

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra technologií a měření


DIPLOMOVÁ PRÁCE


**Ekonomické zhodnocení provozu FV systémů s ohledem
na současné legislativní změny v podpoře OZE v ČR**

vedoucí práce: Doc. Ing. Pavla Hejtmánková, Ph.D.


2012


autor: Bc. Pavel Fiala


Plný název:  **Ekonomické zhodnocení provozu FV systémů s ohledem na současné legislativní změny v podpoře OZE v ČR**

 **Economic Evaluation of PV System Operation with Regard to Present RES Support Legislative Changes in the Czech Republic**

Určeno pro obor(y): KE Komerční elektrotechnika

Vedoucí práce: Hejtmánková Pavla (KEE) 

Přihlášení studenti: FIALA Pavel (E10N0016P, KE) 

Rezervováno pro studenta: FIALA Pavel (E10N0016P, KE) 

Konzultant: Ing. Antonín Navrátil
ILV-solar s.r.o.
Příchovice 275
334 01 Preštice

Seznam literatury:

Doporučené předměty nebo znalosti:

Poznámky:

Zásady pro vypracování (případně rámcové téma):

1. Objasněte princip výroby elektřiny pomocí FV systémů, posudte jejich výhody a nevýhody a uveďte možnosti jejich využití v ČR.
2. Popište u nás prováděná legislativní opatření zaměřená na podporu využívání energie slunce pomocí FV technologie.
3. Proveďte technicko-ekonomickou analýzu provozu vybraných FV elektráren.
4. Na zvolených příkladech provozovaných FV instalací zhodnotte vliv výše diskutovaných legislativních změn na dobu návratnosti vynaložených investic.

ANOTACE

Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou výroby elektrické energie ze slunečního záření. V první části je popsána historie fotovoltaiky. Dále jsou zde uvedeny výhody, nevýhody a možnosti využití této technologie v České republice. V druhé části práce je využíváno ekonomických ukazatelů reálné doby návratnosti investic a čisté současné hodnoty k určení vlivu provedených legislativních opatření v podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie na návratnost investic do vybraných fotovoltaických elektráren.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fotovoltaika, účinnost, fotovoltaická elektrárna, špičkový výkon, zelený bonus, výkupní cena, cash-flow, doba návratnosti investic, čistá současná hodnota.

ABSTRACT

This Master's thesis deals with the production of electricity from solar radiation. The first part describes the history of photovoltaics. Further there are mentioned the advantages, disadvantages and possibilities of using this technology in the Czech Republic. In the other part are used economic indicators discounted payback period and net present value for determining the influence of implemented legislative measures in support of electricity production from renewable energy sources to return on investment of selected photovoltaic power plants.

KEY WORDS

Photovoltaics, efficiency, photovoltaic power plant, peak power, green bonus, purchase price, cash flow, payback period, net present value.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 5.5.2012

Pavel Fiala

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval paní Doc. Ing. Pavle Hejtmánkové, Ph.D. za hodnotné rady a odborné vedení, kterým přispěla k vypracování této diplomové práce.

Dále děkuji společnosti ILV-solar s.r.o. za poskytnutí informací a materiálů nutných k vypracování této diplomové práce, zejména panu Ing. Antonínu Navrátilovi za jeho ochotu a věnovaný čas.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ	- 9 -
ÚVOD	- 10 -
1 FOTOVOLTAIKA	- 11 -
1.1 HISTORIE FOTOVOLTAIKY	- 11 -
1.2 PRINCIP FOTOVOLTAICKÉ PŘEMĚNY ENERGIE	- 13 -
1.2.1 Pásová teorie pevných látek	- 13 -
1.2.2 Vlastní polovodivost	- 14 -
1.2.3 Nevlastní polovodivost	- 14 -
1.2.4 Přechod PN	- 15 -
1.2.5 Fotovoltaický jev	- 15 -
1.3 FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY	- 17 -
1.3.1 Monokrystalické křemíkové články	- 18 -
1.3.2 Polykrystalické křemíkové články	- 18 -
1.3.3 Amorfni křemíkové články	- 19 -
1.3.4 Parametry fotovoltaických článků	- 20 -
1.4 FOTOVOLTAICKÉ PANELE	- 21 -
2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	- 23 -
2.1 SOUČÁSTI FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ	- 23 -
2.2 DRUHY PROVOZU FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ	- 23 -
2.2.1 Ostrovní solární systém	- 23 -
2.2.2 Síťový solární systém	- 25 -
2.3 VÝHODY	- 26 -
2.4 NEVÝHODY	- 27 -
2.5 MOŽNOSTI VYUŽITÍ FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ V ČR	- 28 -
2.5.1 Bilanční limity	- 30 -
3 LEGISLATIVA	- 31 -
3.1 ZÁKON Č. 180/2005 Sb.	- 31 -
3.1.1 Komentář k původnímu znění zákona	- 32 -
3.1.2 Změny zákona č. 180/2005 Sb.	- 33 -
3.2 STOP STAV	- 36 -
3.3 VÝKUPNÍ CENA ELEKTRINY	- 37 -
3.4 ZELENÝ BONUS	- 37 -
3.5 NÁVRH ZÁKONA O PODPOROVANÝCH ZDROJÍCH ENERGIE	- 39 -
4 TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA PROVOZU FV ELEKTRÁREN	- 41 -
4.1 POPIS VYBRANÝCH FV ELEKTRÁREN	- 41 -
4.1.1 Technické údaje	- 41 -
4.1.2 Rozpočtové a provozní údaje	- 42 -
4.2 CASH FLOW	- 45 -
4.2.1 Výpočet CF pro FVE 27,32 kWp	- 46 -
4.2.2 Výpočet CF pro FVE 738,72 kWp	- 49 -
4.3 REÁLNÁ DOBA NÁVRATNOSTI INVESTIC	- 51 -
4.4 ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA	- 54 -
5 VLIV LEGISLATIVNÍCH ZMĚN NA NÁVRATNOST INVESTIC DO FVE	- 55 -
5.1 FVE 27,32 kWp	- 56 -
5.1.1 Vliv na ukazatel DPP	- 57 -

5.1.2	Vliv na ukazatel NPV	- 59 -
5.2	FVE 738,72 kWp	- 59 -
5.2.1	Vliv na ukazatel DPP	- 61 -
5.2.2	Vliv na ukazatel NPV	- 62 -
5.3	FVE 27,32 kWp v režimu výkupních cen	- 62 -
5.3.1	Ukazatele DPP a NPV	- 64 -
6	ZÁVĚR	- 66 -
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 68 -
	PŘÍLOHY	- 72 -
	PŘÍLOHA A: VÝŇATEK Z CENOVÉHO ROZHODNUTÍ ERÚ Č. 7/2011	- 72 -
	PŘÍLOHA B: TABULKY VÝSLEDKŮ VÝPOČTŮ ZE 4. A 5. KAPITOLY	- 73 -
	PŘÍLOHA C: TECHNICKÝ LIST FV PANELU SL180-4M190	- 78 -

SEZNAM SYMBOLŮ

Značka	Název	Bližší určení
CF	Cash flow	
DPP	Discounted payback period	Diskontovaná doba návratnosti
ERÚ	Energetický regulační úřad	
FV	Fotovoltaika	
FVE	Fotovoltaická elektrárna	
NPV	Net present value	Čistá současná hodnota
MPP	Maximum power point	Bod maximálního výkonu FV článku
OZE	Obnovitelné zdroje energie	
c [m.s ⁻¹]	Rychlost světla ve vakuu	$2,997\,724\,58 \cdot 10^8$ [m.s ⁻¹]
E_f [J]	Energie fotonu	
h [J.s]	Planckova konstanta	$6,626\,068\,96 \cdot 10^{-34}$ [J.s]
I [A]	Elektrický proud	
R [Ω]	Elektrický odpor	
U [V]	Elektrické napětí	
W_p	Watt-peak	Jednotka špičkového výkonu FVE
λ [m]	Vlnová délka	
μ [%]	Účinnost	
C_{VC} [Kč/kWh]	Výše výkupních cen	
C_{ZB} [Kč/kWh]	Výše zeleného bonusu	
i [%]	Inflační míra	
k_1 [%]	Koeficient růstu výkupních cen a zelených bonusů	
k_2 [%]	Koeficient poklesu účinnosti fotovoltaických panelů	
k_3 [%]	Koeficient růstu tržních cen elektrické energie	
N_i [Kč]	Investiční náklady	
N_o [Kč]	Daňové odpisy	
N_p [Kč]	Provozní náklady	
r [%]	Diskontní míra	
T_{DPH} [Kč]	Sazba daně z přidané hodnoty	
T_p [Kč]	Sazba daně z příjmu	
V [Kč]	Výnosy	
Z [Kč]	Čistý zisk	

ÚVOD

Poptávka lidstva po energii neustále roste. Jednou z jejích nejžádanějších forem, bez které si v současnosti nedovedeme život téměř ani představit, je elektřina. Většina elektrické energie je získávána spalováním fosilních paliv v klasických tepelných elektrárnách či štěpnou reakcí jaderného paliva v elektrárnách jaderných. Tento fakt společně se snahou omezit energetickou závislost Evropy na politicky nestabilních oblastech blízkého východu a snížit emise oxidu uhličitého, inicioval Evropskou unii k vydání směrnice 2001/77/ES, která členskými zeměmi doporučuje postupné zvyšování podílu tzv. obnovitelných zdrojů energie v energetickém mixu. Směrnice je implementována do české legislativy zákonem č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Jeho přijetí zájem o obnovitelné zdroje skutečně vyvolalo. Štědře nastavené výše podpor v oblasti výroby elektrické energie ze slunečního záření a neschopnost naší legislativy zareagovat na dramatický pokles cen solárních technologií mezi lety 2008 a 2010 však zapříčinily investorský fotovoltaický boom. Prudký nárůst instalovaného výkonu ve fotovoltaických elektrárnách hrozil neúnosným nárůstem cen elektřiny pro firmy i domácnosti a vynutil si několik vládních zásahů do původní podoby zákona.

Předkládaná diplomová práce je koncipována do dvou částí. V první části se čtenář seznámí s historií a vývojem fotovoltaiky a principem výroby elektrické energie ze slunečního záření. Obeznámí se s klady a zápory této technologie i možnostmi jejího využití na území České republiky. Dále jsou zde podrobně rozebrány nejdůležitější výše zmíněné legislativní opatření týkající se dané vědní oblasti.

Druhá část práce si klade za cíl sestavit technicko-ekonomickou analýzu provozu fotovoltaických elektráren a posoudit vliv výše zmíněných legislativních změn na ekonomické zhodnocení. Pro tyto účely byla společností ILV-solar s.r.o. poskytnuta data ke dvěma výrobnám elektrické energie ze slunečního záření. Hodnocení je provedeno pomocí vybraných metod a výpočty jsou rozděleny do několika variant. První z nich je z důvodu určení velikosti ztrát způsobených retrospektivním charakterem novely č. 402/2010 Sb. mnohým provozovatelům fotovoltaických elektráren uvažována ke stavu legislativy platné k 1. lednu 2010. Další variantou je reálná situace daných solárních zařízení a následuje výpočet stavu ekonomických ukazatelů při uvedení do provozu v letech 2011 a 2012.

1 FOTOVOLTAIKA

Termín fotovoltaika vznikl kombinací řeckého slova pro označení světla - *photos*, se slovem *volt* - názvem jednotky elektromotorické síly, která způsobuje pohyb elektronů neboli elektrický proud. Je to metoda přímé přeměny energie slunečního záření na energii elektrickou.

1.1 HISTORIE FOTOVOLTAIKY

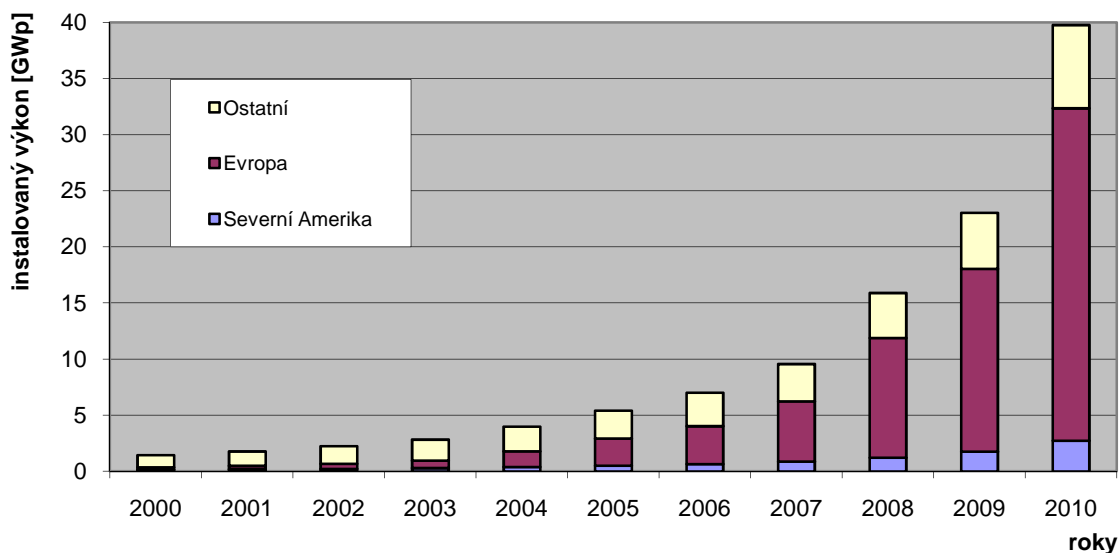
Možnost přímé konverze sluneční energie na elektřinu byla prvně rozpoznána roku 1839 tehdy pouze devatenáctiletým francouzským fyzikem Alexandrem Edmondem Becquerelem. Při experimentech s platinovými elektrodami ponořenými do vodivého roztoku zjistil, že po jejich osvětlení začne procházet malý proud. Podobné vlastnosti byly o několik desítek let později pozorovány u selenu. William Grylls Adams a jeho student Richard Evans Day v roce 1877 naměřili elektrický proud po vystavení jeho krystalů slunečnímu záření. Ačkoli selenové krystaly nebyly schopné generovat dostatek proudu pro napájení elektrických zařízení, dokázaly, že by pevný materiál mohl měnit světlo na elektřinu bez nutnosti využití elektrolytu. Na práci těchto fyziků navázal Charles Fritts a v roce 1880 představil první solární článek tvořený z plátků selenu. Jejich účinnost se pohybovala kolem 1 %.

Postupem času bylo objevováno stále více prvků, které vykazovaly podobné vlastnosti. Většímu pokroku v této oblasti však bránila skutečnost, že nikdo nedokázal vysvětlit, proč k fotovoltaickému jevu dochází. K jeho objasnění přispěl velkým dílem německý fyzik Albert Einstein. V roce 1905 publikoval článek o fotoelektrickém efektu pojmenovaný *O heuristickém hledisku dotýkajícím se vzniku a přeměnou světla*, ve kterém jej popisuje jako vznik volného elektronu po absorpci světelného kvanta neboli fotonu. Za toto vysvětlení obdržel v roce 1921 Nobelovu cenu. [8, 9]

V roce 1918 byl fotoelektrický jev pozorován u prvku křemíku. Právě z křemíku byl vyroben první solární článek podobný těm, které používáme dnes. Patentován byl roku 1946 americkým vynálezcem Russlem Ohlem. Konverzní účinnost měl do 5 %. Tyto články byly v 50. letech dále zdokonalovány v Bellových laboratořích, kde se pomocí dotování křemíku jinými prvky dosáhlo účinnosti až 11 %. Tato účinnost již byla pro běžnou praxi dostačující, avšak výrobní náklady byly díky nutnosti velice čistého

křemíku příliš vysoké. Prvně byly proto tyto články využity na oběžné dráze, kde cena nehrála příliš velkou roli. Od roku 1957 zde sloužily jako zdroj energie pro umělé družice. [1]

Většího využití na Zemi se křemíkové solární články dočkaly až po ropné krizi ze 70. let, kdy se vlády snažily zbavit závislosti na ropě a investovaly do rozvoje nových technologií a alternativních zdrojů energie. V roce 1982 byla k distribuční síti připojena první fotovoltaická elektrárna o výkonu 1 MW. Postupem času rostl počet podobných projektů, solární panely se začínaly objevovat na střeších domů či jako náhrada za méně ekologické diesel generátory pro napájení zařízení v odlehlých oblastech. Největšího boomu se však fotovoltaika dočkala v průběhu posledního desetiletí. Z důvodu hrozby globálního oteplování a obav ze ztenčujících se zásob fosilních paliv, se vlády opět rozhodly do solární energie investovat. Cena za vyrobený watt peak klesla z 6 dolarů v roce 2000 na méně než 2 dolary v roce 2011. Světový nárůst instalovaného výkonu fotovoltaiky mezi lety 2000 a 2010 je znázorněn v grafu č. 1. V roce 2011 jsou dle odhadů v provozu fotovoltaické panely o instalovaném výkonu přibližně 60 GWp, přesné výsledky však zatím známé nejsou. [2, 8]



Graf č. 1: Růst celkového instalovaného výkonu fotovoltaiky ve světě v letech 2000 - 2010 [10]

1.2 PRINCIP FOTOVOLTAICKÉ PŘEMĚNY ENERGIE

K přímé přeměně slunečního záření na elektrickou energii jsou využívány fotovoltaické články. V současnosti jsou nejvíce rozšířené polovodičové fotovoltaické články na bázi křemíku, proto bude princip fotovoltaické přeměny energie popsán právě na nich.

1.2.1 PÁSOVÁ TEORIE PEVNÝCH LÁTEK

Dle pásové teorie pevných látek může elektron vázaný ve struktuře krystalu nabývat pouze hodnot určitých energetických hladin. Tyto hladiny se nazývají pásy dovolených energií, mezi které patří valenční a vodivostní pás. Pásy dovolených energií oddělují pásy zakázaných energií. Za teplot blízkých se absolutní nule se všechny valenční elektrony atomu polovodiče nacházejí v energetickém stavu valenčního pásu. Všechny stavy valenčního pásu jsou tedy obsazené. Vedle valenčního pásu se nachází pás zakázaný, na jehož energetické hladině se žádný elektron vyskytovat nemůže. Na něj navazuje pás vodivostní, který má za nízkých teplot všechny stavy neobsazené. V tomto stavu tedy není schopný vést elektrický proud. Šířka zakázaného pásu se rovná $\Delta E_G = E_C - E_V$, kde E_V značí nejvyšší energetickou hladinu valenčního pásu a E_C nejnižší hladinu pásu vodivostního.

Dodáme-li energii, uvolní se některé elektrony od svého atomu a přejdou z energetické hladiny valenčního pásu do vyšších energetických hladin pásu vodivostního. Tyto elektrony se mohou volně pohybovat krystalem a zprostředkovat tak vedení elektrického proudu. Vzniklé díry v původním atomu jsou zaplňovány buď elektrony, které zpětně přestupují z vodivostního pásu do valenčního, nebo sem přeskakují elektrony sousedních atomů.

Je-li dodaná energie ve formě světla, generace volného elektronu je způsobena dopadajícím fotonem. Energie tohoto fotonu E_f však nesmí být menší, než je šířka zakázaného pásu. U atomu křemíku je jeho šířka přibližně $\Delta E_G \approx 1,11$ eV, dle vztahu pro energii fotonů (viz rovnice 1) je proto transparentní pro vlnové délky menší než $\lambda \leq 1100$ nm. Fotony s větší vlnovou délkou tímto polovodičem procházejí. [3]

$$E_f = \frac{h \times c}{\lambda} \text{ [eV]} \quad (1)$$

kde h ... Planckova konstanta [J.s]
 c ... rychlost světla ve vakuu [$m.s^{-1}$]

1.2.2 VLASTNÍ POLOVODIVOST

Vlastnosti polovodičů jsou silně závislé na čistotě. Se zvětšujícím se znečištěním se výrazně mění rezistivita materiálu, která se při běžných teplotách může pohybovat v rozmezí 10^{-4} až $10^8 \Omega \cdot \text{m}^{-1}$. Z těchto důvodů je snaha o výrobu polovodiče co nejčistšího. Polovodič, který neobsahuje žádné příměsi a počet elektronů uvnitř krystalové mřížky se rovná počtu děr, se nazývá vlastní.

1.2.3 NEVLASTNÍ POLOVODIVOST

Nevlastní polovodič vzniká z polovodiče vlastního tzv. dotováním neboli přidáním přesně definovaného množství příměsí cizí látky do krystalové mřížky, pomocí kterých můžeme měnit rezistivitu a charakter elektrické vodivosti původního materiálu. Rozlišujeme dva typy nevlastních polovodičů:

- N - typ

Každý atom křemíku obsahuje 4 valenční elektrony, které vytvářejí kovalentní vazby v krystalu a účastní se ionizace. Nahradíme-li některé atomy v takovémto krystalu atomem V. skupiny periodické tabulky prvků (P, As), které disponují 5 valenčními elektrony, zůstane jeden valenční elektron volný a po přidání velmi malého množství energie přejde do vodivostního pásu, kde se může podílet na vedení elektrického proudu. Prvek příměsi se v tomto případě nazývá donorem a vzhledem k většímu počtu elektronů ve vodivostním pásu, než je děr v pásu valenčním, se vodivost nazývá elektronová. [11]

- P - typ

Nahradíme-li některé atomy křemíku prvkem III. skupiny Mendělejevovy periodické tabulky prvků (B, Ga), obsahujícími pouze 3 valenční elektrony, zůstává v krystalové mřížce nezaplňená vazba - díra. Tato díra slouží jako záchytné centrum pro sousední elektron, který je vybuzen dodáním energie a díra je tak posouvána materiálem. Tento jev je z důvodu většího počtu děr ve valenčním pásu nazván děrovou vodivostí a příměsi jsou označovány jako akceptory. [11]

1.2.4 PŘECHOD PN

Přechod PN vzniká spojením různě dotovaných nevlastních polovodičů. Na jejich rozhraní dochází k difúzi volných elektronů z polovodiče typu N do P a děr z polovodiče typu P do N, kde rekombinují. Vlivem pevně vázaných nábojů ionizovaných příměsí se vytvářejí oblasti prostorových nábojů a vzniká tak tzv. difúzní elektrické pole E_D , které brání přechodu dalších volných nosičů.

