, vyráběna fotovoltaickými panely, je vedena do měniče, kde je přeměněna

na střídavý elektrický proud. Následně již je energie připravena k použití a může být využívána v domácnosti, místo energie z rozvodové sítě.

## 6.2 Výpočty fotovoltaického systému

Hodnoty použité v následujících podkapitolách jsou čerpány z tabulky 6. Jednotlivé sloupce budou popsány a vypočítány pomocí dosazení do daných vzorců.

Tab. 6 Model fotovoltaického systému popsáno v podkapitole kapitole 6.1

rok	degr. věkem	degr. PIDem	degr. celkem	výroba kWh/rok bez degr.	výroba kWh degrad.	výroba Kč (4,83Kč/kWh)	kumulace výroby v kWh	úspora CO <sub>2</sub> (1,17kg/kWh)	invest. Kč bez dotace	invest. Kč s dotací 60tis
1	0,0%	0,0%	0,0%	2250	2250	10868	2250	2633	-110200	-50200
2	1,0%	0,0%	1,0%	2250	2228	10759	4478	5239	-99333	-39333
3	2,0%	0,4%	2,4%	2250	2195	10603	6673	7807	-88574	-28574
4	3,0%	0,9%	3,9%	2250	2163	10447	8836	10338	-77971	-17971
5	4,0%	1,3%	5,3%	2250	2131	10291	10966	12831	-67524	-7524
6	5,0%	1,7%	6,7%	2250	2098	10135	13065	15286	-57233	2767
7	6,0%	2,2%	8,2%	2250	2066	9979	15131	17703	-47098	12902
8	7,0%	2,6%	9,6%	2250	2034	9823	17165	20083	-37118	22882
9	8,0%	3,0%	11,0%	2250	2002	9667	19166	22424	-27295	32705
10	9,0%	3,5%	12,5%	2250	1969	9511	21135	24728	-17628	42372
11	10,0%	3,9%	13,9%	2250	1937	9356	23072	26995	-8116	51884
12	10,7%	4,3%	15,1%	2250	1911	9231	24983	29231	1239	61239
13	11,4%	4,8%	16,2%	2250	1885	9106	26869	31436	10470	70470
14	12,1%	5,2%	17,4%	2250	1859	8981	28728	33612	19576	79576
15	12,9%	5,7%	18,5%	2250	1834	8856	30562	35757	28557	88557
16	13,6%	6,1%	19,7%	2250	1808	8731	32369	37872	37413	97413
17	14,3%	6,5%	20,8%	2250	1782	8606	34151	39957	46144	106144
18	15,0%	7,0%	22,0%	2250	1756	8482	35907	42011	54750	114750
19	15,7%	7,4%	23,1%	2250	1730	8357	37637	44036	63232	123232
20	16,4%	7,8%	24,3%	2250	1704	8232	39342	46030	71589	131589
21	17,1%	8,3%	25,4%	2250	1678	8107	41020	47994	79821	139821
22	17,9%	8,7%	26,5%	2250	1653	7982	42673	49927	87928	147928
23	18,6%	9,1%	27,7%	2250	1627	7857	44300	51831	95910	155910
24	19,3%	9,6%	28,8%	2250	1601	7733	45901	53704	103767	163767
25	20,0%	10,0%	30,0%	2250	1575	7608	47476	55547	111500	171500

Zdroj: vlastní

## 6.3 Investice do FVE a jejich návratnost

V následujících podkapitolách bude rozebrán výpočet investic do FVE ve dvou variantách – varianta bez dotací a varianta s dotacemi čerpaných z programu „Nová zelená úsporám“. Následně bude proveden výpočet návratnosti investic.

### 6.3.1 Výpočet bez dotace

Tato varianta zobrazuje výpočet celkových nákladů na pořízení fotovoltaického systému dle výše uvedených parametrů. Tento výpočet nezahrnuje dotační příspěvek, který by mohl být (a s největší pravděpodobností i byl) reálně použit.

- pořizovací cena (vč. DPH 15 %): 110 200 Kč

V případě bez dotace je pořizovací cena (PC) rovna celkové ceně (CC), tedy:

$$CC = PC \quad (1)$$

$$110\,200 = 110\,200$$

Celková cena (vč. DPH 15 %) je tedy 110 200 Kč. V tabulce 6 je tato cena uvedena v prvním řádku druhého sloupce zprava.

