



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra elektrotechnologie**

**Štúdia ekonomického a ekologického prínosu recyklácie fotovoltaických
panelov v ČR a SR**

**Economic and Environmental Benefits of Recycling Solar Panels in the
Czech republic and Slovakia**

Bakalárska práca

Študijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Študijní obor: Elektrotechnika a management

Vedúci práce: Doc. Ing. Kudláček Ivan, CSc.

Milan Klempay

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Klempay** Jméno: **Milan** Osobní číslo: **439592**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Studie ekonomického a ekologického přínosu recyklace fotovoltaických panelů v ČR a SR

Název bakalářské práce anglicky:

Economic and Environmental Benefits of Recycling Solar Panels in the Czech Republic and Slovakia

Pokyny pro vypracování:

- 1) Legislativa provozu FVE elektráren v ČR a SR
- 2) Porovnání výkupních cen elektřiny FVE v ČR a SR
- 3) Recyklace FVE panelu v ČR, SR (ekonomické a legislativní dopady)
- 4) Ekonomický dopad recyklace FVE panelů po konci životnosti FVE Dolne Mladonice s instalovaným výkonem 250 kWe.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kudláček I., Kolář M.: Elektrotechnické výrobky a možnosti jejich recyklace. Ročenka Elektro 2001, str. 206 - 234.
- [2] Elektroodpad - Směrnice EU 2002/96/ES a 2002/95/ES
- [3] Božek F., Urban R., Zemánek Z. Recyklace - 1. vydání Moraviatisk Vyškov, 2003, 238 str. ISBN 80-238-9919-8

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Ivan Kudláček CSc., katedra elektrotechnologie FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som predloženú bakalársku prácu na tému „Štúdia ekonomického a ekologického prínosu recyklácie fotovoltických panelov v ČR a SR“ vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a že som na konci práce uviedol všetky použité informačné zdroje v súlade s Metodickým pokynom o dodržovaní etických princípov pri príprave vysokoškolských záverečných prác.

V Prahe, dňa

Podpis autora

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval doc. Ing. Ivanovi Kudláčkovi, CSc. za konzultácie a pomoc pri tvorbe bakalárskej práce. Ďakujem aj spoločnosti Tymal, s.r.o. za poskytnutie údajov o ich fotovoltickej elektrárni.

Abstrakt

Bakalárska práca sa zoberá širším spektrom problematiky fotovoltaických elektrární. Dôraz je kladený hlavne na náležitosti spojené s prevádzkou a následnú recykláciu na konci životného cyklu. Túto tému som zvolil z dôvodu jej aktuálnosti v krajinách Európskej únie. V prvej časti rozoberám legislatívu spojenú s prevádzkou fotovoltaických elektrární, ktorá z veľkej časti udáva smer rozvoja fotovoltaiky v Česku a na Slovensku. Druhá kapitola sa zameriava na porovnanie výkupných cien slnečnej energie medzi Slovenskom a Českom v priebehu rokov a sleduje tak postupný vývoj tohto segmentu energetiky. Tretia kapitola sa zameriava na súčasný stav recyklácie fotovoltaického odpadu v rámci Európskej únie. Súčasťou sú tiež technológie recyklácie a nechýba ani legislatíva s ňou spojená. Štvrtá a zároveň posledná kapitola patrí prípadovej štúdii elektrárne, ktorá aj po roku 2025 bude schopná výroby elektrickej energie, ale ostane bez štátnej finančnej podpory. V závere sumarizujem výsledky svojej práce.

Kľúčové slová

Obnoviteľné zdroje, podpora obnoviteľných zdrojov, fotovoltaický panel, recyklácia

Abstract

The bachelor thesis deals with a broader spectrum of photovoltaic power plants. Emphasis is placed mainly on operational and subsequent end-of-life recycling. I chose this topic because of its recency in European union countries. In the first part I will discuss the legislation related to the operation of photovoltaic power plants, which greatly influences the direction of photovoltaic development in the Czech Republic and Slovakia. The second chapter focuses on the comparison of the purchase prices of solar energy between Slovakia and Czech Republic over the years, following the gradual development of this energy segment. The third chapter focuses on the current state of photovoltaic waste recycling within the European Union. It also analyzes recycling technologies and legislation connected to the latter. The fourth and the last chapter includes a case study of a power plant that after 2025 will be still able to produce electricity, but will remain without state incentives. At the end of my thesis I summarize the outcome of my work.

Keywords

Renewable sources, renewable energy subsidies, photovoltaic module, recycling

Obsah

Úvod.....	7
1 Legislatíva prevádzky FVE elektrární v ČR a SR	8
1.1 Povinnosti vyplývajúce z európskej legislatívy	8
1.2 Legislatíva Slovenskej republiky	9
1.3 Legislatíva Českej republiky.....	11
2 Porovnanie výkupných cien elektriny FVE v ČR a SR	13
2.1 Podporné mechanizmy OZE v EÚ	13
2.2 Výkupné ceny elektriny z FVE v SR	14
2.3 Výkupné ceny elektriny z FVE v ČR.....	17
3 Recyklácia fotovoltaických panelov v ČR, SR	20
3.1 Legislatívne dopady v ČR a SR	20
3.2 Rozdelenie panelov	22
3.2.1 Prvá generácia.....	22
3.2.2 Druhá generácia	24
3.3 Spôsoby recyklácie.....	25
3.3.1 Termicko-chemická metóda	26
3.3.2 Mechanicko-chemická metóda	27
3.4 Recyklácia v ČR a SR	28
4 Ekonomický dopad recyklácie FVE panelov po konci životnosti FVE Dolné Mladonice 250kWe.....	30
4.1 Posúdenie	30
4.2 Ekonomické vyhodnotenie.....	31
4.2.1 Tvorba modelu.....	31
4.2.2 Vstupy	33
4.2.3 Varianty prevádzky FVE pre roky 2010 – 2025	34
4.2.4 Varianty prevádzky FVE po roku 2025	35
4.2.5 Vyhodnotenie.....	38
Záver	38
Literatúra.....	40
Zoznam obrázkov	44
Zoznam tabuliek	44
Zoznam príloh.....	45

Úvod

Obnoviteľné zdroje a najmä fotovoltaické elektrárne v Českej republike a na Slovensku zažívajú turbulentné obdobie, ktoré sa začalo takzvaným solárnym boomom. Bohatú podporu solárnej energie vystriedala v krátkom čase nulová dotácia pre väčšie výkonové celky, z čoho vyplýva takmer minimálny medziročný nárast v inštalovanom výkone fotovoltaických elektrární. Vo svete je ale pozorovateľný rastúci trend. V roku 2015 množstvo inštalovaného výkonu solárnych elektrární narástlo na hodnotu 227,1 GW a predpokladá sa ďalší rast, hlavne v rozvíjajúcich sa ekonomikách. Čína posunula Nemecko na druhú priečku a India ako vychádzajúca hviezda v odvetví pridala ku 3 GW ďalšie 2 GW inštalovaného výkonu.

Čo však spája všetky krajiny je zodpovednosť za dožitú panely a vôľa napredovať k trvalej energetickej udržateľnosti. Vzhľadom na obsah vzácnych a toxických látok panelov je recyklácia nevyhnutná. Hoci najväčšie množstvo solárneho odpadu bude okolo roku 2030, už dnes je potrebné sa touto problematikou zaoberať. Európsky parlament podnikol prvý krok k riešeniu tohto vychádzajúceho problému tým, že zaradil panely do zoznamu odpadov elektrických a elektronických zariadení.

Pre dobré pochopenie situácie na Slovensku a v Česku približujem legislatívu spojenú s prevádzkou fotovoltaickej elektrárne, následne sa zameriavam na minulé a terajšie podporné schémy určené pre rozvoj obnoviteľných zdrojov energie. V práci sú popísané spôsoby recyklácie, ktoré sú už dnes komerčne využívané a nechýba ani legislatíva, ktorá priamo formuje prístup k recyklácii na Slovensku a v Česku.

Vedomosti, ktoré som nadobudol pri tvorbe bakalárskej práce sa v poslednej kapitole snažím využiť na prípadovej štúdiu elektrárne, na ktorej prezentujem viacero možných variant vývoja elektrárne na konci jej životného cyklu. Skúmam výhodnosť z ekonomického a environmentálneho hľadiska.

1 Legislatíva prevádzky FVE elektrární v ČR a SR

1.1 Povinnosti vyplývajúce z európskej legislatívy

Európska únia si stanovila ambiciózne ciele v rámci stratégie EÚ 2020 v oblasti zmeny klímy a energetickej udržateľnosti. Vzhľadom na rozličnosť členských krajín, ich sociálno-ekonomickú vyspelosť a rôznorodé príležitosti budovanie energetickej infraštruktúry je samozrejmé, že spoločné ciele 20-20-20¹ môžu byť dosiahnuté len vtedy, ak budú vytvorené spoločné základné pravidlá pre podporu využívania obnoviteľných zdrojov energie (ďalej len „OZE“).

Podporu dosiahnutia týchto cieľov už podopiera niekoľko legislatívnych aktov Únie ako je systém Únie na obchodovanie s emisiami, smernica 2009/28/ES o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie a smernica 2009/30/ES o kvalite palív. Platnosť týchto usmernení je do roku 2020 a majú mať ďalšiu nadväznosť pre dlhodobý cieľ znížiť emisie skleníkových plynov EÚ o 80-95% do roku 2050. Ďalším podporným strategickým dokumentom je Roadmap 2050, ktorý počíta s viacerými scenármi a navrhuje kroky potrebné k tomu, aby produkcie skleníkových plynov v roku 2050 boli minimálne o 80% nižšie ako v roku 1990. Jedna z najvýznamnejších častí tohto projektu je založená na 40-80 %-nom podiele OZE na vyrobenej elektrickej energii podľa zvolenej stratégie.

Aký energetický mix a podporný mechanizmus si pre OZE zvolia jednotlivé štáty, na to aby dosiahli daný podiel je na nich. V novembri 2013 komisia európskeho parlamentu poskytla ďalšie usmernenie k systémom podpory energie z obnoviteľných zdrojov a k využívaniu mechanizmov spolupráce na dosiahnutie cieľov v oblasti energie z obnoviteľných zdrojov pri nižších nákladoch. Usmernenia sa týkala aj kompletná revízia dotácií, ktoré môžu členské štáty poskytovať sektoru obnoviteľných zdrojov energie, pričom sú uprednostňované obstarávaná, výkupné prémie a povinné kvóty pred bežne používanými výkupnými tarifami.

¹ 20% zníženie emisií skleníkových plynov v porovnaní s rokom 1990, zvýšenie energetickej účinnosti tak, aby bola energetická spotreba o 20% nižšia v porovnaní s plánovanou výškou energetickej spotreby, 20% podiel OZE na konečnej energetickej spotrebe EÚ a 10% podiel bio palív v spotrebe pohonných hmôt a to všetko do roku 2020.

Klimaticko-energetický balíček schválený v roku 2009 je zložený zo štyroch základných legislatívnych predpisov. Smernica, ktorá svojím znením najviac zasahuje do FVE 2009/28/EC, stanovuje ciele a zároveň je ich ústredným prostriedkom ako dosiahnuť 20% podiel OZE na konečnej spotrebe EÚ v roku 2020. Tento hlavný míľnik bol rozčlenený na záväzné vnútroštátne ciele vzhľadom na rozdielne východiskové pozície členských štátov. [1,2]

Tabuľka 1 Podiel OZE na celkových energetických potrebách pre ČR,SR a EÚ [3]

Krajina / Únia	Podiel energie z OZE na hrubej konečnej energetickej spotrebe v roku 2004	Stav k roku 2015	Cieľ týkajúci sa energie z OZE na hrubej konečnej energetickej spotrebe v roku 2020
Slovenská republika	6,4 %	12,9 %	14 %
Česká republika	6,8 %	15,0 %	13 %
Európska únia	8,5 %	16,7 %	20 %

1.2 Legislatíva Slovenskej republiky

Až na jasne definované výnimky je akákoľvek výroba elektriny zo zákona podnikaním a s tým súvisia aj všetky právne náležitosti v oblasti podnikania.

Rok 2010 bol prvým uceleným rokom, kedy sa začala podporovať výroba elektriny z OZE. Zákon č. 309/2009 Z.z. v znení neskorších predpisov o podpore obnoviteľných zdrojov energie (ďalej len „zákon o OZE“) a vyhlášky Úradu pre reguláciu sieťových odvetví (ďalej len „ÚRSO“), ktoré okrem iného stanovujú aj výšku výkupných cien elektriny, dnes určujú akým smerom sa bude Slovensko uberať pri podpore OZE.