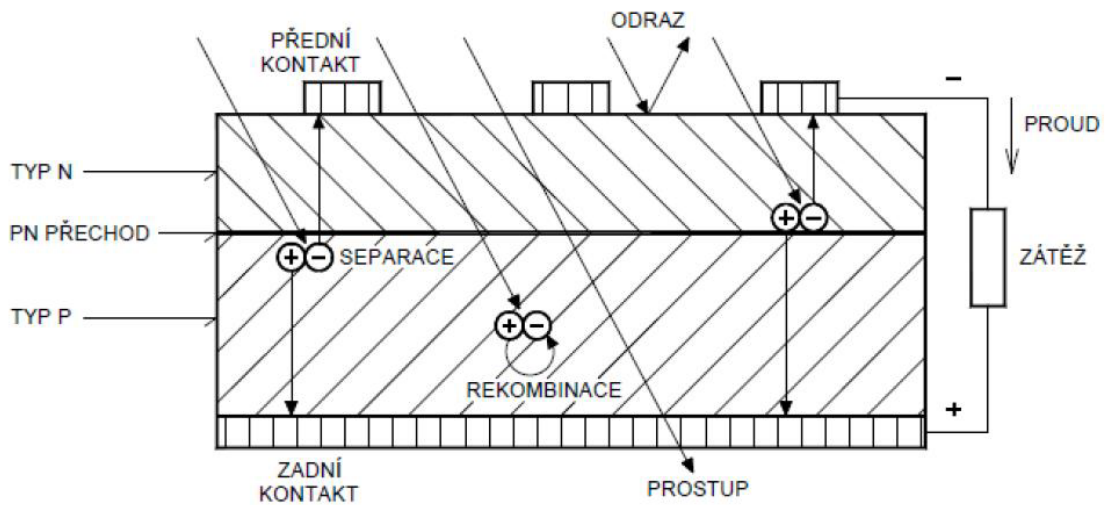
Takto vzniklý rovnovážný stav je však při teplotách $T > 0K$ dynamický, což znamená, že dochází k stále dalším generacím párů elektron - díra a přes přechod PN tečou oběma směry proudy. Některé elektrony z polovodiče typu N mohou mít větší energii, než má vytvořené difúzní elektrické pole, a přes přechod tak procházejí ve formě rekombinačního proudu I_R . Současně jsou volné elektrony vzniklé v oblasti typu P rekombinací urychlovány přechodem směrem do oblasti typu N. Tento proud je označován jako difúzní, tj. I_D . Analogicky toto platí pro díry a bez přiloženého vnějšího napětí je součet rekombinačních a difúzních proudů roven nule.

Přiložením vnějšího pole mohou nastat dva stavy. Je-li vyšší potenciál připojen k oblasti typu P, sníží se hodnota bariérního elektrického pole E_D , čímž dojde k zvýšení rekombinačního proudu. PN přechod se nachází v propustném stavu. Naopak po přiložení vyššího potenciálu k oblasti N převládne v přechodu proud difúzní. V důsledku nízké koncentrace elektronů v této oblasti je však proud velmi malý. PN přechod se nachází ve stavu závěrném. [3]

1.2.5 FOTOVOLTAICKÝ JEV

Jak již bylo řečeno dříve, fotovoltaický jev označuje přímou přeměnu sluneční energie na energii elektrickou pomocí fotovoltaického článku. Fotovoltaický článek je ve své podstatě PN přechod, který je orientovaný kolmo na čela kontaktů. Jestliže na článek dopadají fotony s vyšší energií, než je energie zakázaného pásu ΔE_G , generují v polovodiči předáním této energie páry elektron - díra (viz Obr. 1). Přebytková energie fotonů je formou kmitů předána mřížce materiálu a přeměněna na teplo. Generované páry nábojů jsou separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu E_D . Elektrony jsou urychlovány do oblasti typu N a ta se tak nabíjí záporně. Oproti tomu díry jsou urychlovány ve směru oblasti typu P, která se tak nabíjí kladně. Separace nábojů má

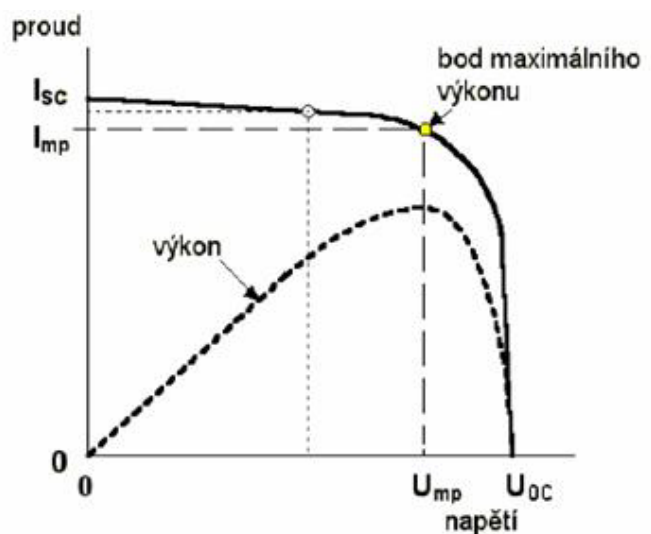
za následek rozdíl potenciálů mezi předním a zadním kontaktem fotovoltaického článku, tj. vznik fotovoltaického napětí U_C .



Obr. 1: Princip fotovoltaického článku [13]

Zapojením osvětleného článku do zatíženého elektrického obvodu se začíná fotovoltaické napětí klesat. Společně s ním klesá i hodnota rekombinačního proudu a v důsledku stálého oddělování generovaných elektronů a děr v elektrickém poli E_D převládá proud difúzní. Součet obou proudů již tedy není dál nulový a jejich rozdíl odtéká do připojeného elektrického obvodu. Do zátěže je dodáván stejnosměrný elektrický proud, jehož velikost závisí na ploše fotovoltaického článku, intenzitě dopadajícího elektromagnetického záření, účinnosti článku a mnoha dalších faktorech. [12]

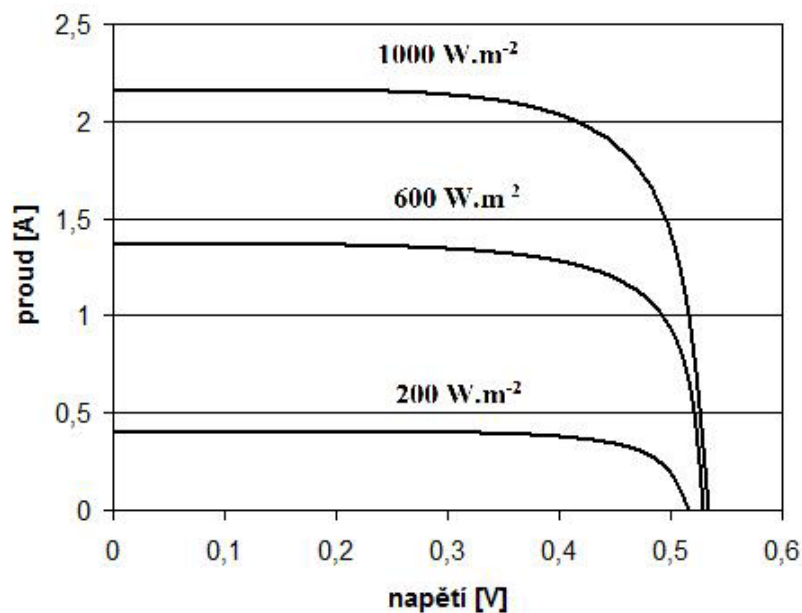
Důležitým parametrem každého fotovoltaického článku je voltampérová charakteristika. Z této charakteristiky lze odečíst elektrické vlastnosti daného článku a zjistit jak ho provozovat tak, aby dodával co největší výkon. Ukázka voltampérové charakteristiky fotovoltaického článku s vyznačeným pracovním bodem



Obr. 2: V-A charakteristika solárního článku [15]

a výkonovou křivkou je na obr. 2. Pracovní bod je také označován jako bod maximálního výkonu neboli MPP (Maximum Power Point). Výkon fotovoltaického článku se vypočítá jako součin proudu a napětí.

Typická hodnota napětí naprázdno (tj. při nekonečném odporu ve vnějším obvodu) je u monokrystalického křemíkového článku v normálních podmínkách $U_{0C} \approx 0,6$ V. Na tuto hodnotu má však vliv teplota článku. Se zvyšující se teplotou se zmenšuje šířka zakázaného pásu v polovodiči a klesá tak i fotovoltaické napětí. I přes nárůst počtu fotonů, schopných participovat na přeměně energie, se účinnost fotovoltaického článku snižuje. Oproti tomu při teplotě konstantní je výkon článku po dosažení pracovního bodu ovlivňován zejména procházejícím proudem a je tedy přímo úměrný intenzitě dopadajícího záření. [16] Závislost V-A charakteristiky na intenzitě záření při konstantní teplotě $t = 50^{\circ}\text{C}$ je znázorněna na obr. 3.



Obr. 3.: Závislost V-A charakteristiky fotovoltaického článku na intenzitě záření [3]

1.3 FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY

Fotovoltaické články mohou být vyrobeny z celé řady materiálů, nejvýznamnějším pro jejich výrobu je však křemík. Z důvodu hojného zastoupení tohoto polovodivého

prvku v zemské kůře a dobře zvládnuté technologii jeho výroby ve velice čisté podobě, je dnes téměř 97 % vyrobených fotovoltaických článků právě z tohoto materiálu. Nejčastěji se setkáváme se třemi hlavními typy křemíkových solárních článků - monokrystalickými, polykrystalickými a amorfními. [14]

1.3.1 MONOKRYSTALICKÉ KŘEMÍKOVÉ ČLÁNKY

Základním typem fotovoltaických článků jsou články z extrémně čistého monokrystalického křemíku. Monokrystalický křemík je obvykle vyráběn tažením zárodku krystalu z taveniny polykrystalického křemíku pomocí Czochralského metody do podoby tyčí o průměru až 30 cm a délce více než 1 metr, tzv. ingotů. Ingoty jsou dále zpracovávány do čtvercového průřezu a rozřezány na tenké plátky o tloušťce cca. 0,25 mm, které jsou po úpravě povrchu obohaceny o přechod PN. Výrobní proces solárního článku je dokončen nanesením antireflexní vrstvy a elektrických kontaktů. [2]

Díky vysoce kvalitnímu křemíku o čistotě až 99,999999 % může tento typ solárních článků v porovnání s ostatními nabídnout vyšší účinnost. Jejich výroba je však časově, materiálově i energeticky velice nákladná.

1.3.2 POLYKRYSALICKÉ KŘEMÍKOVÉ ČLÁNKY

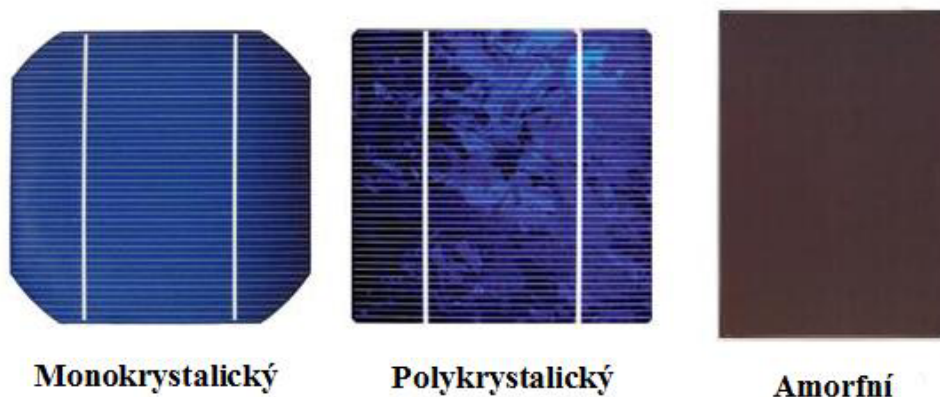
Polykrystalické křemíkové články jsou díky levnější technologii výroby a nižším nárokům na čistotu křemíku v současnosti nejběžnější. Ingoty vznikají odléváním roztaveného křemíku do vhodných forem čtvercového průřezu. Ingot se rozřezává na tenké plátky o tloušťce 0,3 mm a ty jsou dále upravovány obdobným způsobem, jako tomu bylo u článků monokrystalických.

Polykrystalické solární články mají oproti předchozím nižší účinnost, jelikož nosiče náboje generované dopadem světelného záření mohou částečně rekombinovat na hranicích styku jednotlivých krystalových zrn. Nižší účinnost se však částečně kompenzuje v oblastech s horšími klimatickými podmínkami, jelikož polykrystalické křemíkové články jsou schopné lépe absorbovat difúzní (odraženou) složku slunečního záření. [2]

1.3.3 AMORFNÍ KŘEMÍKOVÉ ČLÁNKY

Jak již napovídá název, tento typ solárních článků není tvořen z křemíku krystalického, ale z jeho amorfnní formy. Proces výroby je založen na napařování vhodné sloučeniny křemíku (silanu či dichlorsilanu) na skleněnou, kovovou nebo plastovou podložku. Vrstva naneseného křemíku nemá pravidelnou krystalovou strukturu, tj. je amorfnní, a nepřesahuje tloušťku 1 μm . Dochází ke značné úspoře materiálu a zlevňování výrobních nákladů. Díky nepravidelné struktuře ale nemají všechny atomy křemíku v okolí potřebné sousedy na vytvoření vazby. Zůstávají tak neobsazené a mohou na nich rekombinovat nosiče náboje. Tím se snižuje proud a účinnost, která je oproti článkům z krystalického křemíku přibližně poloviční. [18]

Nižší účinnost je však částečně kompenzována vlastnostmi tohoto materiálu. Amorfnní křemík má nižší teplotní součinitel výkonu než je tomu u jeho krystalické formy. Účinnost tedy neklesá s teplotou tak rapidně a tyto články netrpí při provozu v letních měsících, kdy vlivem slunečního záření dochází k ohřevu modulů. Fotovoltaické články z amorfnního křemíku jsou také schopny lépe absorbovat difúzní složku slunečního záření a to ještě více, než články z křemíku polykrystalického. [19]



Obr. 4.: Ukázka jednotlivých typů křemíkových fotovoltaických článků [17]

Tabulka 1: Přehled účinností křemíkových fotovoltaických článků [1]

Typ článku	η obvyklá [%]	η laboratorní [%]
Monokrystalický	14 až 17	25
Polykrystalický	13 až 16	20
Amorfnní	5 až 7	12

1.3.4 PARAMETRY FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ

Parametry fotovoltaických článků vychází z voltampérové charakteristiky (viz Obr. 2 na str. 16), která udává závislost elektrického proudu na napětí. Tyto parametry jsou hlavním ukazatelem při posuzování kvality článků a využívají se při návrzích fotovoltaických systémů.

- **Napětí naprázdno - U_{OC}**

Elektrické napětí na fotovoltaickém článku naprázdno, bez zátěže.

- **Zkratový proud - I_{SC}**

Elektrický proud tekoucí obvodem fotovoltaického článku při napětí 0 V.

- **Maximum Power Point – MPP**

MPP je bod na VA charakteristice, ve kterém solární článek dodává maximální výkon P_{MPP} . Tento výkon získáme vynásobením odpovídajících hodnot elektrického napětí U_{MPP} a proudu I_{MPP} . Z těchto veličin lze také dle vztahu (2) vypočítat hodnotu vnitřního odporu fotovoltaického článku.

$$R_{MPP} = \frac{U_{MPP}}{I_{MPP}} [\Omega] \quad (2)$$

Z důvodu možnosti lepšího porovnání jednotlivých fotovoltaických zařízení se sjednotily mezinárodní srovnávací podmínky. Výkon v MPP se stanovuje při intenzitě slunečního záření $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ a teplotě 25°C a spektru ozařovacího paprsku AM 1,5. Takto změřený výkon je považován za maximální, a proto má jeho hodnota jednotku Watt Peak. [4]

- **Proud I_{450}**

Proud tekoucí fotovoltaickým článkem při napětí 450 mV. Tento parametr je měřen z důvodu snadnějšího určení polohy MPP. [20]

- **Fill Factor – FF**

Ukazatel FF, označovaný také jako činitel naplnění, udává poměr mezi maximálním výkonem P_{MPP} a výkonem získaným pomocí vynásobení napětí nakrátko U_{OC} a proudu naprázdno I_{SC} . Je závislý na kvalitě kontaktů a odporu polovodivé vrstvy. Je definován vtahem (3). Tento poměr může dosahovat hodnot náležících do intervalu (0; 1). Čím

více se tato hodnota blíží jedné, tím je fotovoltaický článek kvalitnější a dokáže dodat do zátěže větší výkon. [20]

$$FF = \frac{U_{MPP} \times I_{MPP}}{U_{OC} \times I_{SC}} \quad [-] \quad (3)$$

- **Účinnost fotovoltaického článku - η**

Tento parametr představuje míru přeměny sluneční energie na energii elektrickou. Je ovlivněn zejména spektrální citlivostí použitých materiálů, díky kterým fotovoltaický článek přeměňuje energii různých vlnových délek s různou účinností a lze jej vypočítat jako podíl výkonu v bodě maxima P_{MPP} a výkonu dopadajícího záření P_{rad} . [20]

$$\eta = \frac{P_{MPP}}{P_{rad}} = \frac{P_{MPP}}{E \times A_C} \quad [-] \quad (4)$$

kde E ... intenzita osvětlení [$W.m^{-2}$]

A_C ... plocha fotovoltaického článku [m^2]

- **Sériový odpor – R_{SO}**

Sériový odpor fotovoltaického článku vzniká vlivem odporu přívodních vodičů, vlivem přechodových odporů na elektrických kontaktech, atd. Vlivem průchodu proudu na něm dochází k úbytku napětí a projevuje se tak jako vnitřní odpor zdroje. [21]

- **Paralelní odpor R_{SH}**

Převrácená hodnota paralelního odporu, tj. vodivost, je způsobena svodovým proudem kolem okrajů fotovoltaického článku a defekty krystalové mřížky. V ideálním případě by měla být hodnota paralelního odporu nekonečno. [21]

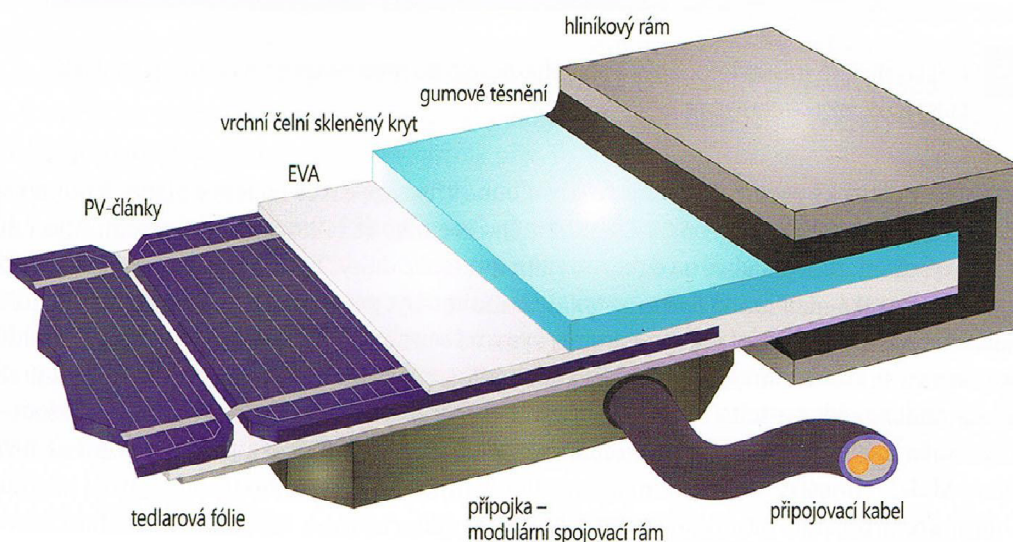
1.4 FOTOVOLTAICKÉ PANELY

Solární články z krystalického křemíku mají obvykle čtvercový tvar. Rozměry jsou omezeny materiálovými vlastnostmi. Čím větší články jsou, tím větší je riziko, že při manipulaci či dalším zpracování popraskají. V minulosti bylo standardem vyrábět články o délce hrany 10 cm. Dnes se z důvodu větších hodnot elektrického proudu, který narůstá s rozměrem, nejvíce využívá článků o délce strany 15 cm. Elektrické napětí fotovoltaického článku na jeho velikosti nezávisí. Jeho typické napětí 0,5 až 0,7 V, je pro praktické využití příliš malé, proto je třeba zapojit více článků

do série. Konkrétní počet článků a schéma sériového nebo i paralelního spojení závisí na výrobcí a na požadavcích, které jsou na výsledný modul kladeny.