### 6.3.2 Výpočet s dotací

Předpokladem možnosti čerpání dotací z programu „Nová zelená úsporám“ je splnění všech nároků kladených tímto programem. Po splnění všech podmínek má žadatel nárok při výstavbě fotovoltaiky čerpat dotaci (D) 60 000 Kč. Do následujícího výpočtu bude tedy započítána i tato částka:

- pořizovací cena (vč. DPH 15 %): 110 200 Kč
- dotace: 60 000 Kč



$$CC = PC - D \quad (2)$$

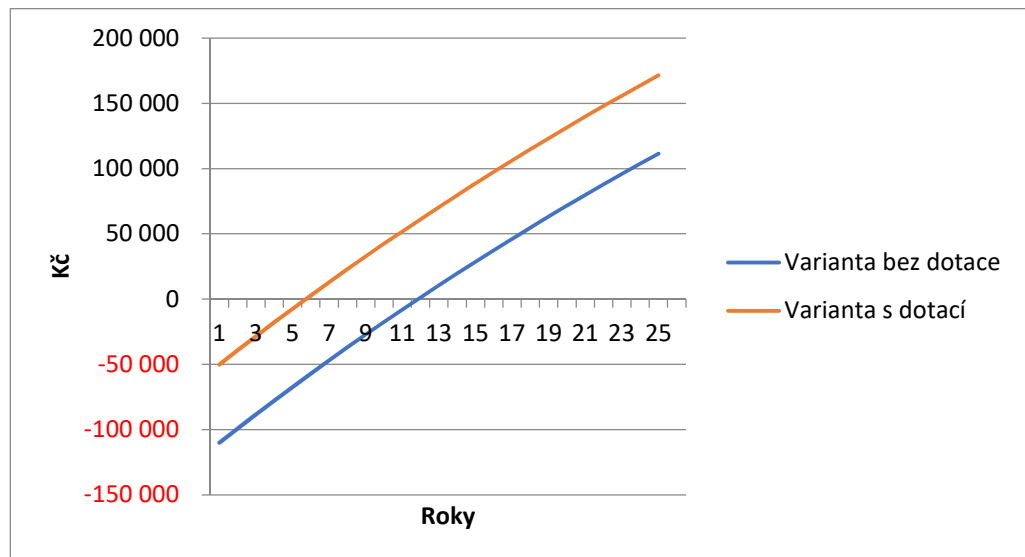
$$CC = 110\,200 - 60\,000$$

$$CC = 50\,200$$

Celková cena (vč. DPH 15 %) FVE s dotací 60 000 činí 50 200 Kč. V tabulce 6 je tato cena uvedena v prvním řádku prvního sloupce zprava.

### 6.3.3 Návratnost investic

Graf na obrázku 19 je znázorněním návratnosti investic (NI) u fotovoltaického systému v průběhu 25 let, a to ve variantách s dotací a bez dotace.



Obr. 19 Návratnost investic

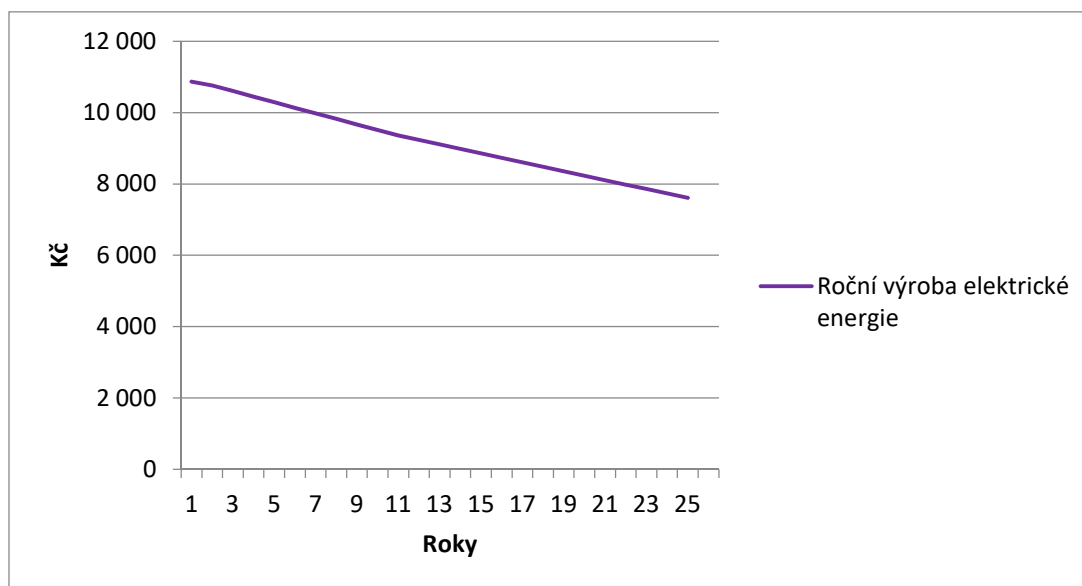
*Zdroj: vlastní*

Jedná se tedy o dobu návratnosti investic, což je čas, který je zapotřebí, aby se kumulativní hodnoty cash flow staly kladnými.