Podľa § 3 zákona č. 309/2009 Z.z.:

- (1) Podpora výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov energie a podpora výroby elektriny vysoko účinnou kombinovanou výrobou sa zabezpečuje:
 - a) prednostným
 1. pripojením zariadenia na výrobu elektriny do regionálnej distribučnej sústavy,
 2. prístupom do sústavy,
 3. prenosom elektriny, distribúciou elektriny a dodávkou elektriny,
 - b) odberom elektriny prevádzkovateľom regionálnej distribučnej sústavy, do ktorej je zariadenie výrobcu elektriny pripojené za cenu elektriny na straty,
 - c) doplatkom,

- d) prevzatím zodpovednosti za odchýlku prevádzkovateľom regionálnej distribučnej sústavy [4]

Stručná časová os zmien v zákone o OZE týkajúcich sa priamo fotovoltaických elektrární (ďalej len „FVE“):

- Rok 2009, schválenie zákona o OZE do praxe zaviedol 15 ročnú garanciu výkupnej ceny elektriny, ďalej bolo v §6 ustanovené, že cena elektriny určená úradom na nasledujúce obdobie, ktoré nepresiahne tri roky, nesmie byť nižšia ako 90% ceny platnej, z predošlých rokov.
- Rok 2011, zákon č. 558/2010 Z.z. ukončuje podporu výstavby FVE s inštalovaným výkonom nad 100 kW. Úrad vydal vyhlášku č. 225/2011Z.z., ktorá stanovuje, že FVE uvedená do prevádzky od 1.6.2011 do 31.12.2011 bude podporovaná len ak jej inštalovaný výkon je do 100 kW a zariadenie je umiestnené na strešnej konštrukcii alebo obvodovom plášti jednej budovy spojenej so zemou pevným základom. Novela zákona o OZE priniesla zmenu aj v tom, že úradom určená cena elektriny vyrobenej zo slnečnej energie na nasledujúce obdobie, ktoré nepresiahne tri roky, môže byť nižšia ako 90% ceny platnej v období, v ktorom úrad cenu určil.
- Rok 2013, schválený zákon č. 30/2013 Z.z., ktorý zmenil a doplnil zákon o OZE. Zákon ustanovuje, že podpora FVE formou doplatku sa vzťahuje len na zariadenia výrobcu elektriny s celkovým inštalovaným výkonom do 30kW s tou istou podmienkou inštalácie na budove.

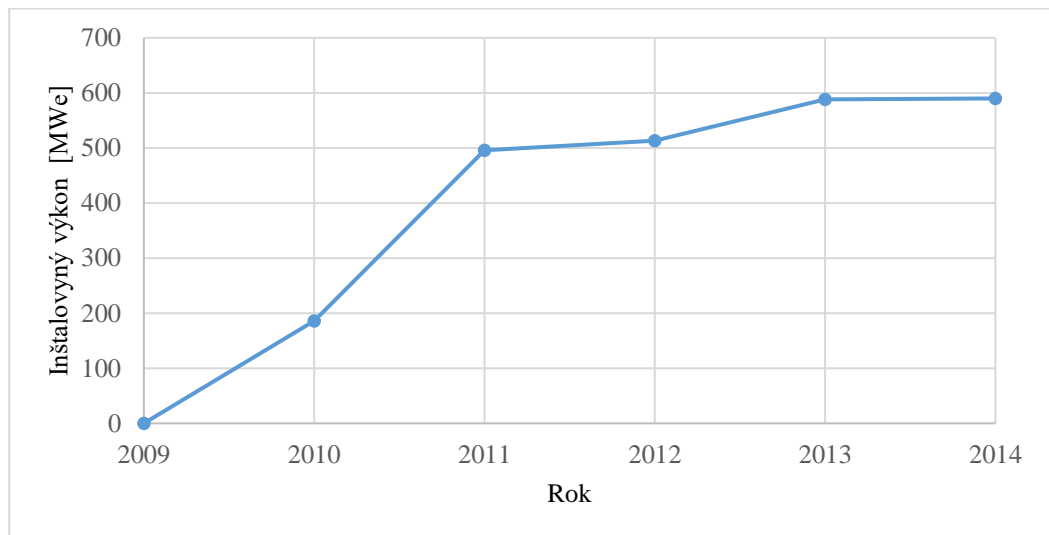
Dnes najaktuálnejšia vyhláška ÚRSO č. 18/2017Z.z. z 8. februára 2017, priamo určuje pevnú cenu v eurách na megawatt hodinu zo slnečnej energie len pre výrobcov elektriny s celkovým inštalovaným výkonom zariadenia do 30kW, ktoré je umiestnené na strešnej konštrukcii alebo obvodovom plášti jednej budovy spojenej so zemou pevným základom.

Celkový plán Slovenska vo fotovoltaike nasleduje trend menších inštalácií na strechách alebo fasádach budov. Od 14. augusta 2015 sa v rámci operačného programu Kvalita životného prostredia v súlade s národným projektom Zelená domácnostiam zaviedli nové Všeobecné podmienky na podporu využitia OZE v domácnostiach. Domácnosti môžu

v rámci projektu získať príspevok na malé fotovoltaické zariadenie s výkonom do 10 kW, ktoré im umožní premeniť slnečnú energiu na elektrinu. [5]

S rastúcim počtom zelených elektrární sa zvyšujú aj náklady spojené s prevádzkou siete. Vyšší podiel OZE v energetickom mixe krajiny je krytý cez tarifu za prevádzkovanie systému(TPS), ktorú platí koncový zákazník a do štruktúry koncovej ceny elektriny sa premieta približne 14 %-mi. Na tarife TPS ma práve najväčší podiel energia z OZE a to konkrétne 64% v roku 2015.[6]

Zmeny v legislatíve sa premietajú na výkupných cenách, čo priamo súvisí so stavbou FVE v jednotlivých rokoch.



Obrázok 1 Inštalovaná kapacita FVE v SR [7]

1.3 Legislatíva Českej republiky

Tak ako na Slovensku tak aj v Česku patrí výroba energie až na jasne stanovené výnimky k podnikaniu, preto potrebuje pre svoje napredovanie stabilné zákonné a regulačné prostredie. Ak sa prevádzkovateľ FVE rozhodne danú FVE pripojiť do distribučnej siete, potom sa na základe licencie, ktorú mu vydá Energetický regulačný úrad (ďalej len „ERÚ“) stane podnikateľom v obore energetika.

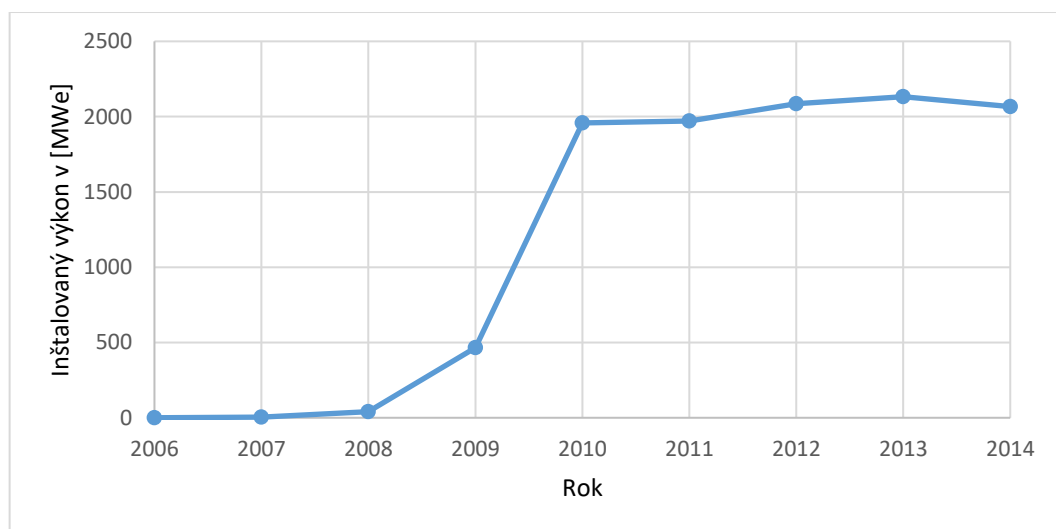
Hlavnými predpismi, ktoré upravujú prevádzkovanie FVE je energetický zákon č. 458/2000 Sb. (ďalej len „energetický zákon“) a zákon č. 165/2012 Sb.

o podporovaných zdrojoch energie (ďalej len „POZE“). Tento zákon zároveň k 01.01.2013 ruší zákon č.180/2005 o podpore výroby elektriny z OZE.

Formy akými sa realizuje podpora OZE v ČR zo zákona č.165/2012Sb.:

- §7 stanovuje, že prevádzkovateľ prenosovej sústavy alebo prevádzkovateľ distribučnej sústavy je povinný na svojom vymedzenom území prednostne pripojiť výrobnú elektrinu z podporovaného zdroja.
- Podľa § 8 sa podpora elektriny uskutočňuje formou zelených bonusov na elektrinu alebo výkupných cien.
- §9 o zelenom bonuse na elektrinu. Bonus je možné uplatniť na dodanie elektriny do siete a jej predaj, tak aj na vlastnú spotrebu. Existujú dva druhy zelených bonusov, ročný zelený bonus a hodinový zelený bonus. Úlohou hodinového bonusu je motivovať výrobcov elektrickej energie, vyrábať, hlavne v prevádzkových špičkách.

Ak porovnáme súčasné právne nariadenia s tými zo zákona č.180/2005 vidíme obrovský rozdiel v podpore OZE najmä v prípade výroby elektrickej energie z FVE. Tak ako pri garantovaných výkupných cenách, aj pri zelených bonusoch dochádza k postupnému znižovaniu podporovaných kategórií. Od roku 2014 majú na zelený bonus nárok len novopostavené alebo zrekonštruované zariadenia vodných elektrární s maximálnym inštalovaným výkonom do 10 MW a biomasa, a ďalej už len geotermálne a veterné elektrárne s maximálnym inštalovaným výkonom do 100 kW. To sa priamo prejavilo na výstavbe nových FVE a tým aj na inštalovanom výkone v jednotlivých rokoch. [8,9]



Obrázok 2 Inštalovaná kapacita FVE v ČR [10]

Plán Českej republiky k trvalej udržateľnosti je podporovaný Národným akčným plánom Českej republiky pre energiu z obnoviteľných zdrojov. Ďalej projektom Operačný program Podnikania a inovácie pre konkurencieschopnosť a investičnou pomocou v rámci programu Nová zelená úsporám (NZÚ). Tieto mechanizmy sú bližšie popísané v kapitole o výkupných cenách.

Vyšší podiel OZE sa odráža konečnému odberateľovi elektrickej energie na cene nákladov pre podporované zdroje energie. Túto cenu určuje ERÚ v závislosti od toho, z akej späťovej hladiny sa elektrina odoberá. [11]

2 Porovnanie výkupných cien elektriny FVE v ČR a SR

2.1 Podporné mechanizmy OZE v EÚ

Výkupné ceny v ČR a SR sa vyvíjali hlavne v závislosti od podporných mechanizmov. V jednotlivých štátoch EÚ sa nájde množstvo druhov podporných systémov z dôvodu geografickej polohy a prírodných daností krajiny. Najviac rozšírenou podporou v rámci EÚ sú finančné stimulácie vo forme stanovovania výkupných cien. Pri porovnaní povinných kvót a výkupných cien, som sledoval podporu OZE v členských štátoch. Záver, ku ktorému som dospel ukazuje, že väčší prienik OZE bol zaznamenaný pri mechanizme výkupných cien. Systém ma nespornú výhodu pre investorov v podobe garancie stability výkupných cien, no prináša so sebou viaceré riziká. Nielenže dochádza k zvýšeniu ceny elektriny, ale nárast OZE má vplyv aj na stabilitu a bezpečnosť elektrizačnej sústavy a pri neskorom zareagovaní na trh s fotovoltickými panelmi dochádza k neprimeranej podpore zariadení.