Solární články jsou poměrně citlivé. Mají-li svou funkci plnit dlouhodobě, je třeba je mechanicky chránit před znečištěním, korozí i mechanickým namáháním. Z tohoto důvodu se propojené články ukládají do speciálního krytu. Jeho horní část tvoří kalené sklo, které společně s hliníkovým rámem zajišťuje dostatečnou pevnost. Pro zvýšení účinnosti může být sklo opatřeno antireflexní vrstvou, která snižuje odrazivost světla. Těsnost zajišťuje vakuová laminace dvou tenkých vrstev z etylenvinylacetátu (EVA). Na zadní stranu se nejčastěji používá fólie Tedlaru, speciálního fluoropolymeru, který je odolný proti UV záření a nepropouští vodní páru. [1, 4]

Takto pospojované a zapouzdřené skupiny solárních článků nazýváme fotovoltaickým panelem, tj. modulem. Jeho konstrukce je znázorněna na obr. 5.



Obr. 5.: Konstrukce fotovoltaického panelu z krystalického křemíku [4]

Výše popsaná konstrukce platí u fotovoltaických panelů vyráběných z krystalického křemíku. Základem modulu u tenkovrstvých technologií je nosná plocha tvořená ze skla, kovu či polymeru. Na tuto plochu je nanášena vodivá transparentní vrstva, která je rozdělena pomocí laseru na pásy vytvářejících jednotlivé solární články. Články jsou zapojeny do série obdobně, jako tomu bylo u krystalických modulů. Křemík a dotující příměsi jsou na takto připravený modul napařovány. Kontakty se nanášejí na spodní stranu pomocí sítotisku. Důležité je, aby bylo zabráněno vnikání vlhkosti k p-n přechodu článku, proto je panel zespodu utěsněn vrstvou polymeru. [4]

2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

Fotovoltaický systém používá jeden nebo více solárních panelů k přeměně sluneční energie na energii elektrickou. Vedle panelů se však skládá i z dalších komponent, mezi které se řadí prvky elektrického zapojení a mechanické montáže či prostředky regulace a úpravy elektrického proudu.

2.1 SOUČÁSTI FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ

Základem fotovoltaického systému je solární článek, popř. panel. Zařazují se sem však všechny komponenty, které jsou pro správný chod třeba. Nutnost využití přídatných součástí, které musí fotovoltaický systém obsahovat, se odvíjí od jeho typu a účelu, kterému má sloužit. Pomineme-li nejjednodušší aplikace, bývají jeho součástmi nejčastěji akumulátory, elektronické měniče, měřiče vyrobené energie, odpojovače zátěže, pojistná zařízení a náhradní zdroje. Tato zařízení mají samozřejmě vliv na cenu systému a dobu návratnosti investic. [2]

2.2 DRUHY PROVOZU FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ

Použití fotovoltaických systémů lze rozdělit do dvou hlavních skupin. První skupinu tvoří systémy ostrovní, tzv. off-grid. Druhá je tvořena systémy připojenými k distribuční síti, tj. on-grid.

2.2.1 OSTROVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉM

Ostrovní solární systémy nejsou připojeny k elektrické síti. Pracují autonomně. Mohou se vyskytovat v malých elektrických zařízeních, ale také jako zdroj energie v odlehlých oblastech a místech, kde není vybudování elektrické přípojky k distribuční síti výhodné. U systémů off-grid jsou vyžadovány minimální ztráty energie využitím energeticky úsporných elektrospotřebičů. Dále je rozdělujeme na systémy s přímým napájením, systémy s akumulací energie a hybridní systémy.

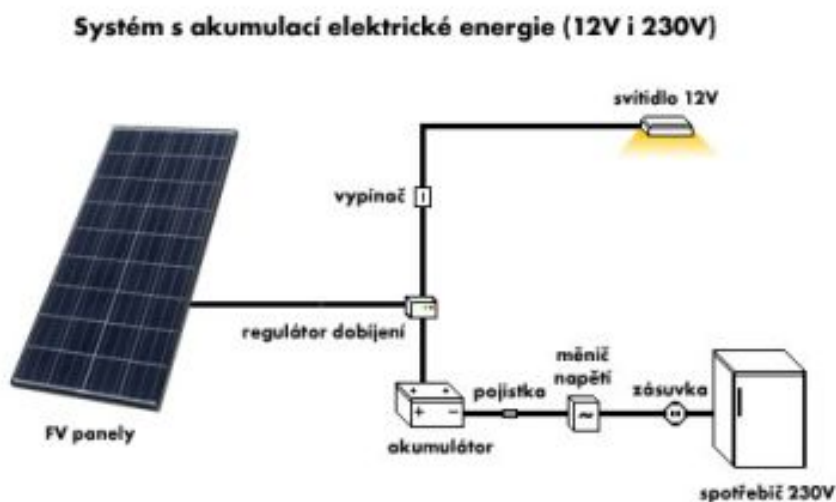
Systému s přímým napájením se využívá tam, kde není problémem, že je elektrická energie dodávána pouze v případě dostatečné intenzity slunečního záření. Spotřebič je přímo spojen s fotovoltaickým panelem přes regulátor napětí. Příkladem může být

napájení ventilátorů k odvětrání uzavřených prostor, čerpání vody pro závlahu nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů.

Systemy s akumulací energie jsou naopak vhodné tam, kde potřeba energie nastává i v době bez slunečního záření. Tato varianta je však z důvodu většího počtu zapojených komponent, mezi které patří akumulátorová baterie, regulátor napájení a často také záložní generátor, podstatně dražší. Využívá se pro napájení dopravních signalizací, zahradních svítidel, světelných reklam, ale i jako zdroj napájení chat. [4]

Hybridní fotovoltaické systémy se používají v případě nutnosti celoročního napájení s vysokým vytížením. Systém je doplněn přídatným zdrojem elektřiny, který kryje spotřebu v období s nedostatečným slunečním svitem. Odpadá tak potřeba dimenzovat celý systém na provoz v zimních měsících, kdy je výtěžnost z fotovoltaiky nejnižší. Přídatným zdrojem může být malá vodní elektrárna, kogenerační jednotka, elektrocentrála atd.

Na ostrovní solární systém (obr. 6) je možné připojit spotřebiče napájené stejnosměrným elektrickým proudem. Napětí systému bývá zpravidla 12 nebo 24V. Běžné síťové spotřebiče lze připojit přes napěťový střídač.

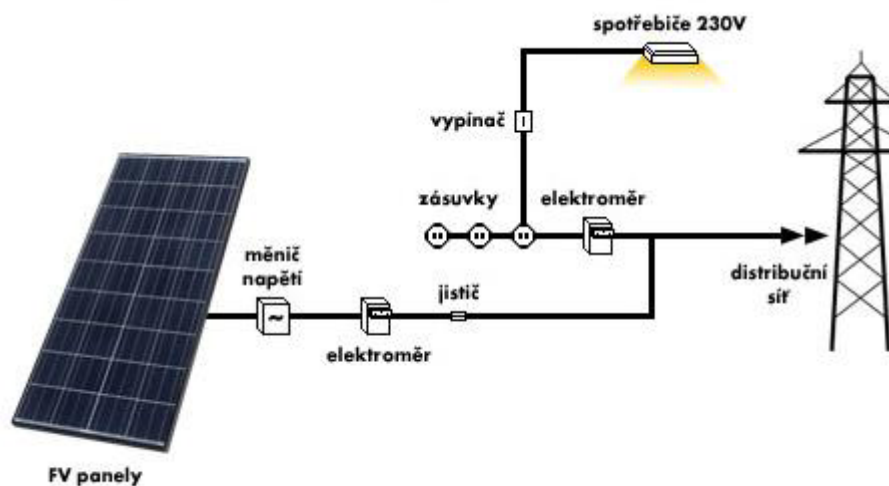


Obr. 6.: Ostrovní solární systém [22]

2.2.2 SÍŤOVÝ SOLÁRNÍ SYSTÉM

On-grid solární systémy jsou napojeny na distribuční síť. Jsou instalovány z důvodu ekologického přínosu a očekávaných úspor či zisku, kterého by mohlo být dosaženo. Obdobně jako u ostrovních systémů, i zde existuje více možností provozu. Přímé připojení na síť a připojení na síť s možností vlastní spotřeby.

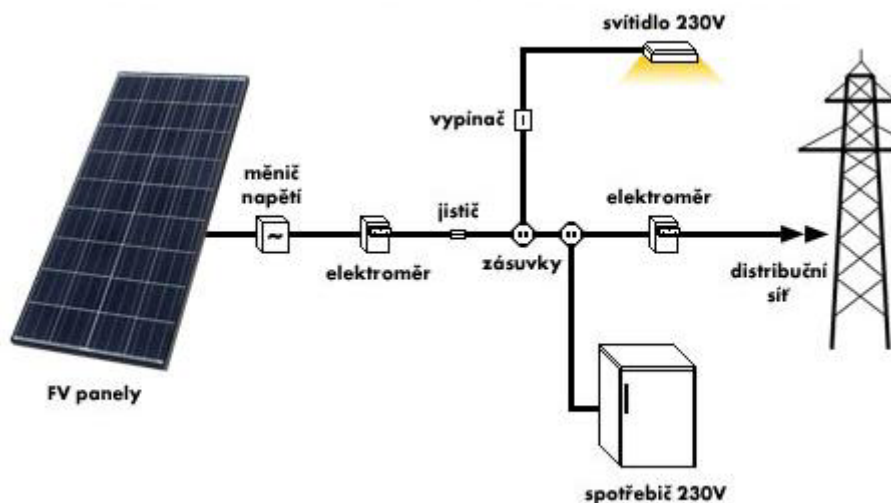
U první z variant je elektrická energie vyráběna výhradně pro výkup. Fotovoltaické panely jsou připojeny přes napěťový měnič a hlavní elektroměr, který je majetkem distributora, přímo do elektrické sítě. Celý systém je dále vybaven jističi a přepět'ovou ochranou. Schéma systému s přímým připojením na síť je na obr. 7. U solárních elektráren zapojených do sítí vn a vvn jsou panely rozděleny do tří okruhů, které tvoří jednotlivé fáze, aby nedošlo k nerovnoměrnému zatěžování. Jednofázové zapojení je možné pouze v síti nn u zařízení o maximálním výkonu 4,6 kWp. [23, 44]



Obr. 7.: Systém on-grid s přímým připojením na distribuční síť [23]

Druhá varianta systémů on-grid umožňuje pokrývat spotřebu elektrických spotřebičů napojených na daný okruh z energie vyrobené pomocí fotovoltaických panelů. V době přebytku vlastního výkonu mohou energii dodávat do sítě a v době nedostatku mohou energii ze sítě odebírat. Energie vyrobená v solárních panelech je vedena přes napěťový měnič a elektroměr pro měření energie vyrobené fotovoltaikou do rozvaděče objektu.

Okruh je vybaven jističi a přepět'ovou ochranou a je celý umístěn před hlavním elektroměrem distributora. Vše je znázorněno na obr. 8. [3]



Obr. 8.: Systém on-grid s možností vlastní spotřeby [23]

2.3 VÝHODY

- Slunce je z lidského hlediska nevyčerpatelným zdrojem obrovského množství energie. Na povrch země osvětlený sluncem dopadá zářivý výkon o průměrné hodnotě 89 000 TW. Hodnota celkové energetické spotřeby lidstva je pouze asi 15 TW. Ze srovnání těchto dvou hodnot je patrné, že v případě dokonalého zvládnutí využívání solární energie, by tento zdroj mohl nahradit všechny ostatní. [1, 24]
- Fotovoltaické systémy během svého provozu neznečišťují životní prostředí a neprodukují žádné zvukové emise.
- Využití solární energie je výhodné v místech, kde je propojení s distribuční sítí či realizace dodávek paliva jiným zdrojům energie obtížné, drahé nebo zcela nemožné. Příkladem mohou být satelity na oběžné dráze, dopravní signalizace v odlehlých oblastech, zaoceánské lodě atd.
- Solární systémy jsou spojené s nízkými provozními náklady. Tato skutečnost je způsobena nezplopatněnou sluneční energií a malými nároky na údržbu. Velice nenáročná je i obsluha zařízení.

- Energie z fotovoltaiky může být použita přímo v místě spotřeby a snížit tak ztráty způsobené přenosem energie distribuční sítí. [25]
- Fotovoltaické systémy mají vysokou životnost. Většina výrobců deklaruje 25 let, ale teoreticky je lze využívat ještě déle. Solární panel však v průběhu let degraduje. Udává se, že účinnost po 12 letech klesá na 90 %, po 25 letech se pohybuje okolo 80%. Je tedy otázkou, zda po uplynutí určité doby není výhodnější nakoupit nové a účinnější fotovoltaické panely. [26]
- Využití těchto systémů je velice flexibilní. Lze je využít prakticky v jakékoli velikosti, na každém místě.
- Fotovoltaické systémy je možné instalovat na střechy či stěny již existujících budov. Tímto způsobem se ekonomicky zhodnotí prostory, které jinak plní pouze krycí funkci. Fotovoltaiku lze využít i v husté městské zástavbě.

2.4 NEVÝHODY

- Množství vyrobené energie závisí na aktuálním počasí a klimatických podmínkách v místě výroby. S klesající intenzitou záření klesá i výkon fotovoltaického systému. V noci nedodává energii vůbec. Jsou-li solární energií napájeny spotřebiče vyžadující určitou stálost dodávky, je třeba systém doplnit záložním zdrojem. Tento zdroj může být proveden například vhodným akumulátorem, diesel generátorem nebo připojením k distribuční síti s možností zpětného odběru.
- Fotovoltaická zařízení generují stejnosměrný proud, který musí být pro většinu elektrických spotřebičů i pro možnost připojení do distribuční sítě přeměněn na proud střídavý. To způsobuje energetické ztráty ve výši 4 – 12 %. [25]
- Na výkon fotovoltaických článků z krystalického křemíku má výrazný vliv teplota. Její navýšení má za následek snížení svorkového napětí článku, které pokles výkonu způsobí. Typický je pokles o 4 % při změně teploty o 10°C. Jelikož k růstu teploty dochází především v letních měsících při vysoké intenzitě záření, ztrácí se díky nedostatečnému ochlazení panelů velké množství z potenciální výroby. [27]
- Fotovoltaické systémy jsou díky své relativně nízké účinnosti velmi prostorově náročné. Obecně platí, že jeden instalovaný kWp zabere na šikmé střeše

cca 8 až 10 m². Na rovině je pak třeba přibližně 15 až 20 m². Tato plocha je v našich podmínkách schopna vyrobit okolo 1 MWh elektrické energie ročně. Prostorová náročnost není velkým problémem v místech, kde daný prostor nelze využít jiným způsobem. Otázkou však je, zda je fotovoltaika skutečně ekologickým zdrojem energie, je-li provozována na úrodné zemědělské půdě. [28]

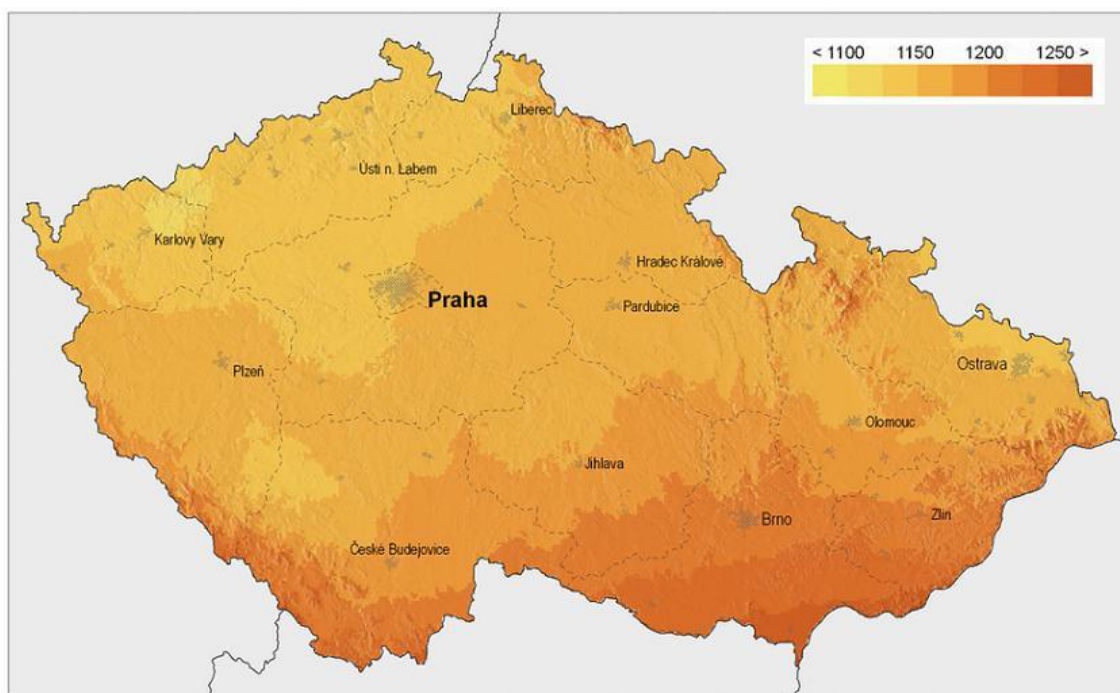
- Přestože ceny fotovoltaických systémů vlivem technologického pokroku klesají, je takto vyrobená elektřina stále dražší než energie produkovaná z fosilních paliv, jádra a jiných zdrojů. Důvodem jsou vysoké náklady na výrobu solárních článků a poměrně malé množství energie, kterou produkují.
- Solární panely jsou nebezpečným odpadem a po uplynutí jejich životnosti je nutná nákladná ekologická likvidace. Tento problém se snaží řešit sdružení EPIA (European Photovoltaic Industry Association), jejímiž členy je více než 90 % evropských dovozců a výrobců fotovoltaiky. V roce 2008 dalo vzniknout iniciativě PV Cycle, v níž se zavázalo odebrat alespoň 65 % fotovoltaických panelů instalovaných v Evropě po roce 1990 a recyklovat z nich 85 % materiálu. Předání panelů od členských výrobců sběrným místům, nacházejícím se například i v Brně či Českých Budějovicích, je bezplatné. Příspěvek na tuto likvidaci je zahrnut již v jejich ceně. [29]

2.5 MOŽNOSTI VYUŽITÍ FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ V ČR

Možnost využití fotovoltaických systémů je ovlivněna mnoha faktory, mezi které patří zeměpisná poloha, celková doba slunečního svitu, natočení a sklon panelů, nadmořská výška, roční období, počasí, čistota ovzduší atp. Česká republika se rozprostírá okolo rovnoběžky 50° severní šířky, tedy přibližně ve středu severní polokoule, kde z hlediska intenzity slunečního záření nepanují takové podmínky jako v rovníkových oblastech, přesto je zde možné solární systémy provozovat poměrně efektivně.

Fotovoltaické panely by pro maximalizaci výkonu měly být orientovány jižním směrem s ideálním odklonem 5 až 10° na západ. Optimální náklon panelu je na našem území přibližně 35° od vodorovné plochy. Dle Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) se u nás doba přímého slunečního záření bez oblačnosti pohybuje mezi 1400 a 1700 hod/rok. Nižší hodnoty bývají měřeny na severozápadě území a směrem

k jihovýchodu se zvyšují. Celková průměrná hodnota dosahuje 1460 hod/rok. Při zvýšené oblačnosti převládá záření difúzní, jehož intenzita je více než 10 krát nižší. Součet přímého a difúzního záření se nazývá globální sluneční záření. Jeho roční úhrn pro jednotlivé oblasti je zobrazen na mapě ČR na obr. 9. Hodnoty představují množství energie dopadající na 1 m² optimálně nakloněné plochy za jeden rok. Vypočítány jsou pomocí informačního systému PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), který je dostupný online. [45] Vznik tohoto systému iniciovala Evropská unie. Díky mnohaletému shromažďování meteorologických dat je schopný na základě GPS pozice určit přibližné množství dopadajícího slunečního záření a vypočítat odhad výroby elektrické energie pomocí fotovoltaického zařízení.



Obr. 9: Roční úhrn globálního slunečního záření v kWh/m² plochy s náklonem 35° [46]

Odhad množství vyrobené elektrické energie závisí na konverzní účinnosti daného systému. Uvažujeme-li účinnost 14 %, která je běžná pro články z krystalického křemíku, měl by být jeden metr čtvereční fotovoltaického panelu s optimálním sklonem schopný v podmínkách České republiky produkovat 154 až 175 kWh elektrické energie ročně.

2.5.1 BILANČNÍ LIMITY

Možnost využít fotovoltaiku k výrobě elektřiny však nezávisí pouze na faktorech ovlivňujících efektivitu panelů. Z důvodu nestálosti dodávky těchto zdrojů a jejich vlivu na kvalitu elektrické energie v přenosové soustavě a distribučních sítích je společností ČEPS určován bilanční limit pro připojování fotovoltaických a větrných elektráren. Pro letošek byl stanoven limit 2 240 MW. Vzhledem ke skutečnosti, že k 1. lednu 2012 bylo do elektrizační soustavy připojeno již 2 175 MW, činí volná kapacita pro tento rok 65 MW. Na základě volné kapacity distributorské společnosti individuálně vyhodnocují žádosti o připojení výroby elektřiny k elektrizační soustavě. Podporováno je v současné době připojování menších fotovoltaických zdrojů do výkonu 30 kWp umístěných na střešní konstrukci budov. [37, 40]

Společnost ČEPS dále určila oblasti, kde je již bilanční limit naplněn s vyhlídkou na delší časové období. [47]

Nové fotovoltaické a větrné elektrárny tak není možné připojovat:

- Do roku 2014 v okresech:
 - Šumperk, Olomouc, Přerov, Vsetín a Příbram.
- do roku 2020 v okresech:
 - Cheb, Sokolov, Karlovy Vary, Chomutov, Louny a Rakovník.