Ve variantě bez dotace je návratnost investic asi 12 let a ve variantě s dotací přibližně 6 let.

## 6.4 Energie vyprodukovaná FVE

Graf na obrázku 20 znázorňuje množství elektrické energie vyrobené pomocí fotovoltaických panelů v průběhu životnosti FVE, se zahrnutím LID a PID degradace.



**Obr. 20** Reálná roční výroba elektrické energie v kWh se započtení LID a PID degradace

*Zdroj: vlastní*

Reálná roční výroba (VR) v Kč je uvedena v tabulce 6 v sedmém sloupci zleva (v šestém sloupci zleva je uvedena výroba v kWh) a je počítána dle vzorce:

$$VR(x) = V_{\text{nom.}} - DG_{\text{věk}}(x) - DG_{\text{pid}}(x) \quad (3)$$

$V_{\text{nom.}}$  – energie vyrobena nedegradovanými panely (pátý sloupec zleva v tabulce 6)

$DG_{\text{věk}}$  – degradace věkem (druhý sloupec zleva, uvedeno v %)

$DG_{\text{pid}}$  – degradace PIDem (třetí sloupec zleva, uvedeno v %)

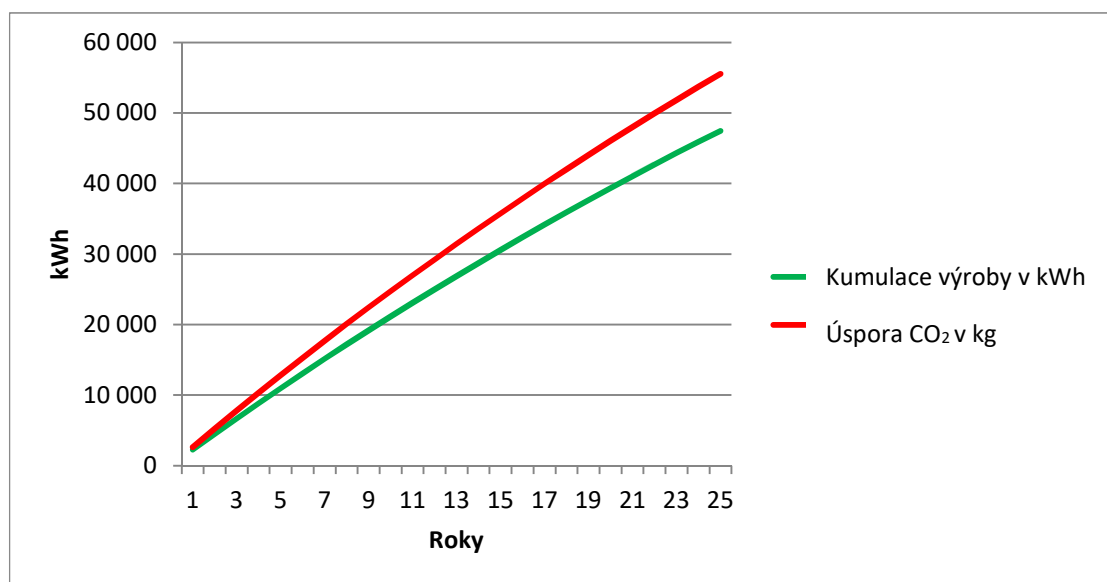
$x$  – rok provozu 1 – 25 (první sloupec vlevo)

Pozn. Celková degradace ( $DG_{\text{celkem}}$ ) ve čtvrtém sloupci zleva je počínána jako:

$$DG_{\text{celkem}} = DG_{\text{věk}} + DG_{\text{pid}} \quad (4)$$

## 6.5 Výroba energie FVE a úspora CO<sub>2</sub>

Graf na obrázku 21 zobrazuje kumulovanou výrobu energie v kWh v průběhu životnosti fotovoltaického systému a její přepočtení na emise CO<sub>2</sub> dle tabulky 4 (1,17 kg CO<sub>2</sub>/kWh). Jedná se o třetí sloupec zprava v tabulce 6.



Obr. 21 Celková výroba elektrické energie v kWh a úspora CO<sub>2</sub> v kg

Zdroj: vlastní

Je počítáno dle vzorce:

$$U_{CO_2} = V \times 1,17 \quad (5)$$

Kde jednotlivé jednotky označují:

$U_{CO_2}$  – úspora CO<sub>2</sub>

$V$  – výroba

Pozn. kumulace výroby je uvedena ve čtvrtém sloupci zprava v tabulce 6.