Podľa dokumentu vydaným európskou komisiou s názvom „Usmernenie o štátnej pomoci v oblasti ochrany životného prostredia a energetiky na roky 2014-2020“, by sa pomoc energiám z obnoviteľných zdrojov mala realizovať nasledovne:

- Pomocou trhových nástrojov, ako sú aukcie alebo súťažné ponukové konanie, otvorené pre všetkých výrobcov elektrickej energie z OZE súťažiacich za rovnakých podmienok na úrovni európskeho hospodárskeho priestoru by mali

obyčajne zabezpečiť, že dotácie sa znížia na minimum s ohľadom na ich úplne ukončenie

- Diverzifikáciou technológií, z čoho by mala vyplývať väčšia stabilita sústavy.[12]

2.2 Výkupné ceny elektriny z FVE v SR

Pri stanovovaní výkupných cien na Slovensku, Úrad pre reguláciu sieťových odvetví vychádza z vlastných analýz a podkladov získaných priamo od výrobcov technológií. Výpočet výkupnej ceny elektriny sa uskutočňuje pre rôzne inštalované výkony tak, aby boli primerane zohľadnené špecifiká nákladov na výstavbu a prevádzku FVE. Investičné náklady, režijné náklady, úroky z úverov, osobné náklady a kalkulovaný zisk sú zahrnuté do výpočtu. Pri výpočtoch sa predpokladá životnosť solárnych panelov daná výrobcom 30 rokov. Výrobca zaručuje, že po 20 ročnej prevádzke nepoklesne účinnosť výkonu pod 80 %. Hodnota investície sa do nákladovej ceny premieta prostredníctvom ročných odpisov. Zákon č. 595/2003 Z.z. o dani z príjmov v neskoršom znení zaradzuje fotovoltické panely do druhej odpisovej skupiny, tj. doba odpisu 6 rokov. Samotná FVE je rozdelená do dvoch častí a to stavebná časť s dobou odpisovania 12 a 20 rokov, a technologická časť s dobou odpisovania 6 a 8 rokov v závislosti na odpisovej skupine.

Hodnota investičných nákladov zahŕňa projektovú dokumentáciu, dodávku fotovoltického systému, inštaláciu solárnych panelov, striedačov a elektrických rozvodov vrátane vyvedenia výkonu do distribučnej sústavy. Technologický pokrok spôsobil to, že v roku 2008 ceny fotovoltických panelov predstavovali približne 70-80 % z celkovej investície. Dnes je to už menej ako 50 %.

Na skutočnosť vysokých garantovaných cien pružne zareagovali výrobcovia fotovoltických panelov, čo sa však nepodarilo zachytiť úradom a výkupné ceny ponechali na hodnotách z predošlých rokov. Neskôr však úrad prišiel s viacerými zmenami, ktoré sa dajú najlepšie prezentovať v nasledujúcej tabuľke. [13]

Tabuľka 2 Vývoj výkupných cien elektriny z FVE v SR v €/MWh [13,14]

inšt. výkon			30kW- 100kW vrátane	100kW- 1MW vrátane	1-4MW vrátane	nad 4MW
obdobie		do 30kW				
2008		424,88	424,88	424,88	424,88	424,88
2009		448,12	448,12	448,12	448,12	448,12
2010		430,72	430,72	425,12	425,12	425,12
2011	I. polrok	387,65	387,65	387,65	382,61	382,61
	II. polrok	259,17	259,17	Od 1.6.2011 sa cena elektriny určuje len pre zariadenie s výkonom do 100 kW, ktoré spĺňa danú podmienku miesta inštalácie		
2012	I. polrok	194,54	194,54			
	II. polrok	119,11	119,11			
2013	I. polrok	119,11	119,11			
	II. polrok	98,94	Od 1.7.2013 sa cena elektriny určuje len pre zariadenia s výkonom do 30kW, ktoré je umiestnené na strešnej konštrukcii alebo obvodovom plášti jednej budovy spojenej so zemou pevným základom			
2014		98,94				
2015		88,98				
2016		88,89				
2017		84,98				

Cenovú reguláciu zvierajú turbulentné obdobie. Cenové rozhodnutia a vyhlášky sa menia, rušia a vracajú späť. Úrad v snahe vykompenzovať neskorú reakciu na trh vo fotovoltaickom odvetví z roku 2010 zaviedol vyhláškou 221/2013 Z.z. kontroverzný G-komponent. Ide o platbu za rezerváciu výkonu výrobcu elektriny, ktorá platí aj pre FVE. Platba má dve podoby, podľa §19 zdroj(výrobca) pripojený do prenosovej sústavy (SEPS a.s.) platí za prenesený tovar (elektrinu) 0,5 €/MWh. Druhú variantu vymedzuje §26, zdroj pripojený do distribučnej siete (ZSE-D, SSE-D a VSD) platí za možnosť byť pripojený. Výpočet celkovej ceny je komplikovaný, no Slovenská asociácia fotovoltaického priemyslu (ďalej len „SAPI“) uvádza približný údaj 20 000 € za pripojený MW na rok. V cene tovaru elektriny sa to líši podľa zdroja, ide ale o rozmedzie od 2,2 €/MWh až po 20 €/MWh. SAPI podala prípad na Ústavný súd, ktorý rozhodol

o protiústavnosti G-komponentu. Momentálne sa jedná hlavne o legislatívny problém, keďže úrad nezohľadňuje Nález Ústavného súdu. G-komponent je v súčasnosti naďalej účtovaný. Ak výrobca odmieta čiastku platiť, je mu strhávaná priamo z výkupnej ceny.

J. Novák z ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky v rozhovore pre týždenník Trend uviedol, že v prípade, že sa na Slovensku budú ešte niekedy realizovať väčšie projekty pre nové zelené elektrárne, podpora nebude vedená cez systém garancie výkupných cien. Pravdepodobne sa bude prihliadať na usmernenie o podpore OZE od európskej komisie, tým pádom sa pôjde cez systém cenových akcií a stavať budú len tí najlacnejší investori. [12,15]

Pri už spomínanom projekte Zelená domácnostiam, sa podpora fotovoltického zariadenia uskutočňuje formou poukážok na výstavbu zariadenia s výkonom do 10 kW. Maximálny príspevok na zariadenie je 2 550 € a nesmie presiahnuť 50 % ceny celkovej inštalácie. Doplnkom je ešte maximálny 900 € bonus za akumuláciu, aby mohli domácnosti zmierniť nesúlad medzi časom, kedy zariadenie za slnečných dní elektrinu vyrába a kedy sa elektrina v rodinnom dome spotrebúva. Prebytočná elektrina, ktorú nedokáže domácnosť spotrebovať, je dodávaná do distribučnej sústavy bezodplatne.

Príspevok sa vyratúva nasledovne:

- 1 100 €/kW, ak celkový výkon inštalácie nepresiahne 1 kW.
- 1 10 0€ + 900 €/kW, ak celkový výkon presiahne 1 kW.
- Bonus za akumuláciu je 180 €/kWh, kapacita akumulátora je podporovaná len v rozsahu výroby elektriny za 2 hodiny pri podporovanom výkone inštalovaného zariadenia stanovenom pri štandardných testovacích podmienkach. Maximálna kapacita batérie na inštaláciu je 5 kWh.

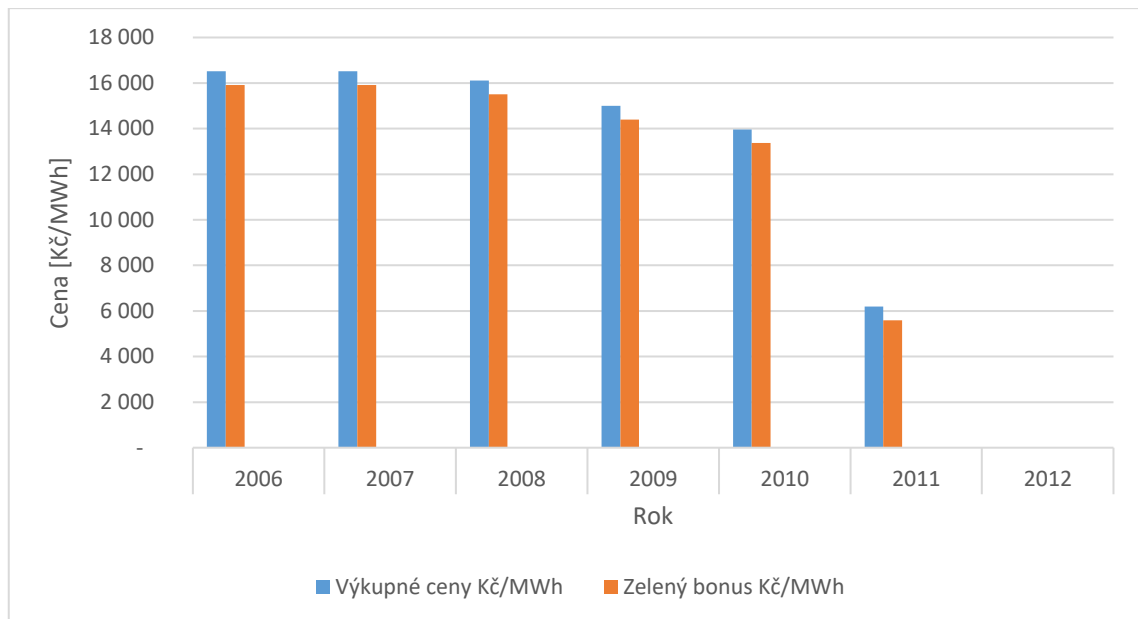
Tabuľka 3 Harmonogram plánovaných kôl v projekte Zelená domácnostiam s indikatívnymi alokáciami [16]

Kolo	Dátum	Zariadenie	Alokácia BSK(€)	Alokácia mimo BSK(€)	Odhadovaný počet poukážok	Vydaný počet poukážok
6.	4.4.2017	teplo		2 000 000	980	992
7.	18.4.2017	elektrina		1 000 000	366	339
8.	2.5.2017	teplo		1 500 000	735	767
9.	16.5.2017	elektrina		650 000	238	
10.	23.5.2017	teplo	1 200 000		588	
11.	30.5.2017	teplo		1 100 000	539	
12.	13.6.2017	elektrina		450 000	165	
13.	27.6.2017	teplo		1 100 000	539	
14.	11.7.2017	elektrina		450 000	165	
15.	8.8.2017	teplo		1 100 000	539	
	9.- 11.2017	teplo a elektrina		4 450 000	2 003	
Spolu			1 200 000	13 800 000	6 857	

Celkový rozpočet projektu do roku 2018 je 45 000 000 €. K 19.4.2017 už bolo využitých pre všetky kraje Slovenska 18 034 969 €. V prvých ôsmich kolách bolo rozdanych 11 128 poukážok. Počet fotovoltických zariadení, ku ktorým boli využité alebo sú rezervované prostriedky na výstavbu je 2103 zariadení ku dňu 19.4.2017. Ak domácnosť poukážku nevyužije do 30tich dní, suma na ktorú bola poukážka vydaná je posunutá do ďalšieho kola.[16]

2.3 Výkupné ceny elektriny z FVE v ČR

ERÚ stanovuje výkupné ceny a zelené bonusy pre elektrickú energiu z OZE na základe svojich metód. Zmeny vo vývoji výkupných cien z FVE v ČR sa dajú najlepšie prezentovať tabuľkou v prílohe 1. a grafom.