3 LEGISLATIVA

Podpora výroby elektřiny pomocí obnovitelných zdrojů energie byla v České republice uzákoněna prvně pro rok 2002. Byly stanoveny výkupní ceny pro energii vyrobenou ze standardních obnovitelných zdrojů – spalování biomasy a bioplynu, malé vodní, větrné, sluneční a geotermální elektrárny. Se vstupem České republiky do Evropské unie 1. dubna 2004 a s tím související nutností plnit závazky vycházejících z energetické politiky EU, se však výše těchto podpor ukázala jako nedostatečná.

Důležitým dokumentem v této oblasti byla směrnice Evropského parlamentu 2001/77/ES. Tato směrnice byla vydána za účelem zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny v zemích Evropské unie a na podporu naplňování Kyotského protokolu. Česká republika při svém vstupu vyjednala indikativní cíl pokrýt z obnovitelných zdrojů 8 % z celkové spotřeby elektrické energie v roce 2010 (v roce 2004 činil tento podíl 3,8 %) a vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu v letech následujících. Česká legislativa zavedla požadavky směrnice 2001/77/ES do zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, zákona č. 180/2005 Sb. Zákon se vztahuje na více kategorií obnovitelných zdrojů energie, pro účely této diplomové práce však budou uváděny především informace týkající se fotovoltaiky. [30]

3.1 ZÁKON Č. 180/2005 SB.

Tento zákon upravuje v souladu s právem Evropské Unie způsob podpory výroby elektřiny z OZE a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené. Vstoupil v platnost 1. srpna 2005 za účelem snížení množství uvolňovaných skleníkových plynů a ostatních škodlivin do prostředí a přispění k ochraně životního prostředí, snížení závislosti na dovozu energetických surovin, redukci bezpečnosti dodávek energie diverzifikací a decentralizací zdrojů, zvýšení garance návratnosti investic a již zmíněného dosažení 8 % podílu obnovitelných zdrojů z celkové spotřeby elektřiny v roce 2010. Především díky bodu o garanci návratnosti investic se zvýšily podnikatelské jistoty a přijetí zákona se pro rozvoj obnovitelných zdrojů stalo přelomovým. [5]

3.1.1 KOMENTÁŘ K PŮVODNÍMU ZNĚNÍ ZÁKONA

Zákon se v původním znění ze dne 31. března 2005 skládal z paragrafů 1 až 15. [5]

Paragraf 1 vymezuje předmět a účel zákona. Za klíčové lze považovat odstavec 2, písmeno d), kde je ustanoveno vytvoření podmínek pro dosažení indikativního cíle 8 % podílu elektřiny vyrobené obnovitelnými zdroji energie z celkové domácí spotřeby elektřiny k roku 2010 a dalšího zvyšování tohoto podílu v letech následujících. Stanovení tohoto cíle je důležité, jelikož je východiskem pro stanovení výše výkupních cen a zelených bonusů dle § 6.

Paragraf 2 určuje zdroje energie, jež jsou považovány za obnovitelné. Dále zavádí a definuje pojmy užití v textu tohoto zákona.

Paragraf 3 vymezuje jako předmět podpory všechna zařízení na výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů s výjimkou větrných elektráren umístěných na rozloze 1 km² a celkovém instalovaném výkonu více než 20 MWe. V odstavci 2 je ustanovena diferenciací výše podpor pro výrobu elektřiny dle druhu zdroje energie, založena na různých investičních a provozních nákladech. O této výši rozhoduje Energetický regulační úřad.

Paragraf 4 nese název Práva a povinnosti subjektů na trhu s elektřinou z obnovitelných zdrojů. Provozovateli přenosové soustavy nebo provozovatelům distribučních soustav udává povinnost na svém licenci příděleném území přednostně připojit zařízení výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů, pokud o to požádá a splňuje podmínky připojení. Provozovatelé těchto soustav jsou dále povinni vykoupit veškerou energii, kterou výrobci nabídnou k prodeji, případně hradit zelený bonus za energii výrobcem spotřebovanou či prodanou na trzích s elektřinou. Dle odstavce 3 mají výrobci energie z obnovitelných zdrojů jedenkrát ročně právo výběru, zda svou elektřinu nabídnou k výkupu nebo požadovat zelený bonus. Změna je prováděna vždy k 1. lednu následujícího roku.

Paragraf 5 stanovuje podmínky podpory, výkupu a evidence výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Paragraf 6 určuje pravidla pro stanovení výše cen výkupu elektřiny a zelených bonusů. Základním pravidlem je dosažení minimálně patnáctileté prosté doby návratnosti investic vynaložených na spuštění zařízení do provozu a vytvoření podmínek pro

naplnění indikativního cíle z § 1 odstavec 2, písmeno d). Výše výkupních cen a zelených bonusů je stanovována Energetickým regulačním úřadem vždy na kalendářní rok dopředu samostatně pro jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů a je navyšována indexem cen průmyslových výrobců. Z důvodu zlepšení podmínek pro financování projektů bankovními úvěry byl stanoven maximální meziroční pokles výkupních cen elektřiny na 5 %.

Paragraf 7 udává Energetickému regulačnímu úřadu povinnost jedenkrát ročně vyhodnotit velikost podílu obnovitelných zdrojů na domácí spotřebě elektřiny a společně s Ministerstvem průmyslu a obchodu a Ministerstvem životního prostředí předložit výsledky vládě.

Paragrafy 8 až 12 obsahují společná ustanovení. Určují kontrolní orgány a možnosti ukládání, vybírání a vymáhání pokut za vymezené správní delikty. Dále jsou zde obsažena zmocnění Ministerstva životního prostředí, Ministerstva průmyslu a obchodu a Energetického regulačního úřadu pro vydávání prováděcích předpisů.

Paragrafy 13 a 14 jsou přímou změnou zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií a zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší.

Paragraf 15 stanovuje, že zákon č. 180/2005 Sb. nabývá účinnosti dnem 1. srpna 2005.

3.1.2 ZMĚNY ZÁKONA Č. 180/2005 SB.

V roce 2007 byla přijata vyhláška č. 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích, která upravuje původní znění zákona č. 180/2005 Sb. Dle této vyhlášky je stanoveno, že výkupní cena a zelené bonusy jsou uplatňovány po celou dobu životnosti výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů. Doby životnosti těchto výroben jsou blíže určeny ve vyhlášce č. 364/2007 Sb. Pro výroby elektřiny pomocí fotovoltaiky uvedené do provozu po 1. lednu 2008 byla uzákoněná životnost 20 let. Starším zařízením zůstává životnost patnáctiletá. Dále bylo ustanoveno, že se výkupní ceny meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 % a maximálně o 4 %. [36]

Tyto změny společně s dvacetiletou garancí stále se zvyšujících cen výkupu investory přilákaly. Česká legislativa se však ukázala jako velice málo flexibilní a to především

z hlediska neschopnosti přizpůsobit se klesajícím pořizovacím nákladům na zřízení výroby elektřiny z obnovitelného zdroje. Počítala s maximálním ročním poklesem o 5 %. U fotovoltaických panelů však cena za watt peak instalovaného výkonu klesla mezi lety 2008 a 2009 přibližně o čtvrtinu, ze 120 Kč na 90 Kč, a trend pokračuje i nadále. Ke konci roku 2011 byla cena cca 50 Kč/Wp. Vlivem takto prudkého poklesu nákladů a neschopnosti Energetického regulačního úřadu výrazněji meziročně snížit výkupní ceny elektřiny, se návratnost investic do fotovoltaických systémů snížila na 6 až 8 let. Vidina vysokého zisku vedla k výraznému růstu počtu instalací fotovoltaických elektráren. Od začátku roku 2008 se počet vyroben elektřiny ze slunce zvýšil z 249 o celkovém instalovaném výkonu 3,4 MWp na 6 032 o výkonu 462,9 MWp k začátku roku 2010 (k 1. lednu 2012 byl celkový instalovaný výkon FVE 1 958,9 MWp v 13 019 provozovnách). [37]

Tento tzv. boom fotovoltaiky se podepsal na rostoucích cenách elektrické energie. Na těch se podpora obnovitelných zdrojů projevuje formou příspěvku z každé spotřebované MWh. V roce 2008 byla jeho výše 41 Kč/MWh, v roce 2010 již 166 Kč/MWh a v roce 2011 činil 370 Kč/MWh. Každé zvýšení příspěvku o 100 Kč/MWh přitom představuje růst ceny elektřiny přibližně o 4,6 % pro koncové spotřebitele. [38] Takto razantní nárůst je způsoben výrazně dražší elektřinou vyrobenou pomocí fotovoltaických systémů oproti ostatním obnovitelným zdrojům energie (viz Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu [39]). Z důvodu zastavení tohoto trendu byl nutný státní zásah do stávající legislativy.

Novela ze dne 21. dubna 2010

V tento den vyšel v platnost zákon č. 137/2010 Sb. měnící § 6 zákona č. 180/2005 Sb. V původním znění zákona bylo z důvodu zajištění minimálně patnáctileté doby návratnosti investic možné meziročně snižovat ceny výkupu elektřiny a zelených bonusů maximálně o 5 %. Toto ustanovení se novelou ruší pro ty druhy obnovitelných zdrojů, u kterých je v roce, v němž se o novém stanovení výkupních cen rozhoduje, dosaženo návratnosti investic kratší než 11 let. Poprvé takto Energetický regulační úřad směl postupovat u zdrojů uváděných do provozu v roce 2011. [31]

Novela ze dne 3. listopadu 2010

Dne 3. listopadu 2010 byl schválen zákon č. 330/2010 Sb., který mění původní znění § 3 zákona č. 180/2005 Sb. Podpora se nově vztahuje pouze na zařízení vyrábějících elektřinu z obnovitelných zdrojů energie umístěných na území České republiky přímo připojených do elektrizační soustavy prostřednictvím odběrného místa nebo jiné výroby elektřiny připojené k elektrizační soustavě. Byla tak odebrána podpora ostrovním systémům. Ostrovním systémům zprovozněným před nabytím účinnosti novely dnem 1. ledna 2011 byla ponechána možnost připojení k elektrizační soustavě ve dvanáctiměsíční lhůtě.

Paragraf 3 byl tímto zákonem dále doplněn o odstavec 5, který omezuje podporu výroben využívajících k výrobě elektřiny sluneční záření. Podporovány jsou pouze zařízení s instalovaným výkonem do 30 kWp, která jsou umístěna na střešní konstrukci nebo obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem a evidované v katastru nemovitostí. Tato změna nabyla platnosti až 1. března 2011. Zařízení na výrobu elektřiny ze slunečního záření připojených do přenosové nebo distribuční soustavy před tímto datem se netýká. [32]

Novela ze dne 14. prosince 2010

K tomuto datu byl schválen zákon č. 402/2010 Sb., který rozšiřuje zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie v původním znění tvořený paragrafy 1 až 15. Nově jsou přidány paragrafy 6a a 6b a dále paragrafy 7a až 7i. [33]

Paragrafy 6a a 6b řeší financování podpor a poskytování dotací. Provozovateli přenosové soustavy a provozovatelům distribučních soustav přiznávají právo náhrady vícenákladů spojených s podporou elektřiny z obnovitelných zdrojů formou dotací z prostředků státního rozpočtu. Vláda každoročně do 31. října stanovuje limit vynaložených prostředků ze státního rozpočtu na nadcházející období. Pokud tento limit není postačující, zahrne Energetický regulační úřad zbývající položku do složky ceny na přenos a distribuci elektřiny. Limit pro rok 2011 činil 11,7 mld. Kč. [31] Pro rok 2012 zůstává částka stejná. [35]

Paragrafy 7a až 7i zavádějí do zákona č. 180/2005 Sb. nový pojem - solární daň. Předmětem této daně je elektřina vyrobená ze slunečního záření v období

od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2013 ve výrobnách uvedených do provozu v období od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2010. Plátcem odvodu, vypočítaného z částky nárokové poplatníkem daně formou výkupních cen či zeleného bonusu, je provozovatel přenosové nebo regionální distribuční soustavy. Osvobozeny od odvodu jsou pouze výroby s instalovaným výkonem do 30 kWp umístěné na střešní konstrukci nebo obvodové zdi jedné budovy vedené v katastru nemovitostí. Sazba odvodu solární daně je pro hrazení formou výkupních cen 26 %. Pro zelené bonusy činí 28 %. Odvodovým obdobím je kalendářní měsíc. [5]

3.2 STOP STAV

Společnost ČEPS, provozovatel přenosové soustavy České republiky, vyzval v únoru roku 2010 distribuční společnosti (ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce a PRE Distribuce) k okamžitému vyhlášení stop stavu novým žádostem o připojení fotovoltaických a větrných elektráren. ČEPS se obával, že by s přihlédnutím k objemu výkonu, jehož rezervaci provozovatelé distribučních soustav již smluvně potvrdili, nemusela přenosová síť další navyšování vydržet. Distributoři společnosti ČEPS vyhověly.

V průběhu trvání stop stavu byly vypracovány posudky vlivu fotovoltaických a větrných elektráren na bezpečnost a spolehlivost provozu elektrizační soustavy. Dne 19. září 2011 vydalo ČSRES (České sdružení regulovaných elektroenergetických společností) tiskovou zprávu, ve které uvádí výsledky měření provedených v období březen až červen 2011 na sítích nízkého i vysokého napětí. Byl zjištěn výrazný vliv fotovoltaických elektráren na hodnotu napětí, překročeny byly zejména povolené hodnoty flikru. [40]

Stop stav byl ukončen počátkem roku 2012. Distributoři na podněty Energetického regulačního úřadu a společnosti ČEPS zrušili zákaz vydávání kladných stanovisek k žádostem o připojování zdrojů energie s obtížně predikovatelnou kolísavou výrobou. Připojení každého zdroje však bude posuzováno individuálně z hlediska vlivu na kvalitu dodávky elektrické energie a dodržení bilančních limitů sítě. Maximálně by v roce 2012 mělo být připojeno 65 MWp instalovaného výkonu solárních elektráren. Připojovány by měly být především malé střešní fotovoltaické elektrárny do výkonu 30 kWp. S připojováním větších zdrojů se nepočítá. [40]

3.3 VÝKUPNÍ CENA ELEKTŘINY

Dle § 4 zákona č. 180/2005 Sb. má výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů právo nabídnout vyrobenou elektřinu k výkupu za výkupní ceny. V případě, že výrobci splní podmínky pro připojení, jsou provozovatelé distribučních soustav nebo provozovatel přenosové soustavy povinni uzavřít smlouvu o dodávce a veškerou vyrobenou elektřinu z daného zdroje odkoupit. Za jednotku elektřiny výrobci vyplácí výkupní cenu, kterou každoročně stanovuje Energetický regulační úřad dle § 6 zákona č. 180/2005 Sb. Podpora formou výkupních cen je pro fotovoltaické elektrárny státem garantována na 20 let a meziročně je navyšována o index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 % a maximálně o 4 %. [30]

3.4 ZELENÝ BONUS

Druhým způsobem podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie dle zákona č. 180/2005 Sb. je uplatnění zelených bonusů. Zelený bonus je příplatkem za veškerou vyrobenou energii z daného obnovitelného zdroje. Tuto energii přitom může prodat obchodníkovi s elektrickou energií za smlouvenou tržní cenu nebo ji sám spotřebovat. Výše zelených bonusů u jednotlivých obnovitelných zdrojů je obdobně jako u výkupních cen každoročně stanovována Energetickým regulačním úřadem. Jejich výše je garantována pouze jeden rok. Z důvodu možnosti výrobce elektrické energie jedenkrát ročně volit způsob podpory, však musí výše zelených bonusů odpovídat výkupním cenám a zohledňovat vyšší míru rizika, neboť není zaručen 100 % odbyt vyrobené elektřiny na trhu ani stabilní hladina tržních cen. Zelené bonusy vyplácí provozovatelé přenosové soustavy nebo distribučních soustav podle toho, ke které soustavě je výroba připojena. [42]

Hranice, kolik energie musí výrobce spotřebovat a kolik odprodat do sítě, není stanovena. Je však v jeho zájmu, aby vzhledem k vyšší smlouvených tržních cen pro odkup přebytečné energie z fotovoltaiky oproti běžným cenám za nákup elektřiny co nejvíce vlastní energie spotřeboval. V letošním roce se výkupní ceny přebytků elektrické energie pohybují v řádech desítek haléřů za dodanou kWh. Například u společnosti Nano Energies Trade s.r.o. je to 0,28 Kč/kWh, u společnosti Amper Market a.s. 0,50 Kč/kWh a u společnosti E.ON Energie s.r.o. 0,10 Kč/kWh. Oproti

tomu nákupní cena elektrické energie je v roce 2012 v případě podnikatelského maloodběru cca 5,50 Kč/kWh. [41] V případě nízké vlastní spotřeby je tedy výhodnější využít podpory přímého výkupu elektrické energie. Rozdíl výkupních cen a zelených bonusů pro výrobu elektřiny pomocí slunečního záření činí cca 1 Kč za kWh vyrobené energie. Výše podpor pro jednotlivé kategorie fotovoltaických zařízení v roce 2011 jsou znázorněny v tab. 2, která je převzata z cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 2/2010. Aktuální cenové rozhodnutí týkající se výroby elektřiny ze solárního záření se nachází v příloze A. [43]

Tab. 2: Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření [43]

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	7 500	6 500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW do 100 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5 900	4 900
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 100 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5 500	4 500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12 500	11 500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12 400	11 400
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13 420	12 420
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13 320	12 320
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	14 300	13 300
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	14 660	13 660
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	6 990	5 990

3.5 NÁVRH ZÁKONA O PODPOROVANÝCH ZDROJÍCH ENERGIE

V současné době je ve schvalovacím řízení nový zákon o podporovaných zdrojích energie, který by zcela nahradil stávající zákon č. 180/2005 Sb. Návrh byl podán Senátem Parlamentu České republiky dne 11. ledna 2012 a je pod hlavičkou 471 uveden v senátním tisku č. 252. [33] Jeho cílem je implementace směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES, o podpoře využívání energie, a zavedení prostředků k dosažení závazného cíle 13 % podílu energie z obnovitelných zdrojů v roce 2020 do legislativního prostředí České republiky. Dále by měl vést k nastavení stabilních podmínek pro investice do obnovitelných zdrojů energie s přiměřenými dopady na koncové spotřebitele elektřiny.

Dle stávající podoby navrhovaného zákona by se měla podpora výroby elektřiny OZE orientovat více tržně a přesouvat se z formy výkupních cen na uplatňování zelených bonusů. Výkupní ceny by směly využívat pouze vodní elektrárny o instalovaném výkonu do 10 MW a ostatní výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů do výkonu 100 kW. Zelené bonusy se budou v případě schválení zákona dělit dle § 9 na roční a hodinové. Roční zelené bonusy se vztahují na výrobce se zařízením do 100 kW. U výroben s větším výkonem by směl být využíván pouze režim hodinových zelených bonusů. Jejich výše by závisela na aktuálních poměrech v síti a motivovala by tak výrobce, aby přizpůsobovali svoji výrobu potřebám distribuční soustavy. Znevýhodnění jsou v tomto případě především výrobci elektřiny využívající energii větru. Fotovoltaických elektráren se hodinové zelené bonusy příliš nedotýkají, jelikož se v návrhu zákona počítá pouze s podporou výroben s instalovaným výkonem do 30 kWp umístěných na střešní konstrukci. Na podporu dosáhnou opět pouze výroby připojené k distribuční síti, tzv. ostrovní systémy státem zvyhodňovány nejsou.

Návrh dále udává, že výše výkupní ceny musí být stanovena tak, aby bylo dosaženo minimálně patnáctileté prosté doby návratnosti investic při ročním navýšení výkupních cen pro stávající výroby alespoň 2 %. Naopak pokles podpor pro zařízení nově uváděná do provozu nesmí být meziročně větší než 5 %. Rozdíl oproti zákonu č. 180/2005 Sb. je v možnosti porušení tohoto limitu v případě překročení hranice 12 let u prosté doby návratnosti investic. Maximální výše zelených bonusů a výkupních cen v roce uvedení do provozu je v návrhu zákona omezena na 4,5 Kč/kWh. Solární daň je v návrhu zákona zavedena paragrafy 14 až 22 s přímou návazností na vyhlášku

č. 402/2010 Sb., tj. uplatňována je na solární elektrárny o výkonu větším než 30 kWp uvedené do provozu mezi lety 2009 a 2010 a povinnost jejího odvodu končí 31. prosince 2013. Sazba 26 % respektive 28 % zůstává, stejně jako ostatní náležitosti daně, neměnná. [33]

Součástí návrhu je dále změna zákona o odpadech, která ukládá provozovatelům solárních elektráren uvedených do provozu před 1. lednem 2013 přispívat na zpětný odběr, zpracování a recyklaci vysloužilých fotovoltaických panelů. Tento bod se setkal s kritikou provozovatelů, jelikož se již více než 90 % evropských výrobců a dodavatelů fotovoltaických panelů účastní iniciativy PV Cycle a příspěvek na likvidaci panelů je tak již zahrnut v pořizovací ceně. V případě koupě panelů od členských společností před 1. lednem 2013 by tedy výrobce elektřiny ze solární energie zaplatil za recyklaci dvakrát. Likvidaci fotovoltaických panelů prodaných po tomto datu by musel ze zákona zajistit jejich výrobce či dovozce.