## 7. Fototermika jako zdroj tepla pro ohřev vody

V této kapitole bude rozebrán názorný příklad ohřevu vody v rodinném domě za pomoci fotovoltaické elektrárny.

### 7.1 Popis fototermického systému

Níže je popsán příklad konkrétní instalace, která je aktuálně nabízena na českém trhu:

Domácnost v rodinném domě spotřebuje na ohřev užitkové vody zhruba 4 000 kWh energie ročně, u vícegeneračních nemovitostí je tato hodnota ještě vyšší. Snížit tyto náklady o 45 až 80 % lze instalací soustavy tří vakuových solárních kolektorů, s výhledem na růst cen energií bude úspora v budoucnu ještě významnější.

Systém 24 trubic s celkovou absorpční plochou 3,46 m<sup>2</sup> dodávaný spolu s bojlerem o objemu 250 litrů a 10 metry potrubí stojí okolo 70 000 Kč (včetně DPH a instalace). Tento solární systém výrobou uspoří přibližně 2 250 kWh energie za rok, což je asi 10 870 Kč ročně, při ceně 4,83 Kč za 1 kWh elektrické energie. (záměrně byla vybrán fototermický solární systém se stejným objemem výroby, jako má v předchozí kapitole fotovoltaický systém).

Návratnost investice do fototermického systému je tak v tomto příkladu asi 6 až 7 let při předpokládané životnosti systému 25–30 let. (*Skrblík.cz*, 2018)

### 7.2 Výpočty fototermického systému

Hodnoty použité v následujících podkapitolách jsou čerpány z tabulky 7. Jednotlivé sloupce budou popsány a vypočítány pomocí dosazení do daných vzorců.

**Tab. 7** Model fototermického systému popsaného výše

Rok	Úspora kWh/rok bez degr.	Úspora v Kč (4,83Kč/kWh)	Kumulace výroby v kWh	Úspora CO <sub>2</sub> (1,17kg/kWh)	Invest. Kč bez dotace	Invest. Kč s dotací 28tis.
1	2 250	10 868	2 250	2 633	-70 000	-42 000
2	2 250	10 868	4 500	5 265	-59 133	-31 133
3	2 250	10 868	6 750	7 898	-48 265	-20 265
4	2 250	10 868	9 000	10 530	-37 398	-9 398
5	2 250	10 868	11 250	13 163	-26 530	1 470
6	2 250	10 868	13 500	15 795	-15 663	12 338
7	2 250	10 868	15 750	18 428	-4 795	23 205
8	2 250	10 868	18 000	21 060	6 073	34 073
9	2 250	10 868	20 250	23 693	16 940	44 940
10	2 250	10 868	22 500	26 325	27 808	55 808
11	2 250	10 868	24 750	28 958	38 675	66 675
12	2 250	10 868	27 000	31 590	49 543	77 543
13	2 250	10 868	29 250	34 223	60 410	88 410
14	2 250	10 868	31 500	36 855	71 278	99 278
15	2 250	10 868	33 750	39 488	82 145	110 145
16	2 250	10 868	36 000	42 120	93 013	121 013
17	2 250	10 868	38 250	44 753	103 880	131 880
18	2 250	10 868	40 500	47 385	114 748	142 748
19	2 250	10 868	42 750	50 018	125 615	153 615
20	2 250	10 868	45 000	52 650	136 483	164 483
21	2 250	10 868	47 250	55 283	147 350	175 350
22	2 250	10 868	49 500	57 915	158 218	186 218
23	2 250	10 868	51 750	60 548	169 085	197 085
24	2 250	10 868	54 000	63 180	179 953	207 953
25	2 250	10 868	56 250	65 813	190 820	218 820

*Zdroj: vlastní*

### 7.3 Investice do fototermického systému a jejich návratnost

V následujících podkapitolách bude rozebrán výpočet investic do fototermického systému, a to, stejně jako v případě fotovoltaiky, ve dvou variantách – varianta bez dotací a varianta s dotacemi. Poté bude proveden výpočet návratnosti investic.

### 7.3.1 Výpočet bez dotace

Tato varianta zobrazuje výpočet celkových nákladů na pořízení fototermického systému popsaného v kapitole 7.1 Tento výpočet nezahrnuje žádné dotace.