Obrázok 3 Výkupné ceny a zelený bonus v priebehu rokov pre FVE s inštalovaným výkonom 100 a viac kW [17]

Neskorá reakcia na prudký pokles cien panelov bola následkom limitu medziročného poklesu výkupnej ceny, ktorý ustanovoval, že výkupná cena nesmie klesnúť pod 95 % ceny predchádzajúceho roku. Novela zákona č. 180/2005 Sb. upravujúca možnosť medziročného zníženia výkupnej ceny o viac než 5 % prišla až v roku 2011. Ďalšia novela zákona o podpore aj pre FVE uvedené do prevádzky od 1.1.2014 úplne zastavila podporu.[1, 17,18]

V snahe kompenzovať premrštenú výšku výkupných cien a zelených bonusov sa 1.1.2011 prijala novela zákona č. 180/2005 Sb., ktorý zavádza Odvody zo solárnej elektriny vo výške 26 % pre výrobu v režime priameho výkupu alebo, 28 % zo zelených bonusov pre elektrárne uvedené do prevádzky v rokoch 2009 a 2010. Ďalšia novela spojená už so zákonom č. 165/2012 Sb., na rozdiel od pôvodnej právnej úpravy, ktorá bola obmedzená na roky 2011 až 2013, stanovuje, že solárny odvod bude vyberaný po celú dobu trvania práva na podporu. Novela zmenila aj okruh FVE, ktorých sa to týka. Po novom sa jedná o FVE s výkonom nad 30 kW, uvedené do prevádzky v období od 1.1 do 31.12.2010. Oproti predchádzajúcim 26 % za výkupné ceny a 28 % za zelený bonus sa sadzba novo stanovila na 10 %, respektíve 11% pri zelených bonusoch. [19,20]

V súčasnosti sa v Českej republike dá využiť dotácia na výstavbu fotovoltického zariadenia cez Operačný program Podnikania a inovácie pre konkurencieschopnosť

(ďalej len „OPPIK“) pre malé, stredné a veľké podniky. Domácnosti majú šancu využiť dotačný program Nová zelená úsporám. „Malé domáce elektrárne s pripojením do distribučnej siete sú podporované vo variantoch s akumulátormi aj bez nich. Elektrárneň musí byť inštalovaná na streche objektu zapísanom v katastri nehnuteľností a jej maximálny výkon je obmedzený na 10 kW. Podporované sú:

- Malé domáce elektrárne bez akumulácie elektriny, ktoré nespotrebovanú energiu využívajú pre ohrev vody, a s celkovým využiteľným ziskom väčším než 1700 kWh/rok.
- Malé domáce elektrárne s akumulátorom elektrickej energie a s celkovým využiteľným ziskom väčším než 1700 kWh/rok.
- Malé domáce elektrárne s akumulátorom elektrickej energie a s celkovým využiteľným ziskom väčším než 3000kWh/rok.“

Medzi ďalšie podmienky patrí, že na mieste musí byť spotrebovaných minimálne 70 % z celkového teoretického zisku systému a ak elektrárneň disponuje akumulátorom musí mať kapacitu minimálne 1,75 kWh/kWp inštalovaného výkonu. [21,22]

Na rozdiel od Slovenska, kde sa dotácie udeľujú formou poukážok v ČR platí tzv. kontinuálna výzva, ktorá nie je obmedzená lehotou pre podanie žiadosti o dotáciu, ale dobou trvania programu Nová zelená úsporám, a teda dátumom 31.12.2021. Od roku 2015 do konca trvania programu má byť domácnostiam z programu udelených až 27 miliárd Kč. [23]

Tabuľka 4 Výška možných dotácií na výstavbu fotovoltaického zariadenie v rámci programu NZÚ [22]

Druh zariadenia	Maximálna výška dotácie (Kč)
Solárny FV systém na prípravu teplej vody s priamym ohrevom	35 000
Solárny FV systém bez akumulácie elektrickej energie s tepelným využitím prebytkov a celkový využiteľným ziskom $\geq 1\,700$ kWh/rok	55 000
Solárny FV systém s akumuláciou elektrickej energie a celkovým využiteľným ziskom $\geq 1\,700$ kWh/rok	70 000
Solárny FV systém s akumuláciou elektrickej energie a celkovým využiteľným ziskom $\geq 3\,000$ kWh/rok	100 000

3 Recyklácia fotovoltaických panelov v ČR, SR

Množstvo nových inštalácií FVE v Európe, ale aj vo zvyšku sveta môže naraziť na problém s limitovanými zdrojmi a toxicitou určitých látok použitých v paneloch novej generácie. Aj preto sa recyklácia fotovoltaických panelov stáva naliehavou témou. Smernica európskeho parlamentu 2012/19/EÚ o odpade z elektrických a elektronických zariadení (OEEZ) pridala do zoznamu týchto odpadov aj fotovoltaické panely. Uvádza, že fotovoltaické panely by mali byť zbierané a zhodnocované za podmienok ustanovených v smernici. Táto smernica musela byť implementovaná všetkými krajinami EÚ koncom februára 2014. Zo smernice plynie predĺžená zodpovednosť výrobcu za výrobok, ktorá zahŕňa spätný odber a recykláciu. Využitie elektroodpadu zo solárnych panelov musí byť v rozsahu najmenej 85 % priemernej hmotnosti panelu a príprava na opätovné použitie a recykláciu odpadu zo solárnych panelov v rozsahu najmenej 80 % jeho priemernej hmotnosti. [24, 25, 26]

Odpad z fotovoltaických panelov, môže predstavovať zdroj znečistenia životného prostredia, pretože obsahuje látky ako olovo, kadmium, chróm a bizmut. Z technologickej stránky je ale recyklácia fotovoltaických panelov zvládnutá. Nanešťastie, implementácia je v súčasnosti obťažná z dôvodu slabej infraštruktúry pri zbere. Štúdia², ktorá sa zaoberá recykláciou fotovoltaického odpadu v Taliansku³ prišla so záverom, že ziskovosť projektu výstavby recyklačnej linky by bola zaručená len pri jej plnom využití. Avšak domnievam sa, že vďaka zmenám v smernici 2012/19/EÚ a v postojoch jednotlivých vlád, by mohla nastať zmena. [24, 25, 27]

3.1 Legislatívne dopady v ČR a SR

„Recykláciu solárnych panelov nariaďuje Európska smernica a novela zákona č. 185/2001 Sb. o odpadoch z roku 2012. Povinnosti spojené s recykláciou solárnych panelov uvedených na trh pred 1.1.2013 sú prenesené na všetkých prevádzkovateľov FVE, ktorí boli povinní do 30.6.2013 uzatvoriť zmluvu s niekým z kolektívneho systému. Úlohou týchto kolektívnych systémov je zaistiť za 15 až 20 rokov ekologickú likvidáciu solárnych panelov a v období od 1.1.2014 do 31.12.2018, tj. behom piatich rokov vybrať

² End-of-Life of used photovoltaic modules: A financial analysis [27]

³ Taliansko je po Nemecku druhý najväčší spracovávateľ FVE odpadu [38]

od prevádzkovateľov FVE recyklačný príspevok, ktorý je vyhláškou MŽP č. 352/2005 Sb. stanovený na 8,50 Kč za kilogram panelov.

Povinnosti spojené s recykláciou solárnych panelov uvedených na trh po 1.1.2013 sú prenesené na výrobcu alebo dovozcu panelov, ktorí sa musí registrovať v Zozname výrobcov elektrozariadení vedeného MŽP. Zaistiť splnenie týchto povinností ide dvoma spôsobmi: individuálnym či solidárnym systémom s poskytnutím finančnej záruky, alebo prostredníctvom kolektívneho systému.“ Podstatnou časťou vyhlášky 352/2005Sb. je tiež § 14b odstavec 7, ktorý stanovuje, že po zaistení splnenia povinností, sa prevádzkovateľ kolektívneho systému a prevádzkovateľ FVE majú finančne vysporiadať. V neposlednom rade sa recyklácie týka aj povinnosť uskutočniť rekultiváciu plochy, ak pôda bola vyňatá z poľnohospodárskeho pôdneho fondu (ZPF). Povinnosť vyplýva z §11 Vyhlášky Ministerstva životného prostredia 13/1994 Sb. [26, 28, 29]

Neziskovo hospodáriaci kolektívny systém REsolar v spolupráci s ČVUT predstavil štúdiu „Ekonomická bilancia výroby a likvidácia fotovoltických modulov v ČR“, za účelom vyhodnotenia skutočných nákladov respektíve výnosov spojených s recykláciou solárnych panelov na konci ich životného cyklu.

Štúdiá ČVUT používa pre výpočet sadzby pre minimálnu výšku príspevku a minimálnu výšku uložených peňažných prostriedkov na účelovo viazanom bankovom účte nasledovne:

$$S = N_{OS} + N_{pr} + N_{zpr} + N_{adm} - P_{ds} \quad (1)$$

kde S sa rovná sadzbe pre výpočet minimálnej výšky príspevku na 1 kilogram hmotnosti elektroodpadu

N_{OS} náklady na spätný odber a oddelený zber

N_{pr} náklady na dopravu

N_{zpr} predpokladané náklady na spracovanie (bez výnosov)

N_{adm} náklady na administratívu

P_{ds} príjmy z predaja druhotných surovín

Štúdiá vyhodnotila stanovený poplatok 8,50 Kč za kilogram panelov za prehnane vysoký a prišla so záverom, že v prípade kryštalických Si modulov sú náklady výrazne nižšie než predpokladané výnosy z predaja druhotných surovín. Sadzba pre výpočet minimálnej

výšky pri mono c-Si a multi c-Si moduloch siaha do záporných čísel, čo znamená, že recyklácia by mala byť dokonca výnosná.

Na druhej strane Talianska štúdia poukazuje na to, že výstavba recyklačnej linky v Taliansku by nebola momentálne ekonomicky výhodná. Z týchto dvoch faktov som došiel k záveru, že doprava panelov na miesto recyklácie hrá významnú úlohu v rámci celkovej udržateľnosti. Linka by bola rentabilná len v prípade plného využitia a to by bolo možné dosiahnuť len dovozom panelov z veľkých vzdialeností. [26, 28, 29, 30]

Na Slovensku sa podľa Zákona o odpadoch č. 79/2015 Z.z. fotovoltaické panely zaradili medzi elektrozariadenia kategórie 4 Spotrebná elektronika a fotovoltaické panely. Podkategóriu tvorí príslušenstvo ako káblové rozvody, meniče, meracie panely. Okrem toho sa na Slovensku neprijali zatiaľ žiadne kroky ktoré by riešili recykláciu panelov po ich životnosti. V rámci tejto práce som mal možnosť stretnúť sa s pánom Petrom Uhlíkom, ktorý v rámci Slovenskej asociácie fotovoltaického priemyslu aktívne pripomienkuje tvorbu legislatívy spojenú s FVE. Vyslovil obavu, že spoločnosti vytvorené len za účelom zisku z FVE, sa budú po ukončení dotácii hromadne rušiť a bremeno v podobe odžitých panelov ostane na majiteľoch pozemkov, čo sú v mnohých prípadoch obce. V prípade nových inštalácií by mal byť dovozca alebo výrobca panelov registrovaný v jednej z viacerých organizácii zodpovednosti výrobcov.

3.2 Rozdelenie panelov

Na trhu sa vyskytuje mnoho typov solárnych článkov, ale v súčasnosti viac než 80 % z nich dnes vyrobených, pozostáva z kryštalických kremíkových článkov. Druhý najpoužívanejší polovodičový materiál je telurid kademnatý, ktorý dovoľuje výrobu tenkovrstevných článkov. Zaoberať sa treťou generáciou v spojení s recykláciou zatiaľ nedáva zmysel, keďže je ešte na úrovni výskumu, alebo sa len dostáva na trh. V tejto generácii patrí k najzaujímavejším technológia CPV, ktorá používa šošovky na zaostrenie dopadajúceho svetla na články. [30]

3.2.1 Prvá generácia


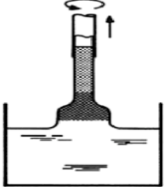
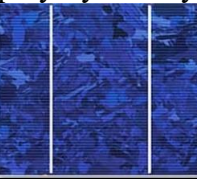

Technológia prvej generácie spočíva vo využití dvoch typov kremíka. Prvý je monokryštalický kremík, ktorého výroba je značne nákladná, preto je drahší ako

polykryštalický kremík, no jeho výhodou je lepšia účinnosť (13-19 %). Pri monokryštalickom kremíku je štruktúra homogénna a kryštalická mriežka celej vzorky je plynulá. Po odrezaní doštičiek z ingotu kremíka, nasleduje odleptanie pomliaždenej vrstvy, texturácia, čistenie povrchu a vytvorenie P-N prechodu difúziou. Pokračuje sa nanosením antireflexnej vrstvy pomocou chemickej látky (TiO₂). Príprava kontaktov je posledným krokom pred samotným skladaním panelu. Na jednom článku je v pracovnom bode okolo 0,5V, preto sa jednotlivé články prepojujú pomocou tenkého kovového pásika, vždy predný kontakt jedného článku so zadným plošným kontaktom ďalšieho. [26, 31, 32, 33]

Solárne články založené na mutlikryštalickom kremíku sú zložené z menších kryštálov a rozdiely článkov sú pozorovateľné voľným okom. Ich hlavnou výhodou je ich cena, aj keď oproti monokryštalickým článkom majú nižšiu účinnosť (11-18 %). Jedná sa o najčastejšiu používanú technológiu so zastúpením až 63 % na svetovom trhu.