Návrh zákona byl v uvedeném senátním znění schválen Poslaneckou sněmovnou dne 31. ledna 2012. Jeho uvedení v platnost pozastavil prezident České republiky, který využil své ústavní právo a dne 14. března 2012 vrátil zákon o podporovaných zdrojích energie zpět k projednání Poslanecké sněmovně. Své veto prezident Václav Klaus odůvodnil mimo jiné slovy: *„Zákon nepřináší úspory, ale naopak navýšení nesystémových podpor vybraných zdrojů energie z veřejných prostředků, a to v době, kdy po úsporách voláme. Přinese nejen nové náklady pro veřejné rozpočty, ale také zvýšení cen energií, které platí občané a podniky, a to způsobem, který nyní nikdo není schopen ani odhadnout.“* [56] Dle interních odhadů společnosti ČEZ by měl zákon i přes nesouhlasný postoj prezidenta ČR vejít v platnost v červnu letošního roku. K tomuto kroku je potřeba souhlas nadpoloviční většiny členů Poslanecké sněmovny.

4 TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA PROVOZU FV ELEKTRÁREN

Tato kapitola obsahuje seznámení se základními parametry vybraných fotovoltaických elektráren. Blíže určeny jsou technické, investiční a provozní údaje. Také je zde provedena prvotní ekonomická analýza, tj. analýza vztahující se k legislativním podmínkám platných v období plánování výstavby vybraných FV elektráren. Vzhledem k prodlevám provázejícím realizaci fotovoltaické elektrárny od zadání projektu, přes vyřízení legislativních náležitostí, až po připojení k distribuční soustavě, lze v obou případech za toto období považovat začátek roku 2010 (dle společnosti ILV – solar s.r.o. byla doba potřebná k realizaci FVE o výkonu v řádu stovek kWp špičkového výkonu přibližně jeden rok; u FVE do 30 kWp špičkového výkonu se tato doba pohybuje mezi 3 až 6 měsíci). V této době bylo platné původní znění zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, doplněné vyhláškou č. 364/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích.

4.1 POPIS VYBRANÝCH FV ELEKTRÁREN

Pro účely této diplomové práce byla získána data k fotovoltaickým elektrárnám s instalovaným špičkovým výkonem 27,32 kWp a 738,72 kWp. Údaje byly poskytnuty společností ILV - solar s.r.o., která se zabývá nabídkou kompletních služeb spojených s realizací fotovoltaických elektráren.

4.1.1 TECHNICKÉ ÚDAJE

Stěžejním prvkem solární elektrárny jsou fotovoltaické panely. Pro výstavbu obou vybraných fotovoltaických elektráren byly zvoleny panely čínské společnosti SunLink PV, konkrétně model SL180-24M190. Tento modul se skládá ze 72 solárních článků o rozměrech 125 x 125 mm vyrobených z monokrystalického křemíku. Při STC neboli standardních testovacích podmínkách (intenzita záření 1000 W/m², teplota panelu 25°C, spektrum AM1,5 global) je schopný dodávat maximální výkon 190 Wp. Nominální hodnota elektrického napětí je 36,2 V a proudu 5,25 A. Se zvyšující se teplotou klesá dosažitelný výkon o 0,44 %/°C. Maximální dovolená hodnota napětí je 1000 V. Přehled základních elektrických vlastností tohoto panelu obsahuje tabulka 3. Podrobnější informace se nacházejí v technickém listu, který je součástí příloh. [48]

Tab. 3: Elektrické parametry fotovoltaického panelu SL180-4M190 při STC [48]

	P_{MPP} [W]	U_{MPP} [V]	I_{MPP} [A]	U_{OC} [V]	I_{SC} [A]	η [%]
SL180-4M190	190	36,2	5,25	45,4	5,44	14,9

Účinnost 14,9 % je garantována po 3 roky. Výrobce dále ručí za maximální pokles účinnosti na 13,4 % po 10 letech a 11,9 % po 25 letech.

Menší FVE je tvořena 144 panely SL180-24M190. Pro změnu stejnosměrného napětí na střídavé bylo využito dvou třífázových střídačů IG Plus 150 V-3 společnosti Fronius. Maximální vstupní výkon tohoto zařízení je přitom 12 600 W a rozsah napětí MPP, při kterém je střídač schopný optimálně pracovat, je 230 až 500 V. Účinnost přeměny dosahuje nanejvýš 95,5 %. Výstupní napětí je přizpůsobeno hladině nn. Činitel zkreslení je maximálně 3,5 %. [49] Pro zajištění maximální dovolené hodnoty napětí na fotovoltaických panelech byly dále před střídače instalovány svodiče přepětí DS60PV společnosti Citel.

Větší FVE je tvořena 3 888 panely. Pro změnu napětí bylo využito dvou typů střídačů. Prvním je Sunny Mini Central 10 000TL, kterého bylo třeba 63 kusů. Maximální hodnota vstupního výkonu činí 10 350 W. Druhým typem je Sunny Mini Central 6000TL s maximální vstupní hodnotou výkonu 7 200 W. Toho bylo potřeba 3 kusy. Oba typy jsou produktem společnosti SMA Solar Technology AG. Mají shodný rozsah napětí MPP 333 až 500 V, účinnost přeměny dosahující 98 % a činitel zkreslení menší než 4 %. [50] Obdobně jako v předchozím případě bylo před střídače rozmístěno celkem 66 kusů DC ochran DS60PV.

4.1.2 ROZPOČTOVÉ A PROVOZNÍ ÚDAJE

Provozovna s instalovaným výkonem 27,32 kWp je zřízena na střešní konstrukci jedné budovy spojené se zemí pevným základem a uvedené v katastru nemovitostí. Spuštěna byla v prosinci 2010. Vzhledem k vlastní spotřebě provozovatele výroby, byl zvolen režim zelených bonusů.

Fotovoltaická elektrárna o instalovaném výkonu 738,72 kWp byla uvedena do provozu koncem roku 2010 na soukromém pozemku vhodném pro využití solární energie. Tato

výrobní je s přihlédnutím k nízké vlastní spotřebě provozována v režimu výkupních cen. Přehled investičních a provozních nákladů obou elektráren je patrný z tabulek 4 a 5. Porovnání výroby elektrické energie znázorňuje graf č. 2.

Tab. 4: Investiční náklady vybraných FV elektráren [zdroj dat: ILV – solar s.r.o.]

	Elektrárna 27,32 kWp		Elektrárna 738,72 kWp	
	ks	Cena s DPH [Kč]	ks	Cena s DPH [Kč]
FV panely	144	1 911 206	3888	38 979 840
Střídač	2	211 689	66	5 650 940
Uchycení a připojení panelů	-	102 312	-	9 142 860
DC ochrany	2	15 802	66	544 680
AC strana včetně rozvaděčů	-	81 235	-	6 806 102
Projekt a revize	1	26 186	1	331 866
Doprava, montáž a oživení	-	136 799	-	898 695
Zabezpečení a monitoring	-	47 091	-	1 485 017
Investiční náklady celkem:		2 532 320		63 840 000

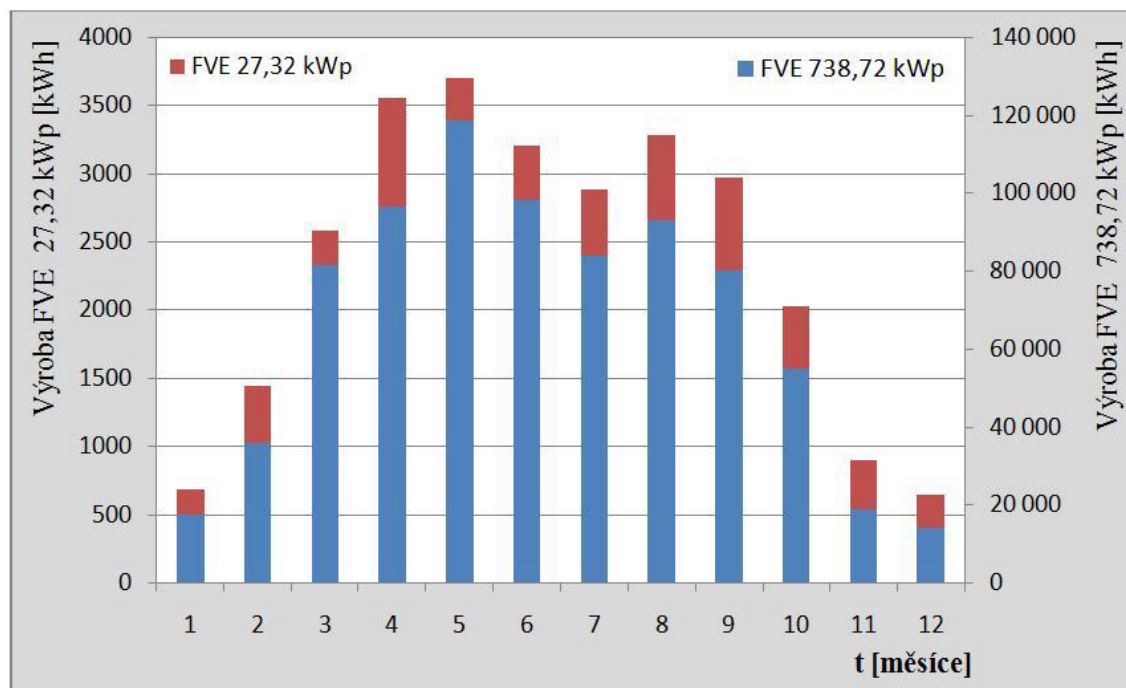
Tab. 5: Provozní náklady vybraných FV elektráren pro rok 2011 [zdroj dat: ILV – solar s.r.o.]

	Elektrárna 27,32 kWp	Elektrárna 738,72 kWp
	Cena s DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
Ostraha FVE	-	41 000
Servis FVE	-	30 000
Údržba pozemku	-	54 600
Pojištění technických rizik	2600	175 940
Vlastní spotřeba FVE	.	66 000
Provozní náklady celkem:	2600	365 540

Tab. 6: Přehled výroby vybraných FV elektráren pro rok 2011 [zdroj dat: ILV – solar s.r.o.]

	27,32 kWp			738,72 kWp
	Výroba [kWh]	Spotřeba [kWh]	Do DS [kWh]	Výroba [kWh]
Leden	679	221	458	17 553
Únor	1 448	396	1 052	35 784
Březen	2 586	497	2 089	81 728
Duben	3 550	1 321	2 229	96 675
Květen	3 697	888	2 809	118 470
Červen	3 198	766	2 432	98 471
Červenec	2 885	649	2 236	84 026
Srpen	3 282	790	2 492	93 332
Září	2 968	837	2 131	80 143
Ríjen	2 030	941	1 089	54 911
Listopad	902	611	291	18 772
Prosinec	641	361	280	14 163
Celkem	27 866	8 278	19 588	794 028

Graf č. 2: Porovnání výroby ve vybraných FV elektrárnách v r. 2011 [autor]



4.2 CASH FLOW

Cash flow je definován jako skutečný tok peněžních prostředků za dané časové období v souvislosti s určitou činností sledovaného subjektu, například investiční. Představuje rozdíl mezi příjmy a výdaji peněžních prostředků.

$$CF = \sum P_{\text{příjmů}} - \sum V_{\text{výdajů}} \quad (5)$$

V okamžiku spuštění FVE elektrárny do provozu se výše příjmů rovná nule. Výdajovou stranu naopak tvoří součet pořizovacích nákladů. Při analýze investičních činností tedy cash flow v tzv. nultém roce vykazuje zápornou hodnotu rovnou velikosti investice. [6]

V letech následujících je výhodné cash flow určovat na základě čistého zisku. Ten stanovujeme dle rovnice (6). Peněžní prostředky získané za dané období jsou poníženy o hodnotu provozních nákladů. Od této částky se dále odečítá položka daňových odpisů, kterou lze považovat za dodatečný náklad vynaložený k dosažení příjmu. Takto upravené výnosy se stávají základem pro odpočet daně z příjmu. Po jejím započtení získáváme hodnotu čistého zisku.

$$Z_y = (V_y - N_{Py} - N_{Oy}) \times \left(1 - \frac{T_P}{100}\right) \quad (6)$$

Z_y zisk po zdanění ve sledovaném roce [Kč]

V_y výnosy za sledovaný rok [Kč]

N_{Py} provozní náklady za sledovaný rok [Kč]

N_{Oy} daňové odpisy ve sledovaném roce [Kč]

T_P sazba daně z příjmu právnických osob [%]

Rozpouštění investičních nákladů ve formě daňových odpisů do hodnoty čistého zisku ale nemá vliv na změnu peněžních prostředků. Odpisy tak při výpočtu cash flow tvoří kladnou položku. Za předpokladu, že po dobu životnosti fotovoltaické elektrárny již nebude třeba vynaložit další prostředky na nákup dlouhodobého majetku, lze rovnici pro výpočet cash flow vyjádřit v následujícím tvaru. [6]

$$CF_y = Z_y + N_{Oy} \quad (7)$$

CF_y hodnota cash flow ve sledovaném roce [Kč]

4.2.1 VÝPOČET CF PRO FVE 27,32 kWp

Výpočet je vztažený k legislativě podporující obnovitelné zdroje energie platné k 1. lednu 2010 a v tomto případě se zaměřuje na fotovoltaickou elektrárnu o špičkovém výkonu 27,32 kWp. Výrobná je umístěna na střešní konstrukci a provozována je v režimu zelených bonusů. Cash-flow je zkoumáno v jednotlivých letech od okamžiku uvedení do provozu až po vypršení doby životnosti. Životnost je uvažována 20 let ve smyslu vyhlášky č. 150/2007 Sb.

V okamžiku uvedení do provozu nemá FVE žádné příjmy a cash flow je rovno součtu všech nákladů, které byly vynaloženy na její realizaci.

$$CF_0 = \sum P_{příjmů} - \sum V_{výdajů} = 0 - \sum N_i$$

CF_0 cash flow v nultém roce [Kč]

N_i investiční náklady (viz tabulka 4 na str. 43)[Kč]

$$CF_0 = -2\,532\,320 \text{ Kč}$$

Pro zjištění peněžních toků v každém jednotlivém roce po dobu životnosti elektrárny je nutné vypočítat hodnoty zisku dle rovnice (7).

Výnosy dosažené v jednotlivých letech získáme vynásobením množství vyrobené elektřiny s jednotkovou cenou zelených bonusů. V roce 2011 jeho výše dosahovala 11,5 Kč/kWh. [43] Meziroční nárůst zelených bonusů plynoucí z růstu výkupních cen dle vyhlášky č. 150/2007 Sb. je ve výpočtu zohledněn pomocí koeficientu k_1 . Uvažovaný je nejmenší možný, tj. o 2 % za rok. Množství vyrobené elektřiny v prvním roce provozu je patrný z tabulky 6. V letech následujících je toto množství ponižováno koeficientem k_2 z důvodu postupného ubývání účinnosti. Výrobce je garantován její maximální pokles o 20 % za období 25 let neboli 0,8 % za rok. [48] Výslednou částku je dále nutné navýšit o položku daně z přidané hodnoty, která je výrobcem elektřiny vyplácena provozovatelem distribuční soustavy společně s podporou. Sazba této daně činí 20 % a předpokladem je, že zůstane po celou dobu životnosti FVE neměnná. Vliv odprodeje přebytků elektrické energie není do výpočtu zahrnut z důvodu možného zkreslení výsledků a obtížné predikce vývoje výkupních cen elektřiny na trhu.

$$V_y = E \times C_{ZB} \times \left(1 + \frac{k_1}{100}\right)^{y-1} \times \left(1 - \frac{k_2}{100}\right)^{y-1} \times \left(1 + \frac{T_{DPH}}{100}\right) \quad (8)$$

y sledovaný rok [-]

V_y výnosy ve sledovaném roce [Kč]

E množství vyrobené energie [kWh]

C_{ZB} výše zeleného bonusu [Kč/kWh]

k_1 koeficient růstu výkupních cen a zelených bonusů [%/rok]

k_2 koeficient poklesu účinnosti fotovoltaických panelů [%/rok]

T_{DPH} sazba daně z přidané hodnoty

$$V_y = 27\,866 \times 11,5 \times \left(1 + \frac{2}{100}\right)^{y-1} \times \left(1 - \frac{0,8}{100}\right)^{y-1} \times \left(1 + \frac{20}{100}\right)$$

V_{1-20} viz přehled v tabulce 7 na straně 49

Dle rovnice (6) je dále nutné vyčíslit velikost provozních nákladů a nákladů dodatečně vynaložených na dosažení příjmu ve formě daňových odpisů ve sledovaných letech. Hodnota provozních nákladů je u FVE 27,32 kWp po celou dobu životnosti konstantní. Tvoří ji pouze položka platby pojistného, která činí 2 600 Kč za rok. Pravidla pro odepisování nákladů vynaložených při realizaci FVE upravuje zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů. Dle §30 odstavec (1) tohoto zákona platného k 1. lednu 2010 se solární elektrárny řadily do odpisové skupiny 3 s možností rovnoměrného odepisování po dobu 10 let, kde sazba v prvním roce činí 5,5 % a v dalších letech 10,5 %. Dle §4 odstavec (1) písmeno e) se dále na solární zařízení v roce uvedení do provozu a bezprostředně následujících pěti letech, vztahovalo osvobození od daně z příjmu. [51] Začátek uplatňování daňových odpisů se posouvá na sedmý rok. Sazba daně z příjmu právnických osob je dle §21 odstavec (1) zákona č. 586/1992 Sb. 19 %.

$$N_{07} = \frac{5,5}{100} \times \sum N_i = \frac{5,5}{100} \times 2\,532\,320 = 139\,278 \text{ Kč} \quad (9)$$

N_{07} velikost odpisu v prvním roce odepisování

$$N_{08-16} = \frac{10,5}{100} \times \sum N_i = \frac{10,5}{100} \times 2\,532\,320 = 265\,894 \text{ Kč}$$

N_{08-16} velikost odpisu v druhém až desátém roce odepisování

Pro zjištění hodnoty čistého zisku dosazujeme do rovnice (6). V případě provozu fotovoltaické elektrárny v režimu zelených bonusů je však nutné tento vzorec doplnit o částku, kterou provozovatel elektrárny ušetří za energii spotřebovanou z vlastního zdroje. Z tabulky 5 je patrné, že u FVE 27,32 kWp je poměr této vlastní spotřeby oproti celkově vyrobené elektřině cca 30 % respektive 8 278 kWh/rok. Výpočet předpokládá, že množství energie spotřebovávané z vlastních zdrojů zůstane po celou dobu životnosti konstantní. Dle ERÚ cena za kWh elektrické energie v roce 2010 pro podnikatelský maloodběr tvořila 4,9 Kč. [41] Trend z posledních pěti let udává roční nárůst této částky o 4 %. Pro snížení rizika zkrácení výpočtu nedokonalým odhadem vývoje cen bude v tomto případě ale počítáno s ročním růstem tržní ceny elektrické energie o 2 %, který představuje nejnižší možný index změny cen průmyslových výrobců elektřiny dle vyhlášky č. 150/2007 Sb. Koeficient zastupující tento nárůst je shodný s koeficientem růstu výkupních cen a zelených bonusů.

$$Z_y = (V_y - N_{py} - N_{oy}) \times \left(1 - \frac{T_p}{100}\right) + E_{VS} \times e \times \left(1 + \frac{k_1}{100}\right)^{y-1} \quad (10)$$

E_{VS} množství spotřebované vlastní energie [kWh]

e tržní cena elektřiny [Kč/kWh]

$$Z_y = (V_y - N_{py} - N_{oy}) \times \left(1 - \frac{19}{100}\right) + 8\,278 \times 4,9 \times \left(1 + \frac{2}{100}\right)^{y-1}$$

Hodnotu čistého zisku dále dosazujeme do rovnice (7) a získáváme hodnoty cash flow pro jednotlivé roky životnosti dané FVE. Kompletní přehled vypočítaných veličin v jednotlivých letech životnosti je součástí příloh. Ukázka tohoto přehledu pro nultý, první a dvacátý rok se nachází v tabulce 7.

Tab. 7: Přehled výnosů, nákladů, čistého zisku a cash flow v nultém, prvním a dvacátém roce provozu fotovoltaické elektrárny o výkonu 27,32 kWp [autor]

	V _y [Kč]	N _{Py} [Kč]	N _{Oy} [Kč]	Z _y [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	-	-	-	-	- 2 532 320	- 2 532 320
1. rok	384 551	2 600	-	422 513	422 513	-2 109 807
20. rok	480 927	2 600	-	540 018	446 536	6 246 687

4.2.2 VÝPOČET CF PRO FVE 738,72 kWp

Postup výpočtu cash flow u FVE 738,72 kWp je obdobný předchozímu. Liší se pouze režimem provozu a skutečností, že tato výrobní elektrárna je spojena s více druhy provozních nákladů.