- pořizovací cena (vč. DPH 15 %): 70 000 Kč

V případě bez dotace je pořizovací cena (PC) rovna celkové ceně (CC). Lze tedy použít vzorec (1) z podkapitoly 6.3.1. Dosazením tedy vznikne:

$$70\ 000 = 70\ 000$$

Celková cena (vč. DPH 15 %) činí 70 000 Kč. V tabulce 7 je tato cena uvedena v prvním řádku druhého sloupce zprava.

### 7.3.2 Výpočet s dotací

Možná dotace (D) na tento systém z programu Nová zelená úsporám činí nanejvýš 40 % z celkové částky, maximálně však do výše 50 tisíc (viz tabulka 2, kapitola 4.4.2) z čehož plyne následující výpočet:

- pořizovací cena (vč. DPH 15 %): 70 000 Kč

$$D = PC \times 0,4 \tag{6}$$

$$D = 70\ 000 \times 0,4$$

$$D = 28\ 000$$

- dotace: 28 000 Kč

Použitím vzorce (2) lze dosadit:

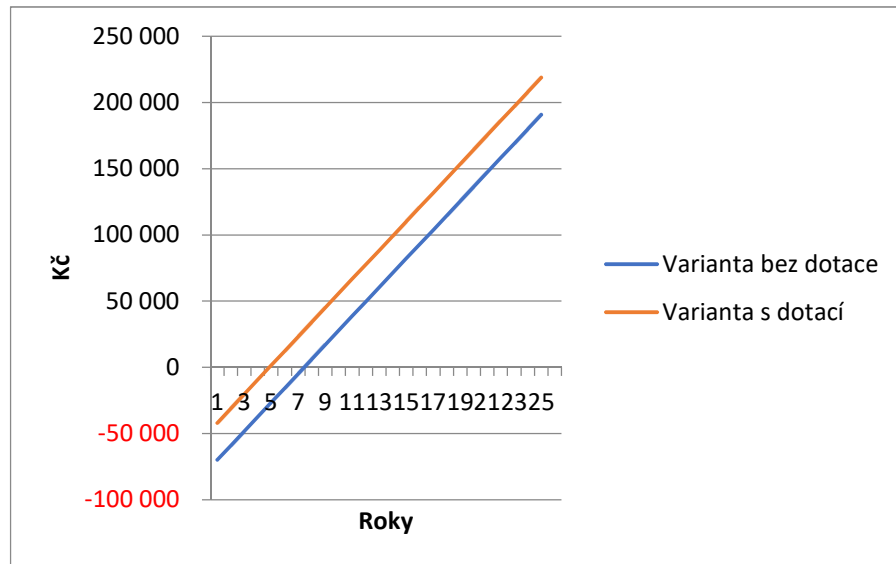
$$CC = 70\ 000 - 28\ 000$$

$$CC = 42\ 000$$

Celková cena fototermického systému ve variantě s dotací je 42 000 Kč (uvedeno v prvním řádku prvního sloupce zprava v tabulce 7).

### 7.3.3 Návratnost investic

Graf na obrázku 22 znázorňuje návratnost investice u fototermického systému v průběhu 25 let, a to ve variantách s dotací a bez dotace.

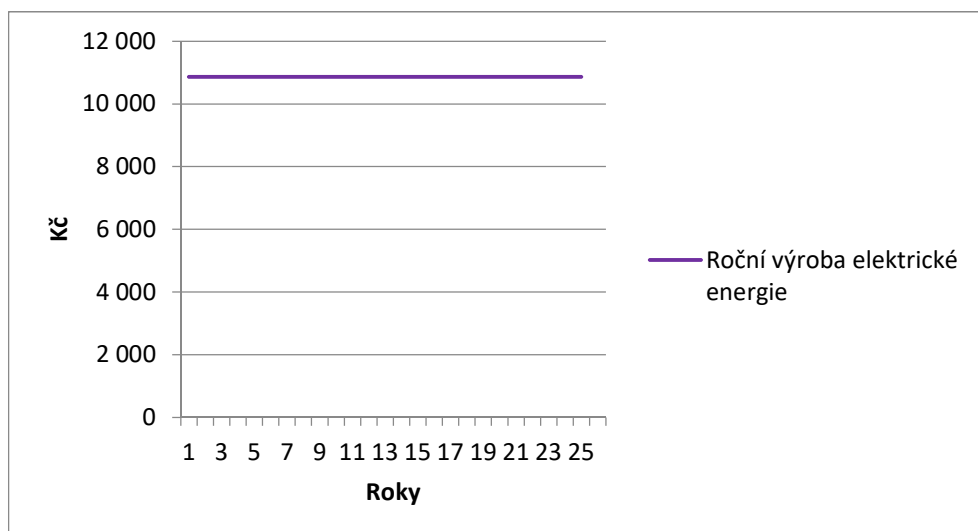


Obr. 22 Návratnost investic

Zdroj: vlastní

Ve variantě bez dotace je návratnost investic asi 8 let a ve variantě s dotací přibližně 5 let.