Články založené na kremíkových plátoch c-Si, potvrdili svoju vynikajúcu stabilitu dôveryhodnosť v čase. Fakt, že pláty musia byť rezané z ingotu je ďalším problémom spojeným s technológiou kremíkových plátov. Monokryštalický ingot sa vyrába Czochralského metódou, ktorá je veľmi náročná na spotrebu energie a spája sa s veľkými materiálovými stratami až 68%. Články majú obmedzenú veľkosť, tenké pláty sú náchylné na poškodenie a musia byť externe montované. Pre porovnanie polykryštalické kremíkové pláty sú jednoduchšie na montáž a menej náročné na energiu a materiál. Nasledujúca tabuľka porovnáva monokryštalický a polykryštalický typ článku. [30, 31, 34]

Tabuľka 5 Prvá generácia porovnanie

Typ článku	Výroba	Účinnosť
monokryštalický 	Ťahaním 	13-19%
polykryštalický 	Odlievaním 	11-18%

3.2.2 Druhá generácia

Tenkovrstevné solárne články, sú jedna alebo viac tenkých vrstiev (1-10 μ m) polovodičového materiálu aplikovaného na pevnú a pomerne lacnú podpornú plochu napríklad sklo, plast, nehrdzavejúca oceľ. Tenké vrstvy vo veľkom množstve redukovujú množstvo polovodičového materiálu potrebného pre každý článok a preto sa považujú za cenovo výhodné. *„Články sú vytvárané drážkovaním nanosených vrstiev (najčastejšie laserom). Pri vhodnom drážkovaní sú články spojené priamo do požadovanej sérioparalelnej kombinácie bez nutnosti spájkovania. Kontaktovanie je na module uskutočnené nanosením vrstvy oxidu s veľkou šírkou zakázaného pásu, ktorý funguje ako transparentná vodivá elektróda (TCO).“* [26]

Cenová výhodnosť tenkovrstevných panelov oproti konvenčným kryštalickým Si modulom sa znižuje z dôvodu prudkého rozvoja fotovoltiky v celosvetovom meradle a hlavne v Číne.

V závislosti na materiáli, sa komerčne vyskytujú štyri typy tenkovrstevných panelov. Amorfný kremík (a-Si) je nekryštalická forma kremíku, ktorá ma amorfnú štruktúru, účinnosť (4-8%). Materiál je náchylný na degradáciu.

V druhej generácii je najčastejším polovodičovým materiálom zlúčenina telurid kademnatý (CdTe). Jedná sa o cenovo efektívny materiál, aj keď účinnosť výroby je nižšia ako u kremíka. Výsledkom je, že potrebujeme väčšiu plochu panelu na výrobu rovnakého množstva energie. Ďalším mínusom môže byť toxicita kadmia a nedostatok vzácného telúru.

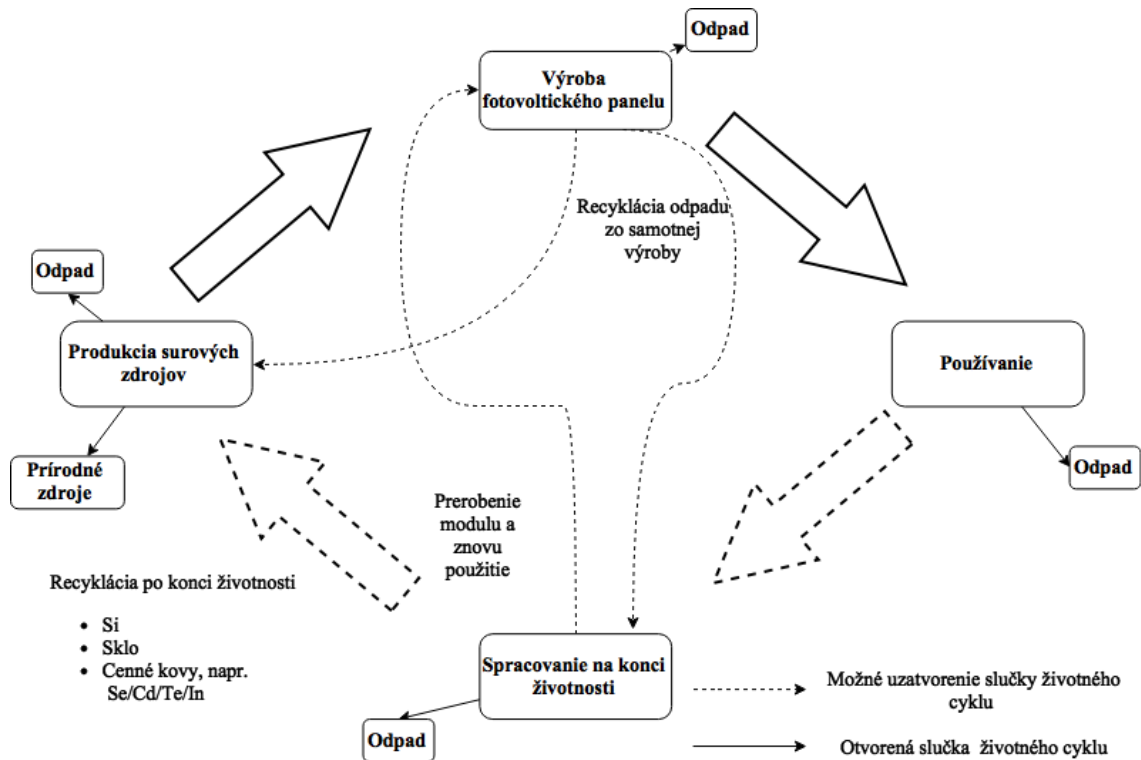
Kombinácia a-Si a mikrokryštalického kremíka (μ c Si), technológia nazývaná aj tandem, bola rozvinutá v posledných rokoch, dosahuje účinnosti 9,8 %. Jej podiel na fotovoltickom trhu je podľa zdroja malý, no mnou rozoberaná elektrárň Dolné Mladonice disponuje 2148 panelmi tohto druhu, značky Heliosphera HS 115 s menovitým výkonom 115Wp.

V neposlednom rade, články CIGS(CuInGaSe) a CIS(CuInSe) patria medzi sľubné technológie pre výrobu tenkovrstevných panelov. Dosahujú účinnosť od 7 až 12 %, ale kvôli komplikovanejšiemu výrobnému procesu sú cenovo menej dostupné. [30, 31]

Tenkovrstevné články a moduly oproti kryštalickým modulom dosahujú lepšie výsledky hlavne pri difúznom ožiarení, ich celková nižšia účinnosť musí byť ale kompenzovaná väčšou plochou, preto sa ich inštalácia hodí na miesta, kde inštalácia nie je obmedzená plochou. Väčšia plocha inštalácie so sebou nesie aj ďalší zápor, tým sú tzv. nároky na BOS (komponenty „balance of system“), ktoré môžu pri súčasnej nízkej cene c-Si článkov úplne znevýhodniť celkovú inštaláciu. [26]

3.3 Spôsobu recyklácie

Recyklácia fotovoltického odpadu nie je len o dožitých a nepoužiteľných paneloch. Dnes sa väčšina výskumných pracovníkov zaoberá, recykláciou odpadov vzniknutých pri výrobe, recykláciou panelov na konci životnosti ale aj rekonštrukciou a znovu použitím starších panelov. Recyklácia zahŕňa všetky typy panelov postavených na vyššie spomínaných článkoch, okrem panelov tretej generácie. Hlavný proces zaobchádzania panelov po konci ich životnosti môžeme rozdeliť do troch častí. Delamináciu, oddelenie materiálov a vyťaženie kovov, čistenie. Rôzne technológie môžu byť aplikované pre každú časť. [35]



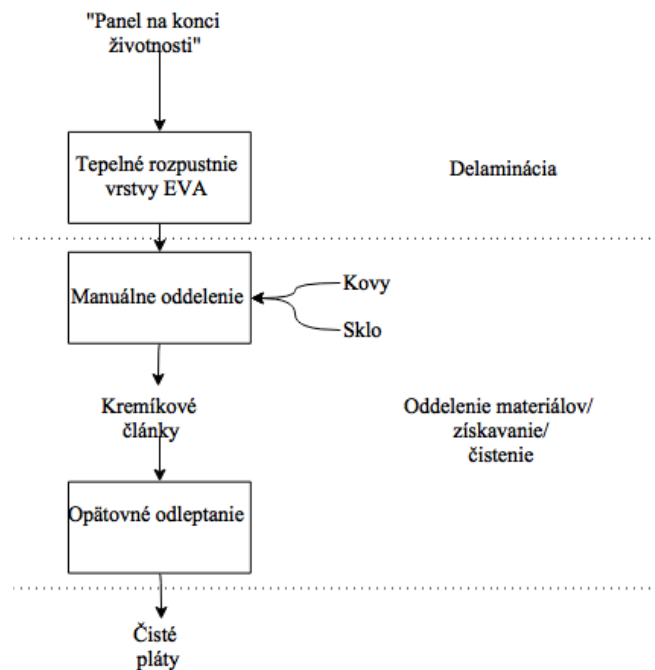
Obrázok 4 Diagram súčasného životného cyklu fotovoltaického panelu [35]

3.3.1 Termicko-chemická metóda

Metóda navrhnutá, vyskúšaná a používaná nemeckou firmou Deutsche solar. Vyznačuje sa svojou univerzálnosťou, je použiteľná pre všetky komerčne používané panely na báze kremíku. Odstránenie fólie EVA sa dá dosiahnuť za použitia chemického rozpúšťadla. Táto metóda sa ale nepoužíva z dôvodu vysokej ceny rozpúšťadla a zlého vplyvu na životné prostredie. Odstránenie fólie EVA (kopolymer etylenvinylacetát), ktorou je fotovoltaický panel zapuzdrený sa vykonáva najmä termicky.

„Fotovoltaický panel sa vloží do špeciálnej pece, kde sa nastaví teplota nad hodnotu 500 °C v SiO₂ atmosfére. Po prekročení tejto teploty sa všetky plastové časti fotovoltaického panelu odparia, čo umožňuje oddelenie jednotlivých častí fotovoltického panelu. Odparené plasty sa po tomto procese nachádzajú v plynnom skupenstve a sú presunuté do komory pre riadené spaľovanie, v ktorej dochádza k dokonalejšiemu spaľovaniu.“ Je zrejmé, že výhoda termického odstránenia spočíva v jednoduchosti, a teda aj nižšími nákladmi pri komerčnom využití. Nevýhodou je vysoká energetická náročnosť a vysoký podiel manuálnej práce pri ručnom oddeľovaní uvoľnených častí

panelov. Danou metódou získame články, ktoré podľa štúdie PV cycle z roku 2007, môžu byť spracované na produkčnej linke a integrované do nových fotovoltaických panelov. [31, 35].



Obrázok 5 Recyklácia fotovoltaického modulu podľa SolarWorld [35]

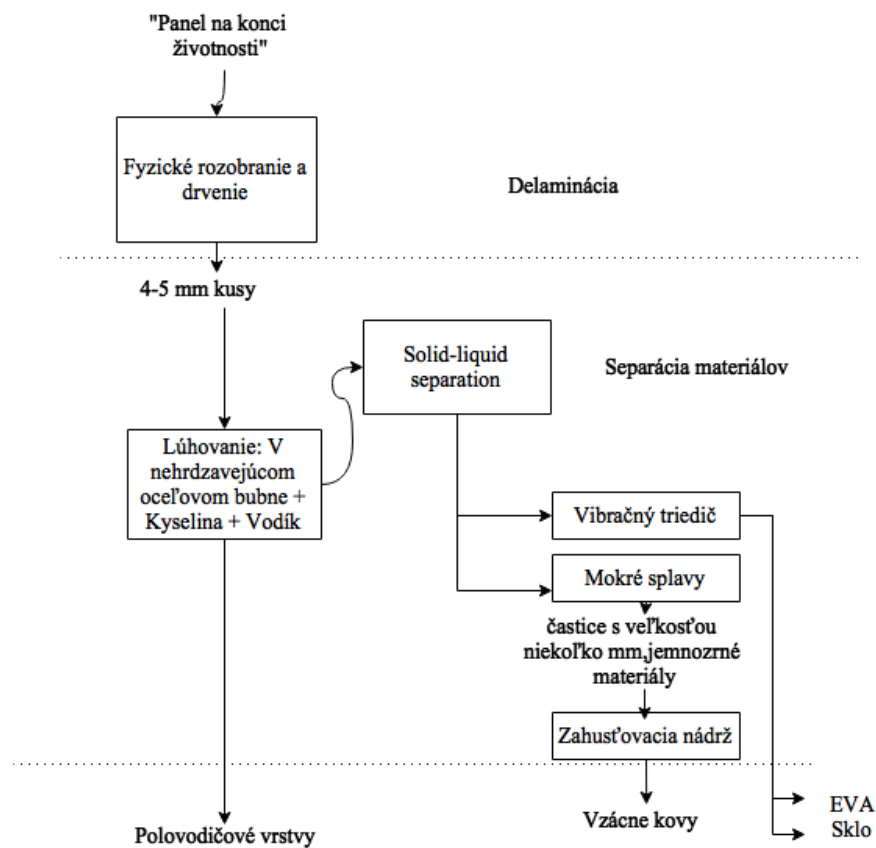
3.3.2 Mechanicko-chemická metóda

Predošlá metóda je určená predovšetkým pre kryštalické panely, ktoré majú dominantné postavenie na trhu. Mechanicko-chemická metóda nachádza uplatnenie pre tenké a krehké fotovoltaické moduly. Trend znižovania objemov materiálov môže v budúcnosti zapríčiniť znemožnenie bežnej ručnej manipulácie s článkami.