Pro získání cash flow v okamžiku uvedení výroby do provozu dosazujeme do vztahu (5) ze strany 45.

$$CF_0 = - 63\,840\,000 \text{ Kč}$$

CF₀ cash flow v nultém roce [Kč]

Tato fotovoltaická elektrárna je provozována v režimu výkupních cen. Výnosy jsou tak dány součinem těchto cen a množství vyrobené elektřiny. Oba součinitelé jsou opět ovlivňovány koeficienty k_1 a k_2 . Výkupní cena v roce 2011 dosahovala 12,4 Kč za kWh elektrické energie dodané do distribuční sítě. Sazba daně z přidané hodnoty je i v tomto případě 20 %.

$$V_y = E \times C_{VC} \times \left(1 + \frac{k_1}{100}\right)^{y-1} \times \left(1 - \frac{k_2}{100}\right)^{y-1} \times \left(1 + \frac{T_{DPH}}{100}\right) \quad (11)$$

y sledovaný rok [-]

V_y výnosy ve sledovaném roce [Kč]

E množství vyrobené energie [kWh]

C_{VC} výše výkupních cen [Kč/kWh]

k_1 koeficient růstu výkupních cen a zelených bonusů [%/rok]

k_2 koeficient poklesu účinnosti fotovoltaických panelů [%/rok]

T_{DPH} sazba daně z přidané hodnoty

$$V_y = 794\,028 \times 12,4 \times \left(1 + \frac{2}{100}\right)^{y-1} \times \left(1 - \frac{0,8}{100}\right)^{y-1} \times \left(1 + \frac{20}{100}\right)$$

V_{1-20} viz přehled v tabulce 8 na straně 51

Provozní náklady zde dělíme na stálé a proměnné. Stálým nákladem je každoroční platba za pojištění fotovoltaické elektrárny. Mezi náklady proměnné patří ohodnocení pracovních činností potřebných k bezproblémovému chodu a vlastní spotřebu elektrické energie. Do první skupiny proměnných nákladů patří náklady na údržbu pozemku, ostrahu a servis FV elektrárny. Lze očekávat, že tyto náklady se budou v průběhu let vyvíjet v závislosti na růstu cenové hladiny. Dle inflačního cíle České národní banky z roku 2010 se předpokládá její meziroční nárůst o 2 %. [52] V nákladech na vlastní spotřebu je nutno zahrnout vzestupný vývoj ceny elektřiny, která dle ERÚ v posledních pěti letech roste v průměru cca o 4 % za rok. [41] Ve výpočtu bude uvažováno pokračování tohoto trendu po celou dobu životnosti FVE.

$$N_{Py} = N_{PS} + N_{PPm} \times \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{y-1} + N_{PPvs} \times \left(1 + \frac{k_3}{100}\right)^{y-1} \quad (12)$$

N_{Py} provozní náklady ve sledovaném roce [Kč]

N_{PS} stálé provozní náklady [Kč]

N_{PPm} náklady vynaložené na ohodnocení pracovních činností [Kč]

i míra inflace [%]

N_{PPvs} náklady na vlastní spotřebu elektřiny [Kč]

k_3 koeficient růstu cen elektrické energie dle ERÚ [%]

$$N_{Py} = 175\,940 + 125\,600 \times \left(1 + \frac{2}{100}\right)^{y-1} + 66\,000 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right)^{y-1}$$

N_{P1-20} viz přehled v tabulce 8 na straně 51

Náležitosti a sazby daně z příjmů zůstávají v případě FVE 738,72 kWp stejné jako u předchozí, tj. sazba daně 19 %, daňové prázdniny 5+1 rok a rovnoměrné odepisování investičních nákladů po dobu deseti let. [51]

$$N_{07} = \frac{5,5}{100} \times \sum N_i = \frac{5,5}{100} \times 63\,840\,000 = 3\,511\,200 \text{ Kč} \quad (13)$$

N_{07} velikost odpisu v prvním roce odepisování

$$N_{08-16} = \frac{10,5}{100} \times \sum N_i = \frac{10,5}{100} \times 63\,840\,000 = 6\,703\,200 \text{ Kč}$$

N_{08-16} velikost odpisu v druhém až desátém roce odepisování

Pro získání cash flow v jednotlivých letech provozu FV elektrárny dosazujeme do vztahu (7) ze strany 45. Přehled vypočítaných hodnot v jednotlivých letech životnosti je součástí příloh. Ukázka přehledu pro nultý, první a dvacátý rok se nachází v následující tabulce.

Tab. 8: Přehled výnosů, nákladů, čistého zisku a cash flow v nultém, prvním a dvacátém roku provozu fotovoltaické elektrárny o výkonu 738,72 kWp [autor]

	V_y [Kč]	N_{Py} [Kč]	N_{Oy} [Kč]	Z_y [Kč]	CF_y [Kč]	ΣCF [Kč]
0. rok	-	-	-	-	-63 840 000	- 63 840 000
1. rok	11 815 137	361 540	-	11 453 597	11 453 597	- 52 386 403
20. rok	14 776 235	485 326	-	11 575 636	11 575 636	167 788 980

4.3 REÁLNÁ DOBA NÁVRATNOSTI INVESTIC

Reálná neboli diskontovaná doba návratnosti investic, která je označována zkratkou DPP (Discounted Payback Period), je tradiční metodou hodnocení investičních projektů. Představuje dobu potřebnou pro vyrovnání investičních nákladů čistými příjmy plynoucími z projektu při respektování časové hodnoty peněz. Vyjadřuje tedy dobu, za kterou se součet diskontovaných peněžních toků vyrovná zápornému peněžnímu toku z počátku investice. Matematicky ji lze vyjádřit rovnicí (14). [7]

$$CF_0 + \sum_{y=1}^{DPP} \frac{CF_y}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^y} = 0 \quad (14)$$

DPP doba návratnosti [roky]

r diskontní míra [%]

Diskontní míra reprezentuje požadovanou míru návratnosti a zohledňuje ušlý zisk spojený s vynaložením vlastního kapitálu na danou investici. Její výši lze stanovit na základě součtu úrokové sazby investice s malým rizikem, rizikové prémie spojené s danou investicí a vývoje cenové hladiny, dle vztahu (15). [54] Za investici s nízkým rizikem lze považovat státní dluhopisy, jejichž úroková míra se po započtení daně dle ČNB v roce 2010 pohybovala u patnáctiletých státních dluhopisů okolo 3,6 %. [53] Riziko spojené s investicí do fotovoltaické elektrárny lze vzhledem ke státní garanci vyplácených podpor považovat za nízké. Z tohoto důvodu je ve výpočtu uvažována riziková prémie rovna nule. Meziroční nárůst cenové hladiny je dle inflačního plánu ČNB předpokládán o 2 % po celou dobu životnosti FV elektráren. [52]

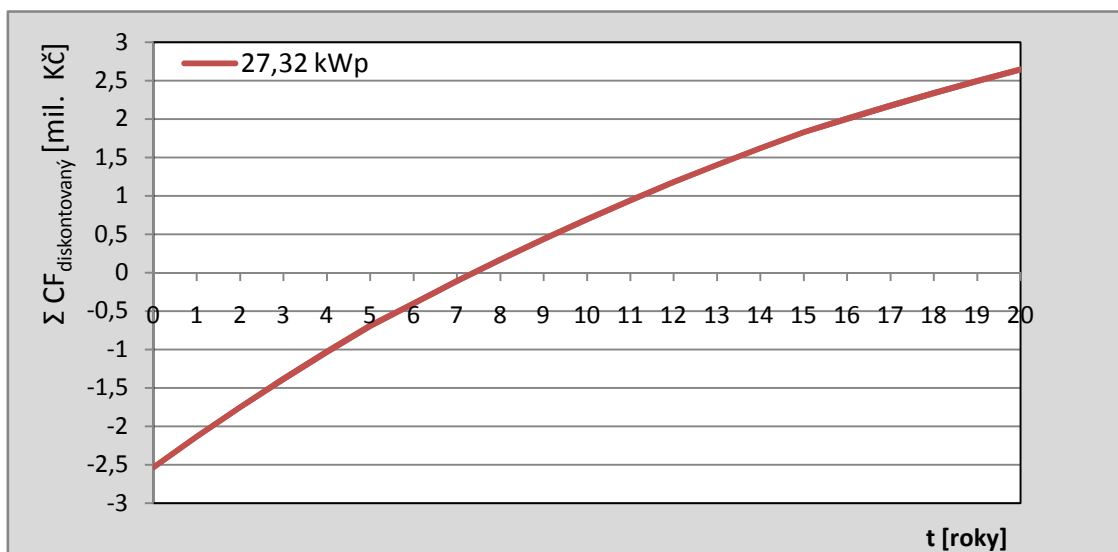
$$r = r_f + RP + i = 3,6 + 0 + 2 = 5,6 \% \quad (15)$$

r_f bezriziková úroková míra [%]

RP riziková prémie [%]

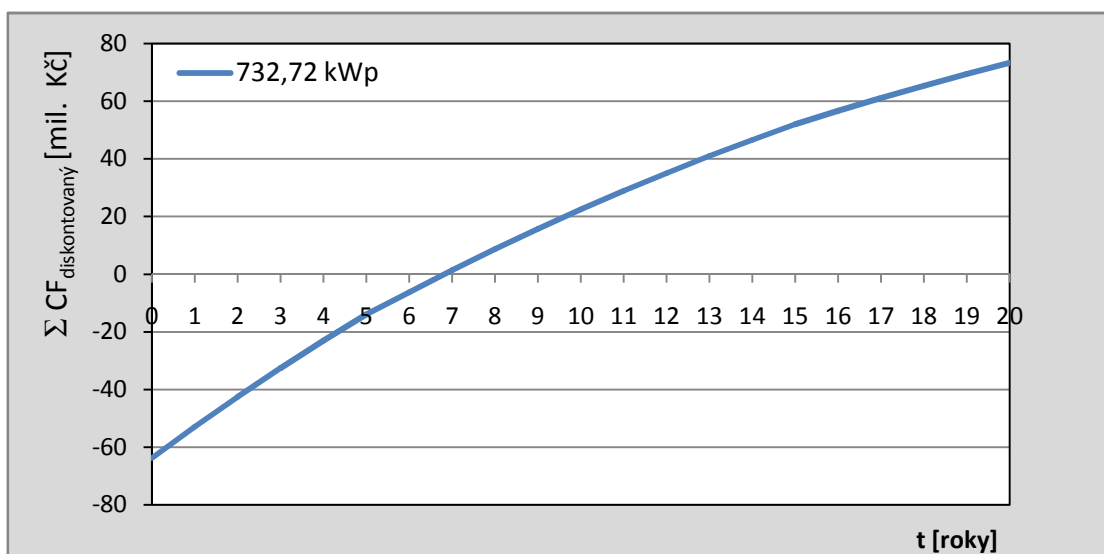
Míru diskontu a hodnoty cash flow v jednotlivých letech životnosti dosazujeme do vztahu (14) a z výsledných dat sestavíme grafy 3 a 4. Návratnost je dána tím rokem životnosti investičního projektu, v němž platí požadovaná rovnost a pro jednotlivé fotovoltaické elektrárny ji lze z grafů odečíst. Rovnost vztahu platí právě v okamžiku, kdy křivka protíná vodorovnou osu.

Graf č. 3: Kumul. diskontovaný CF v jednotlivých letech životnosti FVE 27,32 kWp [autor]



→ $DPP_{27,32kWp} = 7 \text{ let } 6 \text{ měsíců}$

Graf č. 4: Kumul. diskontovaný CF v jednotlivých letech životnosti FVE 738,72 kWp [autor]



→ $DPP_{738,72kWp} = 6 \text{ let } 10 \text{ měsíců}$

Diskontovaná doba návratnosti investice do fotovoltaické elektrárny o špičkovém výkonu 27,32 kWp dle legislativy platné k 1. lednu 2010 je tedy 7 let a 6 měsíců. Doba návratnosti do elektrárny o výkonu 738,72 kWp dosahuje 6 let a 10 měsíců. Určení

časového úseku s přesností na měsíce je počítáno na základě daných výsledků, je však pouze orientační, jelikož rozložení výroby elektřiny fotovoltaickou elektrárnou v průběhu roku silně kolísá.

4.4 ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA

Čistá současná hodnota (Net Present Value) se řadí mezi nejčastěji používané metody hodnocení investičních projektů. Vyjadřuje rozdíl mezi současnou (diskontovanou) hodnotou kumulovaných peněžních příjmů z investice v okamžiku dosažení plánované doby životnosti daného zařízení a hodnotou kapitálových výdajů na investici vynaložených. Za přijatelné jsou považovány ty investice, jejichž čistá současná hodnota je vyšší než nula. [7] Matematicky ji lze vyjádřit následovně:

$$NPV = CF_0 + \sum_{y=1}^{20} \frac{CF_y}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^y} \quad (16)$$

NPV čistá současná hodnota investice [Kč]

r diskontní míra [%]

$$NPV_{27,32kWp} = -2\,532\,320 + 5\,282\,014 = \mathbf{2\,645\,425\,Kč}$$

Čistá současná hodnota FVE o špičkovém výkonu 27,32 kWp dle legislativy platné k 1. lednu 2010 dosahuje po uplynutí dvacetileté životnosti 2 645 625 Kč.

$$NPV_{738,72kWp} = -63\,840\,000 + 137\,182\,693 = \mathbf{73\,342\,693\,Kč}$$

Čistá současná hodnota FVE o špičkovém výkonu 738,72 kWp dle legislativy platné k 1. lednu 2010 dosahuje po uplynutí dvacetileté životnosti 73 342 693 Kč.

5 VLIV LEGISLATIVNÍCH ZMĚN NA NÁVRATNOST INVESTIC DO FVE

Tato část práce je zaměřena na zjištění dopadů provedených legislativních změn v oblasti podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na návratnost investic do fotovoltaických elektráren. Jedná se zejména o vyhlášky č. 137/2010 Sb., č. 330/2010 Sb. a č. 402/2010 Sb. Jejich vliv je zjišťován u FVE 27,32 kWp a FVE 738,72 kWp a porovnáván se stavem legislativy platné k 1. lednu 2010, který byl předmětem analýzy v předchozí kapitole. Pro každou fotovoltaickou elektrárnu bude výpočet dále rozdělen do několika variant dle následujícího přehledu:

- **Varianta A** – uvedení do provozu 31. prosince 2010
Těmto podmínkám reálně podléhají obě sledované fotovoltaické elektrárny. Účelem je zjistit vliv retrospektivních legislativních zásahů způsobené vyhláškou č. 402/2010 Sb. a novelou zákona č. 586/1992 Sb. na prvotně plánovanou a při zpracovávání projektu uvažovanou návratnost investic.
- **Varianta B** – uvedení do provozu 1. ledna 2011
Termín uvedení do provozu je fiktivně posunut do roku 2011. Cílem je zjistit vliv dramatického snížení cen výkupu a zelených bonusů v tomto období, které umožnila vyhláška č. 137/2010 Sb.
- **Varianta C** – uvedení do provozu 1. ledna 2012
Tato varianta je uvažována pouze u menší FVE, jelikož připojování zdrojů větších než 30 kWp již k tomuto datu díky vyhlášce č. 330/2010 Sb. není možné. Účelem je určit výhodnost investice do fotovoltaických elektráren s ohledem na cenové rozhodnutí vydané Energetickým regulačním úřadem pro tento rok.

Postup výpočtu je totožný s postupem ve 4. kapitole. Jsou využívány vzorce (5) až (16). Technické, provozní a výrobní parametry vybraných fotovoltaických elektráren zůstávají neměnné stejně jako uvažovaná inflační míra a míra diskontní (viz tab. 9). Změnám podléhají ceny výkupu a zelené bonusy. Jejich výši stanovuje každoročně Energetický regulační úřad na základě platné legislativy v cenovém rozhodnutí. [37] Dalším rozdílem oproti stavu k 1. lednu 2010 je zrušení daňových prázdin a upravení způsobu odepisování dlouhodobého hmotného majetku ve formě daňových odpisů. Ten je dle § 30b novelizované podoby zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, možné

odepisovat rovnoměrně po dobu 240 měsíců dle 4. odpisové skupiny, tj. v prvním roce 2,15 % a v letech následujících 5,15 %. [51]

Tab. 9: Pevné vstupní parametry pro výpočet [autor]

T_{DPH}	sazba daně z přidané hodnoty	20 %
T_P	sazba daně z příjmu právnických osob	19 %
k_1	koeficient růstu výkupních cen a zelených bonusů	2 %
k_2	koeficient poklesu účinnosti FV panelů	0,8 %
k_3	koeficient růstu cen elektrické energie	4 %
i	inflační míra	2 %
r	diskontní míra	5,6 %

5.1 FVE 27,32 kWp

Prováděné legislativní změny mají vliv zejména na cash flow investičního projektu. Pro jeho výpočet dle rovnice (7) je nutné zjistit velikost daňových odpisů v jednotlivých letech životnosti fotovoltaické elektrárny a dále určit velikosti proměnných parametrů pro jednotlivé varianty. Jelikož daňové prázdny byly zrušeny novelou daně z příjmu, posouvá se začátek odepisování do prvního roku životnosti FVE. Postup zjištění hodnoty odpisu v tomto roce i letech dalších je znázorněn v následujícím výpočtu:

$$N_{O1} = \frac{2,15}{100} \times \sum N_i = \frac{2,15}{100} \times 2\,532\,320 = 54\,445 \text{ Kč}$$

N_{O1} velikost odpisu v prvním roce odepisování

$$N_{O2-20} = \frac{5,15}{100} \times \sum N_i = \frac{5,15}{100} \times 2\,532\,320 = 130\,414 \text{ Kč}$$

N_{O2-20} velikost odpisu v druhém až dvacátém roce odepisování

Výpočet je prováděn pro fotovoltaickou elektrárnu o výkonu 27,32 kWp, která je umístěna na střešní konstrukci. U této skupiny solárních zařízení neplatí nutnost odvádět tzv. solární daň, která byla do zákona č. 180/2005 Sb. zavedena koncem roku 2010. Provozována je v režimu zelených bonusů. Hodnoty proměnných parametrů pro jednotlivé varianty výpočtu jsou shrnuty v tab. 10.

Tab. 10: Proměnné vstupní parametry jednotlivých variant výpočtu [autor]

Varianta A		
C _{ZB}	výše zeleného bonusu	11,50 Kč/kWh
Varianta B		
C _{ZB}	výše zeleného bonusu	6,50 Kč/kWh
Varianta C		
C _{ZB}	výše zeleného bonusu	5,08 Kč/kWh

Po dosazení pevných a proměnných parametrů do vztahu (7) získáváme cash flow v jednotlivých letech životnosti dané fotovoltaické elektrárny pro každou z variant výpočtu. Ukázka přehledu těchto hodnot je patrná z tabulky 11. Kompletní přehled je součástí příloh.

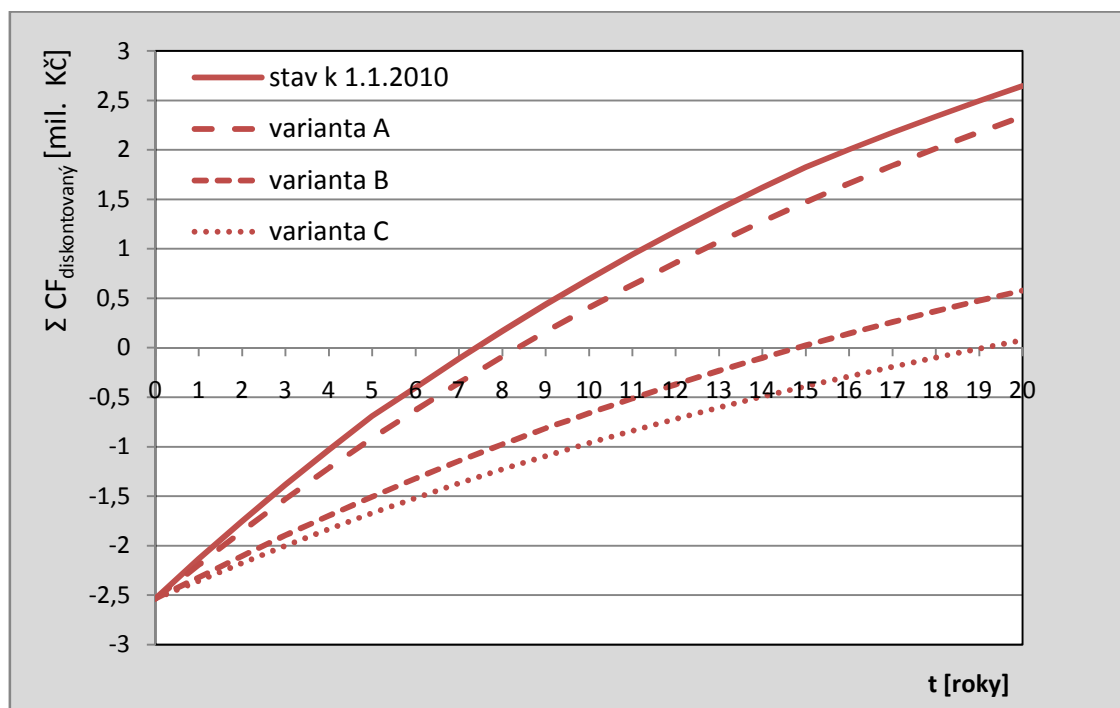
Tab. 11: Ukázka přehledu cash flow jednotlivých variant výpočtu pro FVE 27,32 kWp [autor]

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	- 2 532 320	- 2 532 320	- 2 532 320	-2 532 320	- 2 532 320	-2 532 320
1. rok	360 287	-2 172 033	224 858	-2 307 462	186 396	-2 345 924
20. rok	471 315	5 875 078	301 945	2 839 067	253 844	1 976 841

5.1.1 VLIV NA UKAZATEL DPP

Tento ukazatel vyjadřuje dobu, za kterou se součet diskontovaných peněžních toků vyrovná zápornému peněžnímu toku z počátku investice. Pro jeho zjištění dosazujeme hodnoty cash flow příslušných variant do vztahu (14). Z výsledných dat lze sestavit graf, z něhož je reálná doba návratnosti vynaložených investic patrná. Obdobně jako v kapitole 4 ji je možné odečíst v místech, kde daná křivka protíná vodorovnou osu. Kumulovaný diskontovaný cash flow variant A, B i C je znázorněn v grafu 5. Pro možnost porovnání je v grafu ponechána křivka náležící prvotnímu stavu, tj. uvedení fotovoltaické elektrárny do provozu k 1. lednu 2010 a legislativě platné k tomuto datu.