### 7.1 Energie vyprodukovaná fototermickým systémem



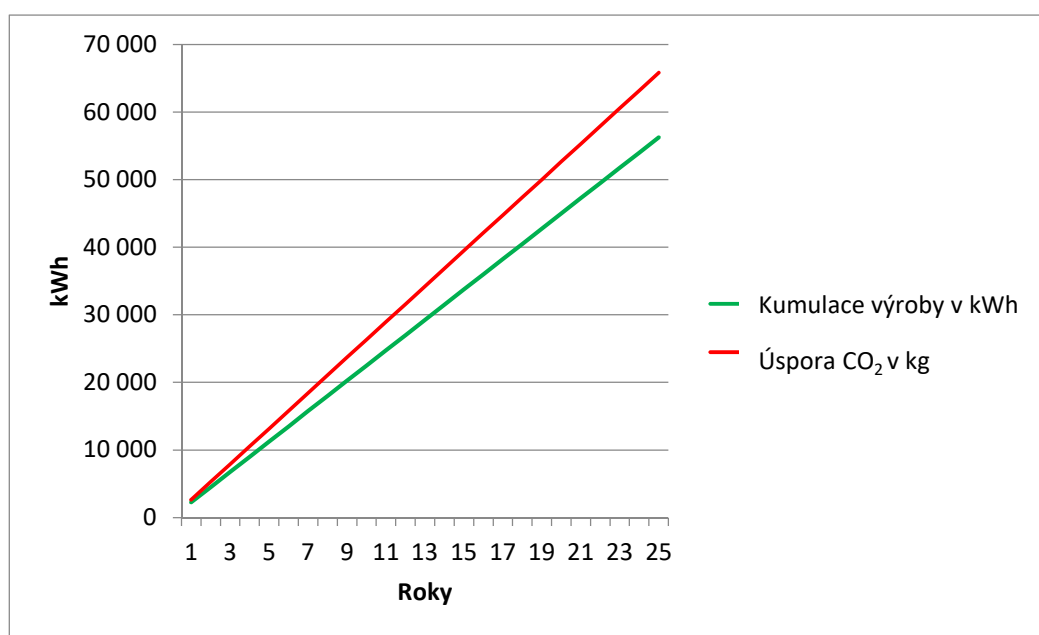
Obr. 23 Reálná roční výroba elektrické energie v Kč

Zdroj: vlastní

Graf na obrázku 23 znázorňuje roční výrobu energie (vyjádřenou v Kč) v průběhu životnosti fototermického systému. Výroba je konstantní, neboť degradace fototermických systémů není do výpočtů uvažována. Hodnota reálné roční výroby je po celou dobu životnosti fototermického systému 2 250 kWh ročně (druhý sloupec zleva v tabulce 7), což je 10 868 Kč ročně (třetí sloupec zleva).

## 7.1 Výroba energie fototermickým systémem a úspora CO<sub>2</sub>

Graf na obrázku 24 zobrazuje kumulovanou výrobu energie v kWh (čtvrtý sloupec zprava v tabulce 7) v průběhu životnosti fototermického systému a její přepočet na emise CO<sub>2</sub> dle tabulky 4 (1,17 kg CO<sub>2</sub>/kWh).



Obr. 24 Celková výroba elektrické energie v kWh a úspora CO<sub>2</sub> v kg

Zdroj: vlastní

Pro výpočet byl použitý vzorec (5) z podkapitoly 6.5. Hodnoty úspory CO<sub>2</sub> se nachází ve třetím sloupci zprava v tabulce 7.



## 8. Komparace vybraných ukazatelů ekonomiky fototermiky vs. fotovoltaiky v historii a dnes

Na základě kapitol 6 a 7 bude provedena komparace fotovoltaiky a fototermiky jak z pohledu energetické produkce, tak i z ekonomického hlediska.

Porovnání z energetického hlediska:

- a) 1 m<sup>2</sup> fotovoltaických panelů vyrobí cca 100 – 140 kWh elektřiny za rok (v našich podmínkách)
- b) 1 m<sup>2</sup> solárních kolektorů vyrobí cca 250 – 650 kWh tepla za rok (dle typu kolektoru)

Tzn. z energetického hlediska jsou termické solární kolektory efektivnější než fotovoltaické panely (ale srovnávat kilowatthodiny elektřiny a tepla je ošemetné – elektřina je „ušlechtilější“ energie než teplo).