Mechanicko-chemická metóda sa zakladá na rozdrvení modulu na malé kúsky a ich následnej separácii. Tak ako pri prvej spomínanej metóde aj tu je najprv potrebné oddeliť hliníkový rám a prívodné káble panelu. Potom sú panely rozdrvené. Ďalej, pomocou niekoľkých metód separácie, ktoré využívajú rozdielnu štruktúru materiálov sú materiály vyseparované. Medzi metódy triedenia patrí napríklad vibračný triedič, ktorý oddeľuje sklo od ostatných materiálov, elektrodynamická separácia, magnetická separácia, fluidné a mokré splavy. „V elektrodynamickom separátore sa separujú materiály železa. Vo fluidných a mokrych splavoch sa využíva rôzna veľkosť mernej hmotnosti triedeného materiálu. V suchom pneumatickom fluidnom separátore sa oddeľujú častice s veľkosťou niekoľko mm a v mokrom gravitačnom splave sa oddeľujú jemnozrnné materiály.

Následne sa získavajú ťažké, vzácne a toxické prvky pomocou elektrolýzy alebo chemicky či pyrometalurgicky. Ochranné plasty sa termicky spália. Výsledkom sú pre ďalšie priemyslové využitie drvené suroviny s rôznou veľkosťou.“ [26]

Spoločnosť First solar zo Spojených štátov amerických používa obdobnú metódu pre recykláciu svojich CdTe tenkovrstevných panelov. Vo Frankfurte nad Odrou v Nemecku stavajú recyklačnú linku po vzore tej americkej. First solar svojou metódou dokáže 90 % panelu recyklovať do nových produktov. [35]



Obrázok 6 Recyklácia CdTe fotovoltaického modulu podľa First solar [35]

3.4 Recyklácia v ČR a SR

Keď použijeme konštantu K z vyhlášky 352/2005 Sb. 0,11 Wp/kg a vzorec

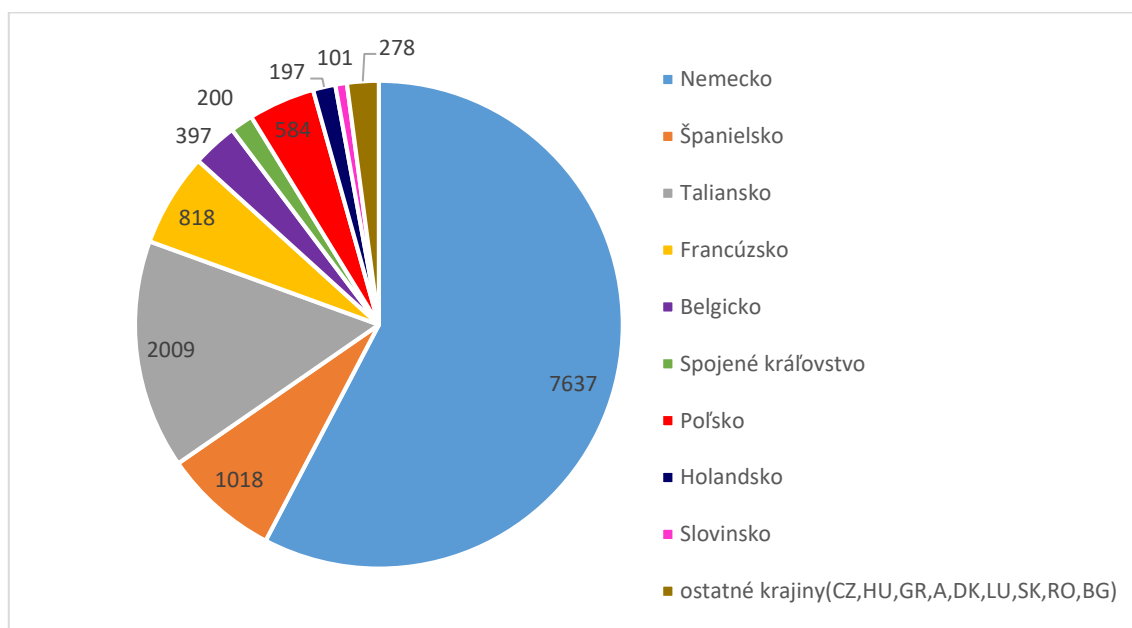
$$M = P \times K \quad (2)$$

kde M predstavuje hmotnosť solárnych panelov inštalovaných v solárnej elektrárni pre účely výpočtu minimálnej výšky príspevku uvedenú v kg.

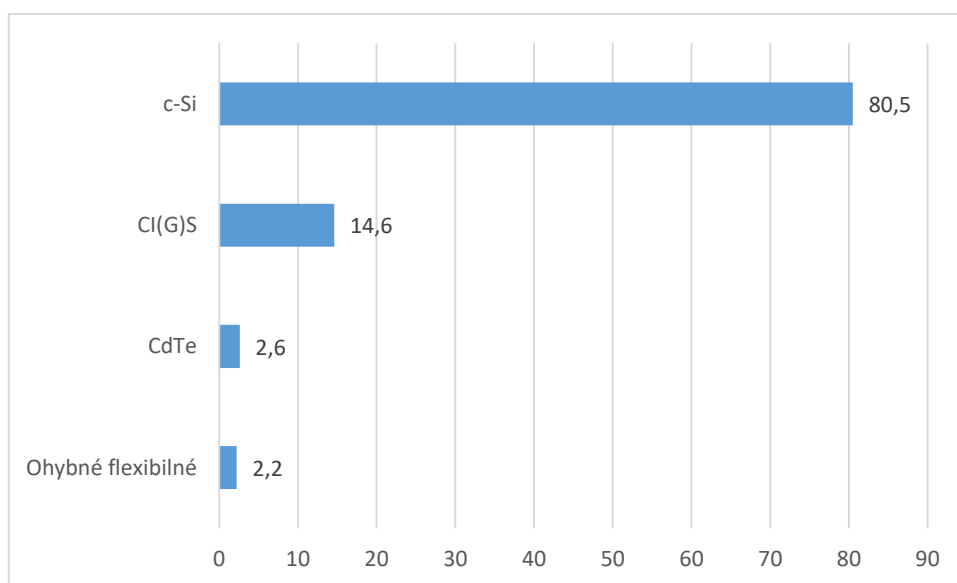
P predstavuje inštalovaný výkon solárnej elektrárne podľa licencie na výrobu elektriny.

získame pre Slovensko a Česko hodnotu 292 314 ton potencionálneho fotovoltaického odpadu.

Momentálne sa recyklujú v podstate len mechanicky poškodené panely. Množstvá sú v ČR a SR malé a zlom sa očakáva okolo roku 2030. [36]



Obrázok 7 Zaobchádzanie s fotovoltaickým odpadom 2010-2015 v tonách [38]



Obrázok 8 Recyklované technológie (2010-2015) v % [37]

Talianska štúdia o recyklácii postavená na finančných tokoch prišla k záveru, že recyklácia fotovoltaických odpadov prináša riešenie pre životné prostredie, no nie je výhodná po ekonomickej stránke. Štúdia ráta s odpadom vytvoreným len v Taliansku a poukazuje na to, že súčasné množstvá by nedokázali plne využiť potenciál prevádzky. Množstvá odpadu pre taliansky trh začnú byť zaujímavé až po roku 2028. To ale nemusí riešiť situáciu, pretože hlavné talianske oblasti výroby slnečnej energie sú od seba značne vzdialené. Poukazujú na to, že na celkovú udržateľnosť zle vplýva preprava odpadu na

dlhé vzdialenosti. Autori predstavujú riešenie, a to vytvoriť centrá, ktoré budú schopné recyklácie väčšej škály elektroodpadu. V tomto smere sa kolektívne systémy v SR a ČR javia ako dobrá cesta. [27]

4 Ekonomický dopad recyklácie FVE panelov po konci životnosti FVE Dolné Mladonice 250kWe

Životnosť fotovoltického panelu je definovaná poklesom výkonu o 20%. Výrobca panelov Heliosphera HS-115, použitých v mnou rozoberanej elektrárni, dáva na výkon svojich panelov záruku 10 rokov na 90 % nominálnej hodnoty výkonu a 25 rokov na 80% nominálnej hodnoty výkonu panelu. V praxi sa na najstarších inštaláciách pokles účinnosti po 25 rokoch pohybuje okolo 6 až 8%. Predpoklad pre životnosť je teda vyšší. *„V súčasnosti sa predpokladá, že životnosť definovaná poklesom účinnosti o 20 % bude pri kvalitných paneloch minimálne 30 až 40 rokov od ich inštalácie. Panely však môžu byť funkčné aj po tejto dobe, len ich účinnosť bude postupne ďalej klesať. Investor môže zvážiť, či je preňho výhodnejšie vyrábať elektrinu s nižšou účinnosťou, alebo investovať do nových panelov. Staré panely ani v tom prípade nemusia byť zlikvidované, ale môžu byť ponúknuté záujemcom, ktorí uprednostňujú cenu pred účinnosťou.“* [36]

4.1 Posúdenie

Dňa 12.8.2013 bola vykonaná vizuálna kontrola FVE Dolné Mladonice 2, merania prúdových slučiek jednotlivých stringov v príslušných rozvádzačoch a meranie teploty solárnych panelov termokamerou. Meraním a vizuálnou kontrolou solárnych panelov bolo zistené len mechanické poškodenie. To znamená, že panel je buď prasknutý celý, alebo je prasknutý jeden alebo viac článkov v rámci jedného panelu. Počet takto poškodených solárnych panelov je 13 kusov.[37]



Obrázok 9 Ukážky poškodeného panelu Dolné Mladonice [37]

Trináť panelov z celkového počtu 2148 je zanedbateľné množstvo a aj keď sú panely poškodené, zo správy vyplýva, že stále majú určitý výkon, preto sa ich výmena v blízkej dobe neoplatí aj z dôvodu byrokratickej náročnosti.

4.2 Ekonomické vyhodnotenie

Podľa informácií z prvých troch kapitol tejto práce je zrejmé, že hlavne pre Slovensko je zatiaľ obdobie po roku 2025, kedy skončí väčšine elektrární podpora, veľkou neznámou. Množstvo elektrární bude stáť pred rozhodnutím, či pokračovať vo výrobe alebo ju zastaviť. Momentálne sa pri trhovej cene elektrickej energie z ekonomického hľadiska pre výrobcov javí voľba zastavenia výroby ako najlepšia.

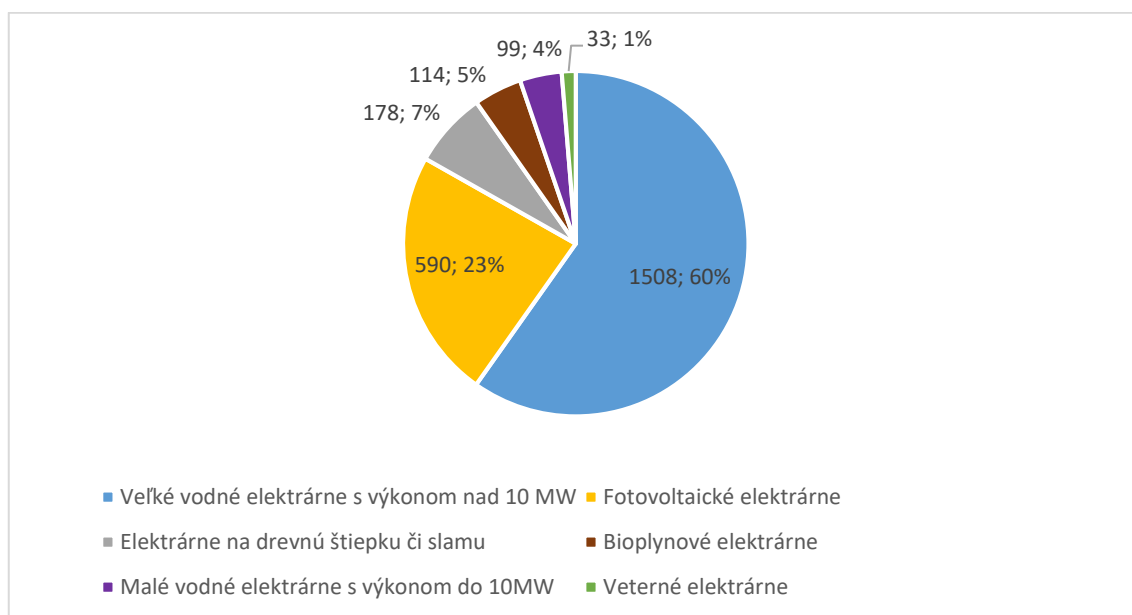
4.2.1 Tvorba modelu

Rozhodol som sa vytvoriť model na konkrétnej elektrárni v Dolných Mladoniciach, s inštalovaným výkonom 250 kWe uvedenej do prevádzky v roku 2010. Je predpoklad, že po 15 rokoch prevádzky budú panely Heliosphera stále pracovať na 91% menovitého výkonu⁴, preto si myslím, že elektráreň by mala fungovať a dodávať elektrickú energiu naďalej. Pokračovanie vo výrobe by malo nesporne priaznivý vplyv na životné prostredie.