Graf. 5: Kumul. disk. cash flow FVE 27,32 kWp pro jednotlivé varianty výpočtu [autor]

**Varianta A:**→ **DPP = 8 let 4 měsíce****Varianta B:**→ **DPP = 14 let 10 měsíců****Varianta C:**→ **DPP = 19 let 1 měsíc**

Diskontovaná doba návratnosti při spuštění fotovoltaické elektrárny 27,32 kWp koncem roku 2010 dosahuje 8 let a 4 měsíců. Oproti odhadům z doby plánování projektu se tak tato doba o téměř celý rok prodloužila. V případě uvedení do provozu začátkem roku 2011 se vlivem prudkého poklesu sazby zelených bonusů doba návratnosti posunula na 14 let a 10 měsíců. U varianty C, tedy při uvedení fotovoltaické elektrárny do provozu začátkem roku 2012 po dalším snížení poskytovaných podpor, vyšla reálná doba návratnosti 19 let a 10 měsíců. Ukazatelé nám napovídají, že investice do této fotovoltaické elektrárny v režimu zelených bonusů by byla pro investora využívajícího 30 % vyrobené elektřiny pro pokrytí vlastní spotřeby ve všech případech výhodná. U poslední z variant se však již blížíme k samé hranici návratnosti vynaložených prostředků.

5.1.2 VLIV NA UKAZATEL NPV

Ukazatele čisté současné hodnoty pro jednotlivé varianty získáme dosazením příslušných hodnot do vztahu (16). Zobrazeny jsou v následujícím přehledu:

Varianta A:	→ NPV = 2 338 281 Kč
Varianta B:	→ NPV = 576 596 Kč
Varianta C:	→ NPV = 76 278 Kč

Získané výsledky potvrzují závěry utvořené na základě ukazatele reálné doby návratnosti investic. U varianty A je současná hodnota peněžních toků uskutečněných za dobu životnosti fotovoltaické elektrárny 2 338 281 Kč, což je oproti odhadům z dob plánování projektu o více než 300 tisíc Kč méně. V případě varianty B činí čistá současná hodnota 576 596 Kč. U poslední z variant činitel dosahuje 76 278 Kč.

5.2 FVE 738,72 kWp

Pro tuto fotovoltaickou elektrárnu platí stejná pravidla jako pro předchozí. Novela daně z příjmu z konce roku 2010 předepisuje podmínky daňového odepisování nákladů vynaložených na realizaci projektu. Pětileté osvobození od odvodu daně z příjmu již není možné. Následuje výpočet hodnot uznatelných odpisů pro jednotlivé roky životnosti fotovoltaické elektrárny.

$$N_{01} = \frac{2,15}{100} \times \sum N_i = \frac{2,15}{100} \times 63\,840\,000 = 1\,372\,560 \text{ Kč}$$

N_{01} velikost odpisu v prvním roce odepisování

$$N_{02-20} = \frac{5,15}{100} \times \sum N_i = \frac{5,15}{100} \times 63\,840\,000 = 3\,287\,760 \text{ Kč}$$

N_{02-20} velikost odpisu v druhém až dvacátém roce odepisování

Výpočet je prováděn pro fotovoltaickou elektrárnu o špičkovém výkonu 738,72 kWp. První z variant představuje reálné podmínky této elektrárny, tj. uvedení do provozu

koncem roku 2010. Na tato zařízení se vztahuje tzv. solární daň, jež byla novelou č. 402/2010 Sb. zavedena do zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Její sazba je pro režim výkupních cen 26 % a vyměřována je ze základu daně, kterým je částka bez daně z přidané hodnoty hrazené formou výkupní ceny provozovateli výroby elektřiny ze slunečního záření. Předmětem odvodu je elektřina vyrobená od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2013. Na variantu B se odvod této daně již nevztahuje.

Tab. 12: Proměnné vstupní parametry jednotlivých variant výpočtu [autor]

Varianta A		
C_{VC}	výše výkupních cen	11,50 Kč/kWh
T_{Svc}	sazba solární daně pro režim výkupních cen	26 %
Varianta B		
C_{VC}	výše výkupních cen	6,50 Kč/kWh

Po dosažení příslušných hodnot a parametrů do vztahu (7) získáváme cash flow pro všechny roky životnosti dané fotovoltaické elektrárny u jednotlivých variant výpočtu. Ukázka přehledu výsledků je patrná z tabulky 13. Kompletní přehled je součástí příloh.

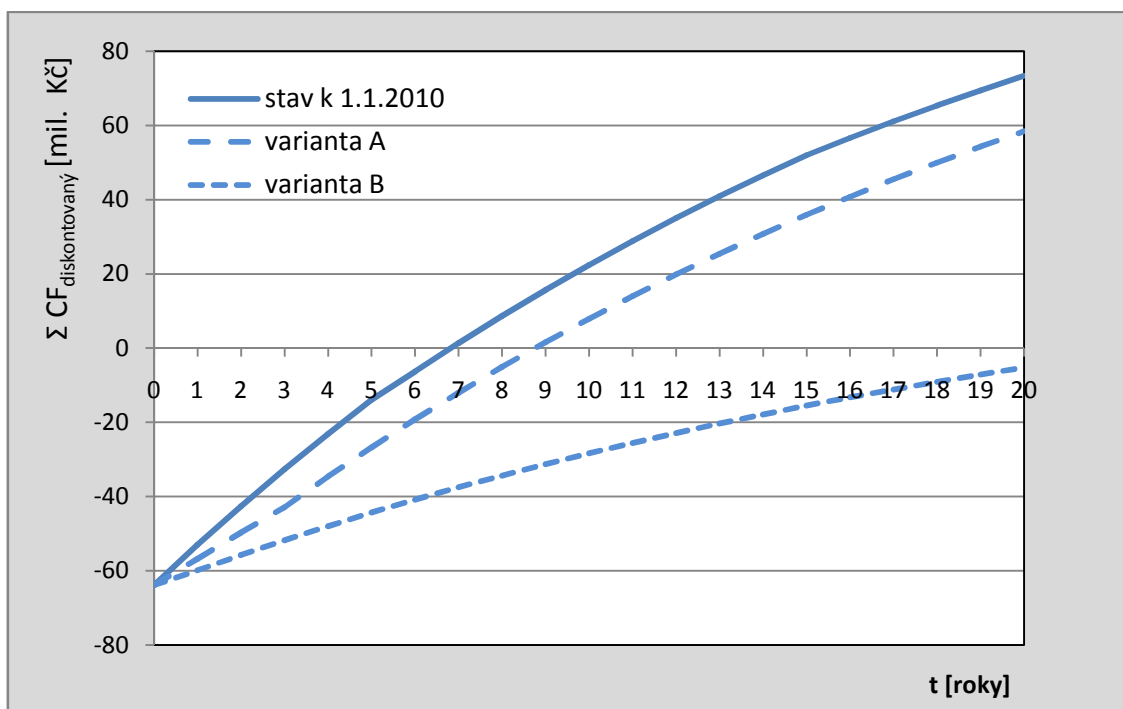
Tab. 13: Ukázka přehledu cash flow jednotlivých variant výpočtu pro FVE 738,72 kWp [autor]

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	-63 840 000	-63 840 000	-63 840 000	-63 840 000	-	-
1. rok	7 464 643	-56 375 357	4 212 813	-59 627 187	-	-
20. rok	12 263 957	150 348 015	5 603 926	37 259 342	-	-

5.2.1 VLIV NA UKAZATEL DPP

Pro zjištění reálné doby návratnosti dosazujeme hodnoty cash flow příslušných variant do vztahu (14). Z výsledných dat lze sestavit graf, z kterého v místech, kde příslušná křivka protíná vodorovnou osu, dobu návratnosti odečítáme. Pro možnost porovnání je opět v grafu ponechána křivka náležící prvotnímu stavu, tj. uvedení fotovoltaické elektrárny do provozu k 1. lednu 2010 legislativy platné k tomuto datu.

Graf. 6: Kumul. disk. cash flow FVE 738,72 kWp pro jednotlivé varianty výpočtu [autor]



Varianta A:

→ **DPP = 8 let 9 měsíců**

Varianta B:

→ **DPP > 20**

Diskontovaná doba návratnosti investic se při spuštění elektrárny o výkonu 738,72 kWp koncem roku 2010 v reálných legislativních podmínkách prodloužila oproti odhadům z období plánování projektu o necelé dva roky. Dosahuje tak 8 let a 9 měsíců. Uvažujeme-li spuštění totožné fotovoltaické elektrárny k 1. lednu 2011 (varianta B), převyšuje reálná doba návratnosti stanovenou životnost. Ukazatel nám tak udává, že s přihlédnutím k budoucí hodnotě peněz se investice investorovi nesplatí.

5.2.2 VLIV NA UKAZATEL NPV

Ukazatele čisté současné hodnoty pro jednotlivé varianty získáme dosazením příslušných hodnot do vztahu (16). Výsledky jsou zobrazeny v následujícím přehledu:

Varianta A:	$\rightarrow NPV = 58\,434\,309\text{ Kč}$
Varianta B:	$\rightarrow NPV = -5\,191\,519\text{ Kč}$

Získané výsledky i v tomto případě potvrzují závěry utvořené na základě ukazatele diskontované doby návratnosti investic. V případě spuštění FVE k 31. prosinci 2010 je současná hodnota peněžních toků uskutečněných za dobu životnosti fotovoltaické elektrárny 53 434 309 Kč. Oproti odhadům z dob plánování projektu tak reálný zisk poklesl o téměř 15 mil. Kč. U varianty B se ukazatel NPV nedostal do kladných položek a naznačuje, že investice do větší fotovoltaické elektrárny po roce 2011 již nebyla výhodná. V tomto konkrétním případě ztráta dosahuje 5 191 519 Kč.

5.3 FVE 27,32 kWp V REŽIMU VÝKUPNÍCH CEN

Pro úplnost analýzy je tato kapitola doplněna o možnost provozu menší z fotovoltaických elektráren v režimu výkupních cen. Postup zjišťování jednotlivých ukazatelů je shodný s postupem předešlým a je využíváno stejných vzorců jako v případě výpočtu u fotovoltaické elektrárny o špičkovém výkonu 732,72 kWp. V režimu výkupních cen je veškerá elektrická energie vyrobená v solárním zařízení odprodávána do distribuční sítě. Provozovatel výroby je tak ochuzen o možnost spotřebovávat část vlastní energie a je nucen za veškerou potřebnou energii vyplácet plnou tržní cenu. Tento fakt je částečně kompenzován formou vyšší podpory. Dle cenového rozhodnutí ERÚ byla její výše v roce 2010 rovna 12,50 Kč za kWh vyrobené energie.

Ukázka přehledu výnosů, nákladů, čistého zisku a cash flow pro nultý, první a dvacátý rok provozu FVE 27,32 kWp v režimu výkupních cen dle legislativy platné k 1. lednu 2010 je znázorněn v tabulce 14. Kompletní přehled se nachází v přílohách. Součástí provozních nákladů je vlastní spotřeba fotovoltaické elektrárny. Pro účely

výpočtu je stanovena poměrem výkonů s elektrárnou 738,72 kWp na 2 250 Kč za rok. Koeficienty zastupující růst výkupních a tržních cen elektrické energie, sazby daní a inflační i diskontní míra zůstávají neměnné.

Tab. 14: Ukázka přehledu výnosů, nákladů, čistého zisku a cash flow FVE o výkonu 27,32 kWp v režimu výkupních cen dle legislativy platné k 1. lednu 2010 [autor]

	V _y [Kč]	N _{Py} [Kč]	N _{Oy} [Kč]	Z _y [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	-	-	-	-	- 2 532 320	- 2 532 320
1. rok	417 990	4 850	-	413 140	413 140	-2 119 180
20. rok	522 746	7 340	-	515 406	417 479	5 844 277

Výpočet je prováděn pro fotovoltaickou elektrárnu o špičkovém výkonu do 30 kWp, která je umístěna na střešní konstrukci a provozována v režimu výkupních cen. U této skupiny solárních zařízení opět neplatí nutnost odvádět solární daň. Hodnoty proměnných parametrů pro jednotlivé varianty výpočtu jsou shrnuty v tab. 15. Těmito proměnnými jsou zde pouze rozdílné výše výkupních cen. Oproti stavu k 1. lednu 2010 nastala změna také ve způsobu odepisování investičních nákladů dle zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů.

Tab. 15: Proměnné vstupní parametry jednotlivých variant výpočtu [autor]

Varianta A		
C _{ZB}	výše výkupních cen	12,50 Kč/kWh
Varianta B		
C _{ZB}	výše výkupních cen	7,50 Kč/kWh
Varianta C		
C _{ZB}	výše výkupních cen	6,16 Kč/kWh

Po dosazení pevných a proměnných parametrů do vztahu (7) získáváme cash flow v jednotlivých letech životnosti dané fotovoltaické elektrárny pro každou z variant výpočtu. Ukázka přehledu těchto hodnot je patrná z tabulky 16. Kompletní přehled je součástí příloh.

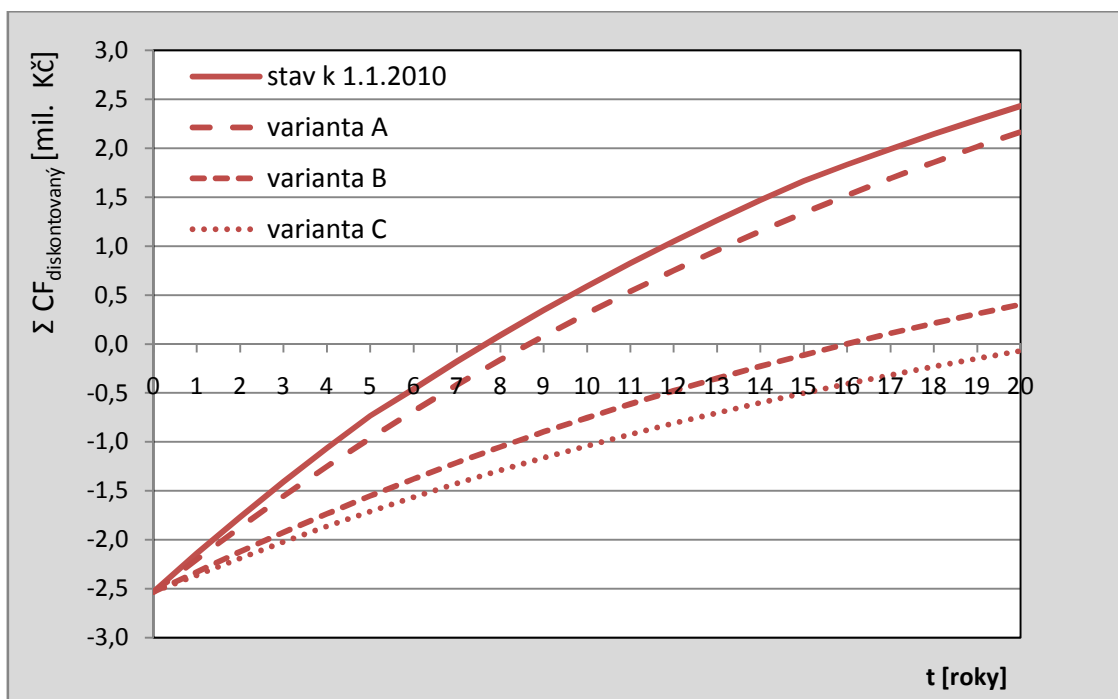
Tab. 16: Porovnání cash flow v jednotlivých letech životnosti FVE 27,32 kWp v režimu výkupních cen pro každou z variant A až C dle 5. kapitoly [autor]

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	- 2 532 320	- 2 532 320	- 2 532 320	-2 532 320	- 2 532 320	-2 532 320
1. rok	349 838	-2 182 482	214 409	-2 317 911	178 114	-2 354 206
20. rok	449 598	5 561 455	280 228	2 525 445	234 837	1 711 794

5.3.1 UKAZATELE DPP A NPV

Ukazatele reálné doby návratnosti investic pro jednotlivé varianty získáme dosazením příslušných hodnot do vztahu (14). Výsledky jsou znázorněny v následujícím grafu:

Graf 7: Kumulovaný diskontovaný cash flow FVE 27,32 kWp v režimu výkupních cen pro jednotlivé varianty výpočtu [autor]



Stav k 1.1.2010

→ **DPP = 7 let 8 měsíců**

Varianta A:

→ **DPP = 8 let 8 měsíců**

Varianta B: $\rightarrow DPP = 16 \text{ let}$ **Varianta C:** $\rightarrow DPP > 20$

Pro získání ukazatele čisté současné hodnoty jednotlivých variant dosazujeme do rovnice (16). Výsledky výpočtů jsou následující:

Stav k 1.1.2010 $\rightarrow NPV = 2\,430\,014 \text{ Kč}$ **Varianta A:** $\rightarrow NPV = 2\,164\,782 \text{ Kč}$ **Varianta B:** $\rightarrow NPV = 403\,097 \text{ Kč}$ **Varianta C:** $\rightarrow NPV = -69\,000 \text{ Kč}$

Diskontovaná doba návratnosti investic v případě provozu fotovoltaické elektrárny o výkonu 27,32 kWp v režimu výkupních cen při stavu legislativy platné k 1. lednu 2010 dosahuje 7 let a 8 měsíců. U varianty B, tj. při výpočtu v reálných legislativních podmínkách ke konci stejného roku se ukazatel DPP o 1 rok prodloužil. V obou případech výnosy z investice převyšují hodnotu 2 milionů Kč. Výnosy se razantně snižují při uvedení elektrárny do provozu začátkem roku 2011, což je způsobeno výrazným poklesem výše podpory výroby elektřiny ze solárního záření. Dle ukazatele čisté současné hodnoty poklesly na 403 097 Kč a doba návratnosti se ustálila na 16 letech. Další snížení podpor v roce 2012 vyjádřené aktuálním cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu prodloužila dobu návratnosti na delší časový úsek, než je stanovená doba životnosti fotovoltaické elektrárny. S přihlédnutím k budoucí hodnotě peněz investor přijde o částku 69 000 Kč.

6 ZÁVĚR

Obnovitelné zdroje energie, zejména fotovoltaika, jsou v současnosti velmi diskutovanými tématy. Nešťastně nastavené výše podpor v kombinaci s velice nepružnou legislativou, která nebyla schopna zareagovat na prudký pokles investičních nákladů, zapříčinily dynamický rozmach instalací fotovoltaických elektráren. Jejich počet se z 249 o instalovaném výkonu 3,4 MWp v roce 2008 zvýšil na celkových 13 019 o výkonu 1 958,9 MWp k 1. lednu letošního roku. Tento boom se začal podepisovat na cenách elektrické energie a hrozba ztráty konkurenceschopnosti českých podniků a přílišného zatěžování domácností donutily v roce 2010 vládu k zásahům do příslušné legislativy. Jedná se především o vyhlášky č. 137/2010 Sb., č. 330/2010 Sb. a č. 402/2010 Sb., které pozměňují zákon č. 180/2005 Sb. Hlavní body těchto novel společně s komentářem k původnímu znění zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie se nachází ve třetí kapitole.

Část práce před touto kapitolou věnující se legislativě je zaměřena na připomenutí hlavních milníků v historii fotovoltaiky a seznámení čtenáře s podstatou fotovoltaického jevu, výhodami, nevýhodami a možnostmi využití fotovoltaických systémů na území České republiky. Součástí jsou i aktuální bilanční limity pro připojování výroben z obtížně predikovatelných zdrojů energie vydané společností ČEPS a výčet jednotlivých oblastí, ve kterých již došlo k jejich překročení.

Cílem předkládané diplomové práce bylo zhodnocení provozu fotovoltaických systémů s ohledem na výše zmíněné legislativní změny. Plnění tohoto cíle začíná kapitolou čtvrtou, která se věnuje technicko-ekonomické analýze. Té byly podrobeny dvě fotovoltaické elektrárny o špičkových instalovaných výkonech 27,32 a 738,72 kWp. Menší je provozována v režimu zelených bonusů, větší v režimu výkupních cen. Bližší technické, rozpočtové a provozní údaje jsou součástí kapitoly. Obě zkoumané elektrárny byly uvedeny do provozu koncem roku 2010, pro účely prvotní analýzy je však uvažován stav legislativy při spuštění k 1. lednu téhož roku. Tento datum byl vybrán s ohledem na prodlevy provázející realizaci fotovoltaické elektrárny a výsledky tedy odpovídají očekáváním investora z počátku plánování výstavby. Zhodnocení provozu těchto výroben elektrické energie bylo posuzováno pomocí ekonomických ukazatelů reálné doby návratnosti investic (DPP) a čisté současné hodnoty (NPV). Obě

tyto metody se řadí mezi tzv. dynamické neboli respektující faktor času. Toho je dosahováno použitím diskontní míry zohledňující ušlý zisk spojený s vynaložením vlastního kapitálu. Stanovena byla na 5,6 %. Reálná doba návratnosti menší z elektráren dosahovala v těchto podmínkách 7 let a 6 měsíců. Výnos činil 2 645 625 Kč. Provoz větší z výroben se zhodnotil za 6 let a 10 měsíců a po uplynutí dvacetileté doby životnosti se ukazatel čisté současné hodnoty ustálil na 73 342 693 Kč.

Poslední kapitola je zaměřena na zjištění dopadů legislativních změn na ekonomické ukazatele stanovené v předchozí části práce. Opět je tedy zkoumána reálná doba návratnosti investic a čistá současná hodnota, výpočty jsou ale nyní rozděleny do tří variant dle uvažovaného uvedení do provozu. První z nich reprezentuje reálnou situaci obou vybraných fotovoltaických elektráren, tedy spuštění koncem roku 2010. Varianta B zastupuje zahájení provozu 1. ledna 2011. Varianta C uvažuje spuštění 1. ledna letošního roku. Výsledky se nachází v následujícím přehledu.