(*Ekoporadny.cz*, 2018)

**Tab. 8** Porovnání z finančního hlediska (modelový příklad použitý v této práci) počítaný pro 4,83Kč/ kWh (tarif D01d 2018)

<b>Srovnatelný modelový systém 2,25 kW</b>	<b>Fotovoltaika</b>	<b>Fototermika</b>
<b>počáteční investice bez dotace (Kč)</b>	110 000	70 000
<b>dotace Nová zelená úsporám 2018 (Kč)</b>	60 000	28 000
<b>investice po odečtení dotace (Kč)</b>	50 000	42 000
<b>výroba za 25 let životnosti (kWh)</b>	47 476	56 250
<b>návratnost dotované investice (roky)</b>	<b>6</b>	<b>5</b>

*Zdroj: vlastní*

Delší návratnost investice do fotovoltaiky je dána její vyšší pořizovací cenou a faktorem degradace fotovoltaických panelů během provozu. I přes tento fakt se jeví jako lepší volba fotovoltaika. Důvody jsou vysvětleny v závěru této práce.

Historický pohled je u obou variant podrobně rozebrán v kapitolách. 4.5 a 5.3.

## ZÁVĚR

Byla provedena komparace fotovoltaického a fototermického systému na konkrétním příkladu ohřevu vody. Oba systémy měly v podstatě totožný energetický zisk (přibližně 2250 kWh za rok). V případě použití obou systémů k ohřevu vody by byl výsledek stejný.

Avšak na základě výpočtů bylo zjištěno, že návratnost investice do fototermického systému za použití dotací je aktuálně přibližně 5 let, což je o rok méně než u dotovaného fotovoltaického systému o stejném výkonu.

Pokud by bylo možné efektivně spotřebovat veškerou energii vyprodukovanou fototermickým systémem, dokázala by pokrýt celou roční spotřebu domácnosti.

Bohužel kvůli zeměpisným podmínkám ČR by vyrobená energie v zimních měsících nestačila na pokrytí celkových energetických potřeb domácnosti a v letních měsících by naopak nastal problém uplatnit „přebytky“ získané energie.

**Z tohoto pohledu se jeví jako rozumnější investice do dotovaného fotovoltaického systému, který má o rok delší návratnost, ale vyrobenou energii lze spotřebovat pro jakýkoliv účel, nejen na ohřev vody. Pro ohřev vody pak mohou být použity přebytky elektrické energie, která by nebyla využita k jiným účelům.**

## POUŽITÁ LITERATURA

BECHNÍK, B. *Obnovitelné zdroje energie - vývoj výkupních cen* [online]. TZB-info. 2018 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/6950-obnovitelne-zdroje-energie-vyvoj-vykupnich-cen>

BERANOVSKÝ, J., MURTINGER, K., TOMEŠ, M. *Fotovoltaika. Elektřina ze Slunce*. 2. vyd. Brno: ERA vydavatelství, 2008, 82 s. ISBN 978-80-7366-133-5

CIHLÁŘ, J. *Investice do decentrálních zdrojů energie – 2. díl: Fototermický systém* [online]. OEnergetice.cz. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/investice-do-distribuvanych-zdroju-energie-2-dil-fototermicky-system/>

Cne.cz. *Úvod do FV systémů* [online]. 2018 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>

Česká republika. Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. In: Sbíрка zákonů. 2004, částka 182, s. 8 142 – 8 150. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/26666/26741/299391/priloha002.pdf>

Česká republika. Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. In: Sbíрка zákonů. 1992, částka 4, s. 82 – 96. Dostupné z: <http://web.archive.org/web/20090206110327/http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf>

Česká republika. Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). In: Sbíрка zákonů. 2005, částka 66, s. 3 726 – 3 732. ISSN: 1211 – 1244, Dostupné z: <http://web.archive.org/web/20091127073650/http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2005/sb066-05.pdf>

Ekoporadny.cz. *Můžete prosím porovnat efektivitu fotovoltaických a fototermických systémů? Existují na tyto systémy nějaké dotace?* [online]. 2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.ekoporadny.cz/faq/muzete-prosim-porovnat-efektivitu-fotovoltaickych-a-fototermickych-systemu-existuji-na-tyto-systemy-nejake-dotace.htm>

Eon.cz. *Co označuje jednotka kWp?* [online]. 2018 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/chytra-domacnost/jak-vyuzivat-solarni-energii/co-oznacuje-jednotka-kwp>

Elektřina ze slunce. *Typy solárních panelů* [online]. 2018 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://www.elekttrinazeslunce.cz/faq-typy-solarnich-panelu>

GOUDARDÉRES, F., MCWATT, V., FLEURET L. *Energie z obnovitelných zdrojů* [online]. 2018 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: [http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/cs/FTU\\_2.4.9.pdf](http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/cs/FTU_2.4.9.pdf)

HEROLD, Tomáš. *Analýza faktorů ovlivňující účinnost přeměny sluneční energie v energii elektrickou* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/7245/1/BP\\_Tomas\\_Herold.pdf](https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/7245/1/BP_Tomas_Herold.pdf). Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Ing. Hana Benešová.