⁴ Pokles účinnosti ročne o 0,6%, dané energetickým auditom, výrobca garantuje 90% menovitého výkonu po 10 rokoch prevádzky.

Za akých podmienok by pokračovanie výroby po roku 2025 bolo aj ekonomicky výhodné skúsim prezentovať na neskôr uvedených variantoch.

S prevádzkou FVE sú spojené fixné a variabilné náklady. Aby boli tieto náklady pokryté, distribučné spoločnosti by museli odoberať elektrickú energiu aj po roku 2025 za určitú výkupnú cenu. Pri súčasnom tempe inštalácii OZE do ostrovných systémov a sústreďení sa na výrobu tepla, bude potrebné udržať pri živote aj väčšie solárne elektrárne. Národný projekt Zelená domácnostiam má so svojim rozpočtom umožniť inštaláciu zariadení v domácnostiach na využívanie OZE s celkovým inštalovaným výkonom 55MW. Vzhľadom na to, že FVE tvoria až 23 % (590MWe) energetického mixu OZE Slovenska, si myslím, že nebude možné tieto elektrárne odstaviť ak chceme plniť záväzok 14% podielu OZE na hrubej domácej spotrebe. Táto hodnota sa pravdepodobne pri ďalších cieľoch k trvalej energetickej udržateľnosti bude zvyšovať. [39]

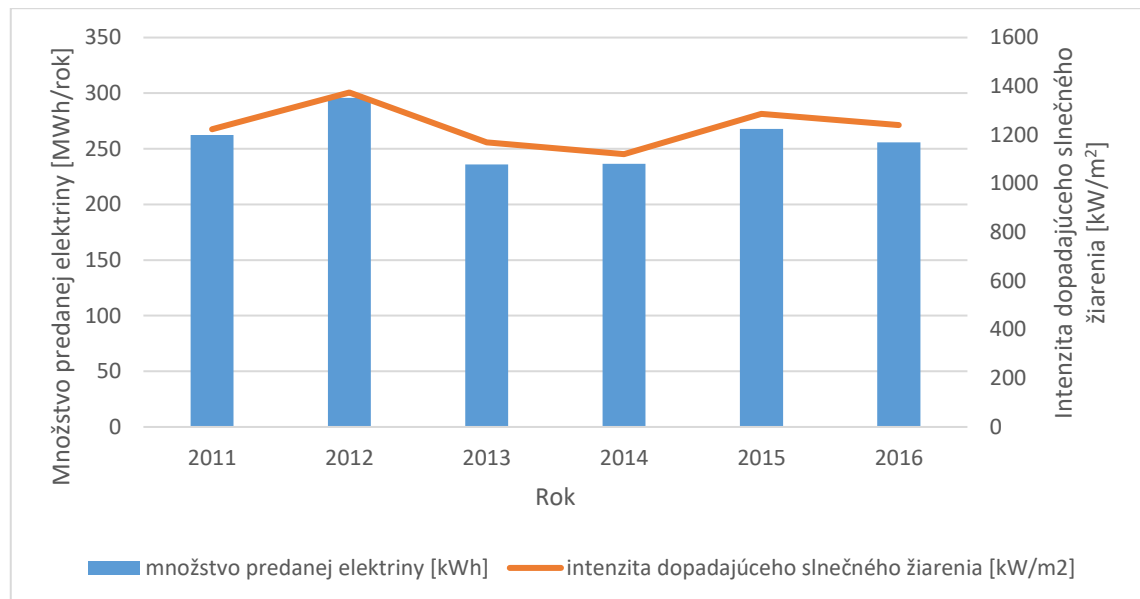


Obrázok 10 Inštalovaná kapacita OZE v SR v MWe [7]

To aká by mala byť výkupná cena aby pokryla náklady spojené s prevádzkou FVE, a bola pre prevádzkovateľa zaujímavá aj z investičného hľadiska budem demonštrovať na FVE Dolné Mladonice.

4.2.2 Vstupy

Na vstupy do tabuľky v Prílohe č. 2 som použil reálne doteraz namerané a zaznamenané hodnoty FVE Dolné Mladonice, po roku 2016 som vytváral predikciu na základe informácií z energetického auditu. Energetickým auditom bola stanovená hodnota vyrobenej energie FVE na 251,115 MWh/rok. V skutočnosti elektrárň v roku 2016 podľa elektromeru vyrobila 255,776 MWh/rok, preto som si zvolil túto hodnotu ako referenčnú pre ďalšie výpočty.



Obrázok 11 Množstvo predanej elektriny podľa elektromeru MWh/rok a závislosť na intenzite slnečného žiarenia, FVE Dolné Mladonice 250kW_e

Pri predikcii som určoval budúce hodnoty nákladov tak, že som na reálne hodnoty aplikoval 2% infláciu, držať sa v blízkosti tejto hodnoty si dala za cieľ Národná banka Slovenska ale aj Európska centrálna banka. Pri predpovedaní množstva predanej elektrickej energie som použil 0,6% pokles účinnosti FVE. Pri výpočtoch kde bola potrebná konverzia Kč/EUR som počítal s kurzom 25 Kč/EUR, predpoklad, že Česká koruna po ukončení intervencií zvýši svoju hodnotu.

Po roku 2025 počnúc, som pre každý piaty rok vyčlenil extra financie na nepredvídateľné výdaje spojené hlavne s predpokladanou častejšou poruchovosťou príslušenstva FVE. Hodnotu tohto nákladu som odhadol z doteraz zaznamenaných mimoriadnych výdajov na výmenu hlavného vypínača a protikorózný náter podpornej konštrukcie.

V roku 2016 boli celkové fixné náklady FVE 7599,19 €. Do tabuľky v prílohe č. 2 vstupujú ešte dve položky z fixných nákladov a to správa FVE, ktorej cena je 3,5 % z predanej elektrickej energie a G- komponent, ktorý od roku 2017 neberiem v úvahu kvôli jeho už spomínanej protiústavnosti. Pre výpočty ekonomických ukazovateľov som si zvolil 5% diskont.

Tabuľka 6 Zloženie fixných nákladov FVE Dolné Mladonice 250 kWe

Fixné náklady	Suma ročne €
SSE-D vlastná spotreba	138,00
Strážna služba	2 880,00
Poistenie	1 894,00
Nájom	1 440,00
Administratíva	720,00
Daň z pozemku	347,67
Internet	179,52
Spolu	7 599,19

4.2.3 Varianty prevádzky FVE pre roky 2010 – 2025

Do roku 2025 má elektrárň nárok na výkupnú cenu 425,12 €/MWh. Rozdiely pri posudzovaní ekonomickej výhodnosti projektu však môžu nastať pri otázke recyklácie fotovoltického odpadu. Sú názory, že recyklácia môže byť zisková, ale aj také, podľa ktorých by sa za recykláciu fotovoltických odpadov malo vopred platiť. Z tohto dôvodu použijem tri rôzne scenáre a určím pre nich hodnotu ekonomických kritérií. Výsledky prezentujem v tabuľke hodnotiacich kritérií.

- A) Predpoklad, že fotovoltické panely budú po roku 2025 recyklované, a ak berieme do úvahy štúdiu ČVUT a vzorec (2), majiteľ za recyklovaný materiál utrži 2 200€.
- B) Tu pracujem s možnosťou, že po odstavení elektrárne v roku 2025, nebude potrebné vynakladať žiadne financie na odstránenie panelov.
- C) V tejto variante predpokladám, že sa na Slovensku prijme legislatíva podobná tej v Českej republike; to znamená, že prevádzkovateľ FVE vybudovanej pred rokom 2013 bude musieť odvieť rezervu - v prípade Dolných Mladoníc vo výške 9350 € (2) v posledných troch rokoch plnej podpory výkupných cien. Rezerva je teda vyberaná v rokoch 2023,2024 a 2025.

Tabuľka 7 Hodnotiace kritériá pre obdobie rokov 2010 - 2025

Varianta		A)	B)	C)
Diskont	%	5%		
Výkupná cena	€/MWh	425,12		
NPV	eur	193 682	192 674	188 173
IRR	%	15,11%	15,09%	14,97%

4.2.4 Varianty prevádzky FVE po roku 2025

To, aká bude situácia a vývoj FVE na Slovensku po vyčerpaní výkupných cien je nejasné. Rozhodol som sa preto vytvoriť tri varianty možného postupu Slovenska pri ďalšom zaobchádzaní s FVE, keďže si myslím, že by bola veľká škoda nevyužiť stále takmer 90% účinnosť existujúcich panelov.

- A) Predpoklad, že elektrárne bude ďalej podporovaná výkupnými cenami v hodnote, pri ktorej čistá súčasná hodnota (ďalej len „NPV“) pri uvažovaní diskontu 5 % bude kladná. Ďalej podľa ČVUT štúdie a vzorca (2) uvažujem príjem na konci životného cyklu (r. 2035) elektrárne v hodnote 2 200€ z predaja recyklovaných materiálov. Výkupné ceny pri rôzne stanovenom diskonte je možné pozorovať v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 8 Citlivostná analýza pre obdobie rokov 2025-2035 pre variantu A)

Menené parametre		Dolná hranica			Horná hranica			Kritérium
Výkupná cena €/MWh, diskont %		30			100			Čistá súčasná hodnota NPV
Diskont cena EE	0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	
30	-70678	-66736	-63100	-59740	-56633	-53754	-51085	
35	-57855	-54605	-51608	-48839	-46279	-43908	-41709	
40	-45033	-42474	-40116	-37938	-35925	-34061	-32334	
45	-32210	-30343	-28623	-27037	-25571	-24215	-22959	
50	-19388	-18213	-17131	-16136	-15217	-14368	-13583	
55	-6565	-6082	-5639	-5234	-4863	-4522	-4208	
60	6258	6049	5853	5667	5491	5325	5168	
65	19080	18180	17345	16568	15845	15172	14543	
70	31903	30311	28837	27469	26199	25018	23918	
75	44725	42442	40329	38370	36553	34865	33294	
80	57548	54573	51821	49272	46907	44711	42669	
85	70370	66704	63313	60173	57261	54558	52045	
90	83193	78834	74805	71074	67615	64404	61420	
95	96015	90965	86297	81975	77969	74251	70795	
100	108838	103096	97789	92876	88323	84098	80171	

B) Tu taktiež rátam s dodatočnou podporou pre elektrárne, pretože je zrejmé, že pri súčasnej cenovej hladine elektrickej energie by elektrárne bez akejkoľvek podpory nebola rentabilná. Pri tejto variante ale nerátam s povinnosťou tvorenia rezerv pre recykláciu, ani s príjmom za predaný recyklovaný materiál. Z toho vyplýva vyššia výkupná cena pri kladnom NPV s diskontom 5 %. NPV nadobudne kladných hodnôt pri priemernej výkupnej cene elektrickej energie za 63,49 €/MWh. V nižšie uvedenej tabuľke je možné sledovať rastúci charakter NPV pri zvyšovanej cene elektrickej energie, ktorá priamo vplyva na tržby z výroby.