FVE 27,32 kWp	FVE 728,72 kWp
Varianta A	
DPP = 8 let 4 měsíce	DPP = 8 let 9 měsíců
NPV = 2 338 281 Kč	NPV = 58 434 309 Kč
Varianta B	
DPP = 14 let 10 měsíců	DPP > 20
NPV = 576 596 Kč	NPV = -5 191 519 Kč
Varianta C	
DPP = 19 let 1 měsíc	-
NPV = 76 278 Kč	-

Pro úplnost analýzy byla pátá kapitola doplněna o možnost provozu menší z fotovoltaických elektráren v režimu výkupních cen. Na základě výsledných hodnot provedených výpočtů lze však doporučit ponechání této konkrétní výrobní elektřiny ze slunečního záření v režimu zelených bonusů. Z výsledků je dále patrné, že v letošním roce si již fotovoltaickou elektrárnu provozovanou bez možnosti spotřebovat alespoň část vlastní energie pořizovat nevyplácí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MURTINGER, Karel; BERANOVSKÝ, Jiří; TOMEŠ, Milan. *Fotovoltaika : elektrina ze slunce*. Brno : EkoWATT, 2007. 80 s. ISBN 978-80-7366-100-7.
- [2] BOYLE, Godfrey. *Renewable Energy : power for a sustainable future*. Oxford : Oxford Univerzity Press, 2004. 452 s. ISBN 0-19-926178-4.
- [3] LIBRA, Martin; POULEK, Vladislav. *Fotovoltaika : Teorie i praxe využití solární energie*. Praha : ILSA, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2.
- [4] QUASHNING, Valter. *Erneuerbare Energien und Klimaschutz*. Mnichov: Hanser, 2009. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [5] KLOZ, Martin, Jan MOTLÍK, Petr PETRŽÍLEK a Martin TUŽINSKÝ. *Využívání obnovitelných zdrojů energie: Právní předpisy s komentářem*. Praha: Linde Praha. ISBN 978-80-7201-670-9.
- [6] SEDELÁČEK, Jaroslav. *Cash flow*. Brno: Computer press, 2003. ISBN 80-7226-875-9.
- [7] MÁČE, Miroslav. *Finanční analýza investičních projektů*. Havlíčkův Brod: GRADA, 2006. ISBN 80-247-1557-0.
- [8] The History of Solar. In: U.S. Department of Energy [online]. 2002 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf
- [9] KOSMÁK, František. *Historie fotovoltaiky*. Elekrika.cz [online]. 2009, č. 31 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://elekrika.cz/data/clanky/historie-fotovoltaiky/>
- [10] *Statistical Review of World Energy 2011*. BP Global [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481>
- [11] *How Semiconductors Work*. HowStuffWorks [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481>
- [12] LIBRA, Martin. *Fyzikální podstata fotovoltaické přeměny solární energie*. In: FCC Public [online]. 2005 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/download/sv010532.pdf>
- [13] TICHÝ, Jaroslav. *Využití fotovoltaických článků k přímému napájení železničních vozidel*. In: Digitální knihovna Univerzity Pardubice [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/38892/1/TichyJ_VyuzitiFotovoltaickych_RD_2011.pdf
- [14] *Types of Photovoltaics: PV Cell Overview*. Towngate Technologies [online]. 2009 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.towngatetechnologies.co.uk/content/25/types-of-photovoltaics>
- [15] *Jak fotovoltaická elektrárny funguje*. Slatinsky.eu [online]. 2008 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.slatinsky.eu/jak-elektrarna-funguje.html>

- [16] Electricity Generation form Solar Energy. Electropedia [online]. 2005 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.mpoweruk.com/solar_power.htm
- [17] What is Difference. Star Solar [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.solar-airconditioner.com/what-is-difference-between-monocrystalline-polycrystalline-and-amorphous-thin-film-solar-cell.html>
- [18] Použití alternativních technologií. SolarEnvi [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.solarencvi.cz/slunecni-elektrarny/technicke-informace/alternativni-technologie/>
- [19] General Solar PV. IB & Partner [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.ibpartner.cz/amorfni.html>
- [20] Parametry fotovoltaických článků. In: BANNERT, Petr. vosvdf.cz [online]. [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: http://www.vosvdf.cz/cmsb/userdata/487/FVS_001_cviceni/001_parametry_fvc.pdf
- [21] Praktická elektronika: Zdroje. In: [Http://cs.wikibooks.org](http://cs.wikibooks.org) [online]. 2011 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: http://cs.wikibooks.org/wiki/Praktick%C3%A1_elektronika/Zdroje
- [22] Ostrovní fotovoltaické systémy. Nízkoenergetické domy [online]. 2008 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.vyjimecnedomy.cz/fotovoltaicke-systemy>
- [23] Systémy připojené na síť. Solarencvi [online]. 2011 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.solarencvi.cz/slunecni-elektrarny/typy-instalaci/grid-on/> [21] <http://www.powertoday.in/News.aspx?nId=20ljB18E1fqN9/sKqA8w0Q==>
- [25] Advantages of photovoltaics. In: Docstoc [online]. 2011 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.docstoc.com/docs/9592944/Advantages-and-disadvantages-of-Photovoltaics>
- [26] Jaká je životnost fotovoltaických panelů?. Solar Liglass [online]. 2009 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.solar-liglass.cz/fotovoltaicke-dotazy-a-odpovedi/47-jaka-je-zivotnost-fotovoltaickych-panelu.html>
- [27] Vliv teploty na vlastnosti fotovoltaických článků. In: BANNERT, Petr. vosvdf.cz [online]. [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: http://www.vosvdf.cz/cmsb/userdata/487/FVS_008_cviceni/008_vliv_teploty_na_fvc.pdf
- [28] O solární energii. Solar Business [online]. 2010 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.solarbusiness.cz/o_solarni_energii.html
- [29] Provdading Viable Solutions for your End-Of-Life PV Modules. PV Cycle [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.pvcycle.org/index.php?id=3>
- [30] Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich využití pro ČR. In: ČEZ [online]. 2007 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/pro-zajemce-o-informace/materialy-ke-studiu/tiskoviny/11.html>
- [31] Vyhledávání v zákonech. Portál veřejné správy [online]. 2010 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?!=137/2010
- [32] Vyhledávání v zákonech. Portál veřejné správy [online]. 2010 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?!=330/2010

- [33] Vyhledávání v zákonech. Portál veřejné správy [online]. 2010 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?l=402/2010
- [34] Vyhledávání v zákonech. Portál veřejné správy [online]. 2010 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?l=418/2010
- [35] Vyhledávání v zákonech. Portál veřejné správy [online]. 2011 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?l=316/2011
- [36] Obnovitelné zdroje. ERÚ [online]. 2009 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=683
- [37] Informace o držitelích licencí. ERÚ [online]. 2009 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=265
- [38] Zdraží fotovoltaika v roce 2012 elektřinu?. Nazeleno.cz [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/ceny-energii/zdrazi-fotovoltaika-v-roce-2012-elektřinu.aspx>
- [39] Archiv cenových rozhodnutí. ERU [online]. 2009 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.eru.cz/dias-browse_articles.php?parentId=38&deep=off&type=
- [40] Souhrnná zpráva ČEPS za rok 2011. In: ČEPS [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.ceps.cz/CZE/O-spolecnosti/Hospodarske-vysledky/Documents/Souhrnna_zprava_rok_2011.pdf
- [41] Cenový kalkulátor. ERÚ [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://kalkulator.eru.cz/>
- [42] Výkupní ceny a Zelený bonus. GS Energy [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.gsenenergy.eu/cs/vykupni-ceny-zeleny-bonus.html>
- [43] Cenové rozhodnutí ERÚ č. 2/2010. In: ERÚ [online]. 2010 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2_2010_OZE-KVET-DZ%20final.pdf
- [44] Pravidla provozování distribučních soustav. In: ČEZ Distribuce: Příloha 4 [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2011/ppds-2011-priloha-4_def.pdf
- [45] PV potential estimation utility. PVGIS [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [46] Institute for Energy and Transport. JRC [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eur.htm#CZ>
- [47] Novinky. CZEPHO [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://czepho.cz/cs>
- [48] SL180-24M. In: SunLink PV [online]. 2010 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.sunlink-pv.com/images/downloads/SL180-24M.pdf>
- [49] Fronius IG Plus. In: Fronius [online]. 2007 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.fronius.com/cps/rde/xbcr/fronius_international/4000062829_PRO_0207_fronius_ig_plus_en.pdf

- [50] SUNNY MINI CENTRAL. SMA Solar Technology [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.sma.de/de/produkte/solar-wechselrichter/sunny-mini-central.html>
- [51] Zákon o daních z příjmů. BusinessInfo [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/zakony/zakon-o-danich-z-prijmu/1001184/5796/>
- [52] Inflační cíl ČNB. In: ČNB [online]. 2010 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/miranda2/export/sites/www.cnb.cz/cs/menova_politika/strategicke_dokumenty/download/inflacni_cil_cnb_2010.pdf
- [53] Systém časových řad. ČNB [online]. 2009 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/cnb/STAT.ARADY_PKG.PARAMETRY_SESTAVY?p_sestuid=450&p_strid=EBA&p_lang=CS
- [54] Integrace rizika do investičního rozhodování. Risk-Management.cz [online]. 2005 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.risk-management.cz/index.php?clanek=13&cat2=1&lang=>
- [55] 471. usnesení Senátu. In: Senát PČR [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.senat.cz/xqw/webdav/pssenat/original/63032/53271>
- [56] Aktuality. Časopis Alternativní Energie [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.alen.cz/aktality.html>

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A: VÝŇATEK Z CENOVÉHO ROZHODNUTÍ ERÚ Č. 7/2011

Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření pro rok 2012

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2012	6 160	5 080
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	7 650	6 570
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW do 100 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	6 020	4 940
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 100 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5 610	4 350
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12 750	11 670
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12 650	11 570
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13 690	12 610
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13 590	12 510
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	14 590	13 510
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	14 960	13 880
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	7 130	6 050

PŘÍLOHA B: TABULKY VÝSLEDKŮ VÝPOČTŮ ZE 4. A 5. KAPITOLY

Přehled výnosů, nákladů, čistého zisku a cash flow v jednotlivých letech provozu fotovoltaické elektrárny o výkonu 27,32 kWp dle legislativy platné k 1. lednu 2010

	V _y [Kč]	N _{Py} [Kč]	N _{Oy} [Kč]	Z _y [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	-	-	-	-	- 2 532 320	- 2 532 320
1. rok	384 551	2 600	-	422 513	422 513	-2 109 807
2. rok	389 104	2 600	-	430 477	427 877	-1 681 930
3. rok	393 711	2 600	-	435 912	433 312	-1 248 618
4. rok	398 372	2 600	-	441 417	438 817	-809 801
5. rok	403 089	2 600	-	446 995	444 395	-365 406
6. rok	407 862	2 600	-	452 646	399 509	34 103
7. rok	412 691	2 600	139 278	458 370	428 373	462 476
8. rok	417 577	2 600	265 894	464 170	433 244	895 720
9. rok	422 521	2 600	265 894	470 046	438 181	1 333 902
10. rok	427 524	2 600	265 894	475 999	443 184	1 777 085
11. rok	432 586	2 600	265 894	482 031	448 253	2 225 339
12. rok	437 708	2 600	265 894	488 142	453 391	2 678 730
13. rok	442 890	2 600	265 894	494 333	458 597	3 137 327
14. rok	448 134	2 600	265 894	500 605	463 874	3 601 201
15. rok	453 440	2 600	265 894	506 961	469 221	4 070 422
16. rok	458 808	2 600	265 894	513 400	424 120	4 494 542
17. rok	464 241	2 600	-	519 924	429 612	4 924 154
18. rok	469 737	2 600	-	526 534	435 178	5 359 332
19. rok	475 299	2 600	-	533 232	440 819	5 800 151
20. rok	480 927	2 600	-	540 018	446 536	6 246 687

Přehled výnosů, nákladů, čistého zisku a cash flow v jednotlivých letech provozu fotovoltaické elektrárny o výkonu 738,72 kWp dle legislativy platné k 1. lednu 2010

	V _y [Kč]	N _{Py} [Kč]	N _{Oy} [Kč]	Z _y [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	-	-	-	-	-63 840 000	- 63 840 000
1. rok	11 815 137	361 540	-	11 453 597	11 453 597	- 52 386 403
2. rok	11 955 028	366 452	-	11 588 576	11 588 576	- 40 794 716
3. rok	12 096 575	371 510	-	11 725 065	11 725 065	- 29 063 334
4. rok	12 239 799	376 720	-	11 863 079	11 863 079	- 17 190 639
5. rok	12 384 718	382 085	-	12 002 633	12 002 633	- 5 174 991
6. rok	12 531 353	387 612	-	9 836 431	9 836 431	5 341 945
7. rok	12 679 724	393 305	3 511 200	7 107 928	10 619 128	16 583 851
8. rok	12 829 852	399 171	6 703 200	4 639 260	11 342 460	27 945 620
9. rok	12 981 758	405 215	6 703 200	4 757 408	11 460 608	39 428 639
10. rok	13 135 462	411 442	6 703 200	4 876 864	11 580 064	51 034 312
11. rok	13 290 986	417 860	6 703 200	4 997 639	11 700 839	62 764 057
12. rok	13 448 351	424 475	6 703 200	5 119 747	11 822 947	74 619 308
13. rok	13 607 579	431 293	6 703 200	5 243 200	11 946 400	86 601 516
14. rok	13 768 693	438 321	6 703 200	5 368 009	12 071 209	98 712 147
15. rok	13 931 714	445 567	6 703 200	5 494 187	12 197 387	110 952 684
16. rok	14 096 666	453 038	6 703 200	5 621 747	12 324 947	122 051 019
17. rok	14 263 570	460 741	-	11 180 292	11 180 292	133 282 275
18. rok	14 432 451	468 684	-	11 310 651	11 310 651	144 647 984
19. rok	14 603 331	476 877	-	11 442 428	11 442 428	156 149 697
20. rok	14 776 235	485 326	-	11 575 636	11 575 636	167 788 980

Porovnání cash flow v jednotlivých letech životnosti FVE 27,32 kWp pro každou z variant A až C dle 5. kapitoly

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	- 2 532 320	- 2 532 320	- 2 532 320	-2 532 320	- 2 532 320	-2 532 320
1. rok	360 287	-2 172 033	224 858	-2 307 462	186 396	-2 345 924
2. rok	379 220	-1 792 813	242 188	-2 065 274	203 271	-2 142 653
3. rok	383 779	-1 409 033	245 125	-1 820 149	205 747	-1 936 906
4. rok	388 399	-1 020 634	248 103	-1 572 046	208 259	-1 728 647
5. rok	393 081	-627 553	251 123	-1 320 923	210 807	-1 517 840
6. rok	397 825	-229 729	254 186	-1 066 737	213 393	-1 304 447
7. rok	402 632	172 903	257 293	-809 444	216 017	-1 088 430
8. rok	407 503	580 406	260 444	-549 000	218 679	-869 752
9. rok	412 440	992 846	263 639	-285 361	221 379	-648 372
10. rok	417 443	1 410 289	266 880	-18 481	224 120	-424 252
11. rok	422 512	1 832 801	270 167	251 685	226 901	-197 352
12. rok	427 650	2 260 451	273 501	525 186	229 722	32 371
13. rok	432 856	2 693 307	276 882	802 068	232 585	264 956
14. rok	438 133	3 131 439	280 312	1 082 379	235 490	500 446
15. rok	443 480	3 574 919	283 790	1 366 169	238 438	738 885
16. rok	448 899	4 023 818	287 319	1 653 488	241 430	980 314
17. rok	454 391	4 478 209	290 897	1 944 385	244 465	1 224 779
18. rok	459 957	4 938 166	294 528	2 238 913	247 546	1 472 325
19. rok	465 598	5 403 763	298 210	2 537 123	250 672	1 722 997
20. rok	471 315	5 875 078	301 945	2 839 067	253 844	1 976 841

Porovnání cash flow v jednotlivých letech životnosti FVE 738,72 kWp pro každou z variant A až C dle 5. kapitoly

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	-63 840 000	-63 840 000	-63 840 000	-63 840 000	-	-
1. rok	7 464 643	-56 375 357	4 212 813	-59 627 187	-	-
2. rok	7 915 834	-48 459 523	4 625 502	-55 001 685	-	-
3. rok	8 004 144	-40 455 378	4 674 855	-50 326 831	-	-
4. rok	10 241 558	-30 213 821	4 724 764	-45 602 066	-	-
5. rok	10 357 349	-19 856 472	4 775 237	-40 826 830	-	-
6. rok	10 474 482	-9 381 990	4 826 278	-36 000 551	-	-
7. rok	10 592 973	1 210 983	4 877 894	-31 122 658	-	-
8. rok	10 712 835	11 923 819	4 930 090	-26 192 568	-	-
9. rok	10 834 086	22 757 904	4 982 873	-21 209 695	-	-
10. rok	10 956 739	33 714 643	5 036 247	-16 173 448	-	-
11. rok	11 080 811	44 795 454	5 090 221	-11 083 227	-	-
12. rok	11 206 317	56 001 772	5 144 799	-5 938 428	-	-
13. rok	11 333 274	67 335 046	5 199 987	-738 441	-	-
14. rok	11 461 698	78 796 744	5 255 792	4 517 351	-	-
15. rok	11 591 604	90 388 348	5 312 221	9 829 572	-	-
16. rok	11 723 009	102 111 357	5 369 278	15 198 850	-	-
17. rok	11 855 930	113 967 287	5 426 971	20 625 821	-	-
18. rok	11 990 384	125 957 671	5 485 306	26 111 127	-	-
19. rok	12 126 387	138 084 058	5 544 289	31 655 416	-	-
20. rok	12 263 957	150 348 015	5 603 926	37 259 342	-	-

Přehled výnosů, nákladů, čistého zisku a cash flow v jednotlivých letech provozu FVE o výkonu 27,32 kWp v režimu výkupních cen dle legislativy platné k 1. lednu 2010

	V _y [Kč]	N _{Py} [Kč]	N _{Oy} [Kč]	Z _y [Kč]	CF _y [Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	-	-	-	-	- 2 532 320	- 2 532 320
1. rok	417 990	4 850	-	413 140	413 140	-2 119 180
2. rok	422 939	4 940	-	417 999	417 999	-1 701 181
3. rok	427 947	5 034	-	422 913	422 913	-1 278 268
4. rok	433 013	5 131	-	427 883	427 883	-850 385
5. rok	438 140	5 232	-	432 908	432 908	-417 477
6. rok	443 328	5 337	-	298 713	381 235	-36 242
7. rok	448 577	5 447	139 278	177 236	409 455	373 213
8. rok	453 888	5 561	265 894	182 434	413 665	786 878
9. rok	459 262	5 679	265 894	187 689	417 922	1 204 800
10. rok	464 700	5 802	265 894	193 003	422 227	1 627 026
11. rok	470 202	5 931	265 894	198 377	426 580	2 053 606
12. rok	475 769	6 064	265 894	203 811	430 981	2 484 587
13. rok	481 402	6 202	265 894	209 306	435 432	2 920 019
14. rok	487 102	6 346	265 894	214 862	439 932	3 359 951
15. rok	492 869	6 496	265 894	220 479	444 482	3 804 433
16. rok	498 705	6 652	265 894	492 053	398 563	4 202 995
17. rok	504 609	6 814	-	497 795	403 214	4 606 209
18. rok	510 584	6 983	-	503 601	407 917	5 014 126
19. rok	516 629	7 158	-	509 471	412 672	5 426 798
20. rok	522 746	7 340	-	515 406	417 479	5 844 277

Porovnání cash flow v jednotlivých letech životnosti FVE 27,32 kWp v režimu výkupních cen pro každou z variant A až C dle 5. kapitoly

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]	CFy[Kč]	Σ CF [Kč]
0. rok	- 2 532 320	- 2 532 320	- 2 532 320	-2 532 320	- 2 532 320	-2 532 320
1. rok	349 838	-2 182 482	214 409	-2 317 911	178 114	-2 354 206
2. rok	368 298	-1 814 184	231 266	-2 086 645	194 541	-2 159 665
3. rok	372 372	-1 441 812	233 717	-1 852 928	196 558	-1 963 107
4. rok	376 494	-1 065 318	236 198	-1 616 730	198 599	-1 764 508
5. rok	380 666	-684 651	238 709	-1 378 021	200 664	-1 563 844
6. rok	384 888	-299 763	241 250	-1 136 771	202 755	-1 361 089
7. rok	389 161	89 398	243 822	-892 949	204 871	-1 156 218
8. rok	393 485	482 883	246 425	-646 524	207 013	-949 205
9. rok	397 860	880 743	249 059	-397 465	209 180	-740 024
10. rok	402 288	1 283 031	251 725	-145 740	211 374	-528 650
11. rok	406 769	1 689 799	254 424	108 684	213 595	-315 055
12. rok	411 304	2 101 103	257 155	365 838	215 843	-99 212
13. rok	415 893	2 516 996	259 919	625 757	218 117	118 905
14. rok	420 537	2 937 533	262 716	888 473	220 420	339 325
15. rok	425 237	3 362 770	265 547	1 154 020	222 751	562 076
16. rok	429 993	3 792 764	268 413	1 422 434	225 110	787 185
17. rok	434 807	4 227 571	271 314	1 693 747	227 497	1 014 682
18. rok	439 678	4 667 249	274 249	1 967 996	229 914	1 244 597
19. rok	444 608	5 111 858	277 221	2 245 217	232 361	1 476 957
20. rok	449 598	5 561 455	280 228	2 525 445	234 837	1 711 794