Jaknazelenou.cz. *Nová zelená úsporám a fotovoltaika* [online]. 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.jaknazelenou.cz/nova-zelena-usporam-a-solarnich-zarizeni-jake-jsou-podminky-a-kolik-dostanete/>

Jaknazelenou.cz. *Solární systémy ohřevu vody* [online]. 2018 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <https://www.jaknazelenou.cz/solarni-systemy-ohreву-vody/>

KOSMÁK, F. *Princip fotovoltaického článku* [online]. ElektriKa.cz. 2009 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://elektriKa.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>

KRAMER, M. et al. *Mezinárodní management životního prostředí*. 1. vyd. Praha: C.H. Beck, 2005, 409 s. ISBN 80-7179-919-X

KUČERA, Z. a MICHALIČKA, D. *Slunce do kunratické školy II, vyhodnocení po roce* [online]. TZB-info. 2018 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/8067-slunce-do-kunraticke-skoly-ii-vyhodnoceni-po-roce>

LADENER, H., SPÄTE, F. *Solární zařízení*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003, 268 s. ISBN 80-247-0362-9

LIBRA, M., POULEK, V. *Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*. 2.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, 147 s. ISBN 80-213-1488-5

MASTNÝ, P. et al. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 256 s. ISBN 978-80-01-04937-2

NEŠPOROVÁ, K. *Jaká je cena kWh a kolik stojí elektrina v domácnosti?* [online] Drevostavitel.cz. 2018 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/jaka-je-cena-kwh>

Photovoltaiksolarstrom. *Der Maximum Power Point und MPP-Tracking* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://photovoltaiksolarstrom.com/photovoltaiklexikon/maximum-power-point-mpp-tracking/>

Pozorovanislunce.eu. *Solární systémy a jejich využití* [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunce-energie/solarni-systemy-a-jejich-vyuziti.html>

ROKUSEK, D. *PID efekt, diagnostika a důsledky*. Praha, 2017 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/68395/F3-BP-2017-Rokusek-David-PID%20efekt,%20diagnostika%20a%20dusledky.pdf?sequence=1> Bakalářská práce. České vysoké

učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Katedra elektrotechnologie. Vedoucí práce Ing Pavel Hrzina.

Skrblik.cz. *Nová zelená úsporám 2018: Dotace, podmínky, rady* [online]. 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.skrblik.cz/energie/teplo/nova-zelena-usporam/>

Skrblik.cz. *Solární panely na ohřev vody: Cena, srovnání, jak si je vyrobit doma* [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.skrblik.cz/energie/teplo/solarni-panely-na-ohrev-vody/>

Skupina ČEZ. *Energie z obnovitelných zdrojů: Skupina ČEZ a obnovitelné zdroje energie* [online]. 2018 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje.html>

Skupina ČEZ. *Solární (fotovoltaické) články* [online]. 2018 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

Snizujeme.cz. *Fototermika – teplá voda zadarmo* [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/clanky/fototermika-tepla-voda-zadarmo/>

Solární Experti. *Splňujete podmínky dotace Zelená úsporám?* [online]. 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/zakladni-pravidla-ziskani-dotace-nova-zelena-usporam/>

TOUŠEK, J. Elektřina ze Slunce - fotovoltaické systémy a jejich ekonomika. *Vesmír*. 2000, **79** (12), 672 s. ISSN 1214-4029

TZB-info. *Fotovoltaika*. [online]. 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>

VALA, P. *Domácí elektrárna s výkonem 2,16kW* [online]. Solarnistavebnice.cz. 2018 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <http://www.solarnistavebnice.cz/zbozi.jsp?f=d&n=Domaci-elektrarna-s-vykonem-2%2C16kW&gid=252&caid=10&scid=-1>

Vítejte na Zemi: multimediální ročenka životního prostředí. *Obnovitelné zdroje energie* [online]. 2013 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: [http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=obnovitelne\\_zdroje\\_energie&site=energie](http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=obnovitelne_zdroje_energie&site=energie)