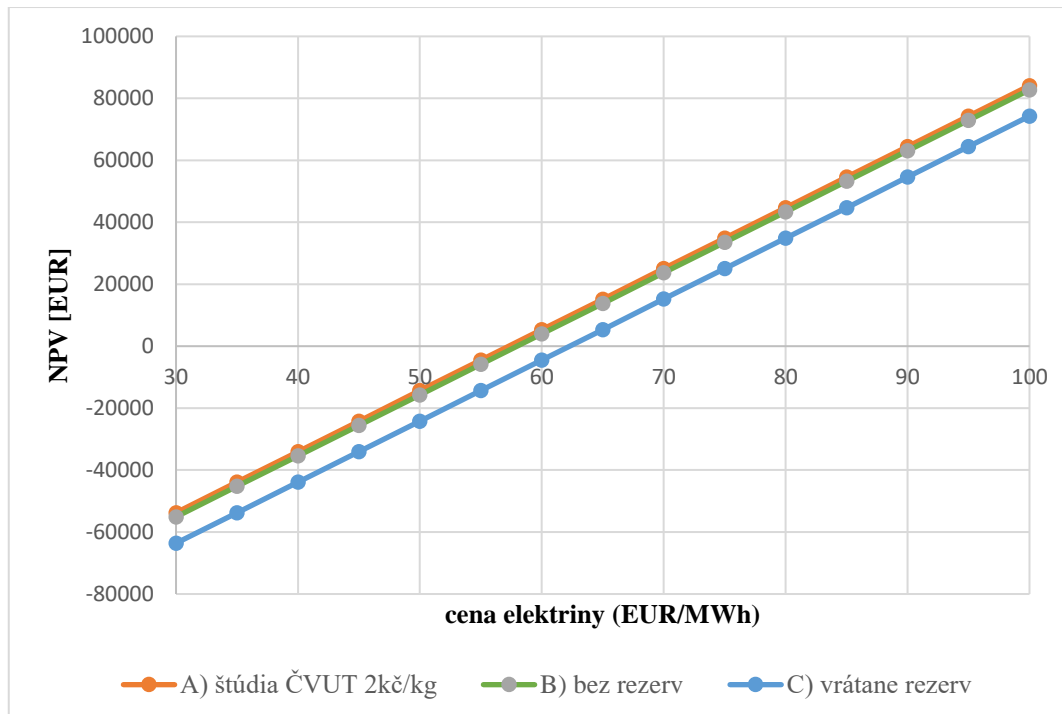
Tabuľka 9 Citlivostná analýza pre obdobie rokov 2025-2035 pre variantu B)

Menené parametre		Dolná hranica			Horná hranica			Kritérium
Výkupná cena €/MWh, diskont %		30			100			Čistá súčasná hodnota NPV
Diskont cena EE	0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	
30	-72878	-68728	-64904	-61377	-58119	-55105	-52313	
35	-60055	-56597	-53412	-50476	-47765	-45258	-42938	
40	-47233	-44466	-41920	-39575	-37411	-35412	-33562	
45	-34410	-32335	-30428	-28674	-27057	-25565	-24187	
50	-21588	-20204	-18936	-17773	-16703	-15719	-14812	
55	-8765	-8073	-7444	-6871	-6349	-5872	-5436	
60	4058	4058	4048	4030	4005	3974	3939	
65	16880	16188	15540	14931	14359	13821	13315	
70	29703	28319	27032	25832	24713	23668	22690	
75	42525	40450	38524	36733	35067	33514	32065	
80	55348	52581	50016	47635	45421	43361	41441	
85	68170	64712	61508	58536	55775	53207	50816	
90	80993	76843	73000	69437	66129	63054	60192	
95	93815	88974	84492	80338	76483	72900	69567	
100	106638	101105	95984	91239	86837	82747	78942	

C) Jedná sa o variant kedy bude FVE ďalej podporovaná za účelom zisku elektrárne, ale po priznaní ďalšej podpory bude musieť majiteľ elektrárne tvoriť rezervy na recykláciu v hodnote 3 117 € ročne po dobu troch rokov (r. 2026-2028). Tento variant je najmenej výhodný, pretože počíta s najvyššími nákladmi; aby bolo NPV kladné, priemerná výkupná cena elektrickej energie v rokoch 2025 – 2035 by musela dosahovať hodnotu 68,21 €/MWh.

Tabuľka 10 Citlivostná analýza pre obdobie rokov 2025-2035 pre variantu C)

Menené parametre	Dolná hranica		Horná hranica				Kritérium
Výkupná cena €/MWh, diskont %	30		100				Čistá súčasná hodnota NPV
Diskont cena EE	0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%
30	-82228	-77894	-73892	-70193	-66768	-63592	-60644
35	-69405	-65763	-62400	-59292	-56414	-53746	-51269
40	-56583	-53632	-50908	-48391	-46060	-43899	-41893
45	-43760	-41501	-39416	-37490	-35706	-34053	-32518
50	-30938	-29370	-27924	-26588	-25352	-24206	-23143
55	-18115	-17239	-16432	-15687	-14998	-14360	-13767
60	-5292	-5108	-4940	-4786	-4644	-4513	-4392
65	7530	7022	6552	6115	5710	5334	4984
70	20353	19153	18044	17016	16064	15180	14359
75	33175	31284	29536	27918	26418	25027	23734
80	45998	43415	41028	38819	36772	34873	33110
85	58820	55546	52520	49720	47126	44720	42485
90	71643	67677	64012	60621	57480	54566	51861
95	84465	79808	75504	71522	67834	64413	61236
100	97288	91938	86996	82424	78188	74260	70612



Obrázok 12 Citlivostná analýza obdobia r. 2025-2035, závislosť NPV na cene elektriny (diskont 5 % p.a.)

4.2.5 Vyhodnotenie

Pre rozhodnutie o ekonomickom prínose FVE Dolné Mladonice som použil hodnotiace kritériá, a to NPV a IRR. NPV alebo aj Net Present Value je definovaná ako diskontovaný súčet hotovostných tokov počas doby životnosti projektu.

$$NPV = \sum_{t=0}^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

Čím je hodnota NPV a IRR vyššia, tým je investícia výhodnejšia. Je dôležité poznamenať, že pre obdobie rokov 2025 – 2035 som za investičné výdaje považoval prevádzkové náklady. Diskont som si stanovil 5 %, pretože to je hodnota akou vie investor svoje peniaze úročiť.

Vo všetkých troch prípadoch je projekt do roku 2025 výhodný, pretože IRR je blízko 15%. Udržať motiváciu investora pokračovať v ďalšej výrobe po roku 2025 bude veľmi náročné aj keď to so sebou prinesie environmentálne benefity.

Z tabuľky je badateľné, že všetky navrhnuté varianty budú ekonomicky rentabilné, len ak bude výkupná cena pre obdobie rokov 2025 – 2035 vyššia ako 62 €. Takáto situácia môže nastať pri prudkom náraste cien elektrickej energie na burze, avšak momentálna situácia na tržnom prostredí indikuje cenu elektriny vo výške 30 €/MWh. Z tohto dôvodu nepredpokladám, že prevádzka FVE bude bez dodatočnej podpory v budúcnosti rentabilná. Je ale možné, že určitá forma podpory vznikne, aby bolo zabezpečené úspešné plnenie záväzkov voči Európskej únii.

Tabuľka 11 Hodnotiace kritéria, obdobie 2025 - 2035

Varianta		A)	B)	C)
Diskont	%	5%		
NPV do roku 2035	eur	171 189	170 570	166 682
NPV obdobia 2025-2035 pri burzovej cene EE	eur	-46 899	-48 250	-56 737
IRR do roku 2035	%	14,764%	14,758%	14,677%
Cena EE pre rok 2023, burza Lipsko	€/MWh	31,55		
Cena EE pre rok 2025 po 2% inflácii	€/MWh	33,48		
Priemerná cena EE v rokoch 2025-35 pre NPV>0	€/MWh	62,74	63,49	68,21

Záver

Napriek stagnácii na území Českej a Slovenskej republiky sú fotovoltaické elektrárne na vzostupe a zároveň sú jedným z celosvetovo najpopulárnejších obnoviteľných zdrojov. V Českej republike a na Slovensku sa v súčasnosti inštalujú už len malé zdroje do 10 kW, čo nasleduje trend ostrovných inštalácií pre vlastnú spotrebu. Pri čo najvyššom využití energie zo striech domácností napomáhajú akumulátory, ak sa výroba nestretáva so spotrebou.

Tieto riešenia hodnotím pozitívne, aj keď je potrebné poznamenať že pri súčasnom tempe rastu týchto inštalácií nebude možné v krátkej dobe nahradiť veľké solárne polia. Spomínam to preto, lebo si myslím, že ak chceme plniť záväzky, ktoré máme voči Európskej únii, budeme musieť aj po rokoch 2025 a 2026 naďalej vyrábať elektrinu pomocou FVE, ktorým skončí garantovaná výkupná cena. Riešenie tohto problému môže byť vybudovanie veľkých akumuláčnych stredísk v blízkosti najväčších solárnych polí. Toto riešenie by bolo nepochybne finančne náročné. Ako alternatívu navrhujem, aby sa cez systém cenových akcií vyseletovali výrobcovia, ktorí by po vyčerpaní garantovaných výkupných cien boli ochotní naďalej vyrábať za čo najnižšie ceny. To znamená, že výrobcovia by boli schopní zredukovať svoje náklady tak, že prevádzka fotovoltaickej elektrárne by bola rentabilná aj pri výkupných cenách blížiacich sa k trhovým hodnotám.

Fotovoltaické panely pozitívne prekvapujú svojou životnosťou a po technickej stránke sa alternatíva, pri ktorej sa pokračuje s výrobou javí ako bezproblémová. Dlhá životnosť panelov prináša so sebou aj problém v podobe nedostatočného naplnenia špecifických recyklačných liniek, preto sa v súčasnosti hľadá ekonomicky vhodné riešenie. Jedným z riešení môže byť aj nešpecializovaná linka na recykláciu viacerých podobných druhov elektrických a elektronických zariadení.

Prínos svojej práce vidím v obohatení sa o nové vedomosti nielen v rámci fotovoltaiky ale aj energetiky ako takej. Téma ktorú som spracovával bola obsiahla a dovolila mi zorientovať sa v segmente obnoviteľných zdrojov energie, ktorému by mala patriť budúcnosť. Vývoj Slovenskej a Českej fotovoltaiky budem určite naďalej sledovať a dúfam, že nám tu po roku 2030 neostanú na poliach pohodené fotovoltaiky.

Literatúra

- [1] *Porovnanie podpory OZE a výkupných cien elektriny vyrobenej z OZE v okolitých krajinách*. [online]. Martin: ÚRSO, 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/Vykupne-ceny-OZE-v-EU-2014.pdf>
- [2] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES z 23. apríla 2009 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie a o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc 2001/77/ES a 2003/30/ES*. In: . 2009. Dostupné tiež z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=sk>
- [3] *Share of renewables in energy consumption in the EU still on the rise to almost 17% in 2015* [online]. 2017, (43) [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7905983/8-14032017-BP-EN.pdf/af8b4671-fb2a-477b-b7cf-d9a28cb8beea>
- [4] SLOVENSKO. Zákon č. 309/2009 Z. z. Zákon o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení niektorých zákonov: Aktuálne znenie 2015. In: *Zbierka zákonov Slovenskej republiky*. 2009, časťka 110. Dostupné tiež z: <http://www.zakonypreludi.sk/zz/2009-309>
- [5] *VŠEOBECNÉ PODMIENKY NA PODPORU využitia obnoviteľných zdrojov energie v domácnostiach* [online]. SIEA, 2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://zelenadomacnostiam.sk/wp-content/uploads/vseobecne%20podmienky/Vseobecne-podmienky-Zelena-domacnostiam-V1-14082015.pdf>
- [6] *Výročná správa 2015* [online]. ÚRSO, 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/URSO_VS_2015.pdf
- [7] *Správa o pokroku v presadzovaní a využívaní energie z obnoviteľných zdrojov energie* [online]. Slovenská republika: Ministerstvo hospodárstva, 2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: www.economy.gov.sk/sprava-o-pokroku-oze--2015-/147583s
- [8] ČESKO. Zákon č. 458/2000 Sb. Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). In: *Sbírka zákonů ČR*. 2000, částka 131. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458/zneni-20160101>
- [9] ČESKO. Zákon č. 165/2012 Sb. Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů ČR*. 2012, částka 59. Dostupné tiež z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>
- [10] *Roční zpráva o provozu ES ČR* [online]. Praha: ERÚ, 2016 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z:

http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2015.pdf/3769f65b-3789-4e93-be00-f84416e1ca03

[11] WOFF, Petr. *Kolik nás stojí podporované zdroje energie (POZE)?* [online]. 2014 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/kolik-nas-stoji-podporovane-zdroje-energie-poze/#/promo-ele>

[12] *Usmernenie o štátnej pomoci v oblasti ochrany životného prostredia a energetiky na roky 2014 – 2020* [online]. 2014 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.statnapomoc.sk/wp-content/uploads/2015/02/pomocnaochranuzivotnehoprostrediaa_1.pdf

[13] *ANALÝZA vývoja výkupných cien elektriny vyrobenej zo slnečnej energie* [online]. ÚRSO, 2013 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/Analyza-vyvoja-vykupnych-cien-FVE%20.pdf>

[14] SLOVENSKO. *V Y H L Á Š K A Úradu pre reguláciu sieťových odvetví z 8. februára 2017, ktorou sa ustanovuje cenová regulácia v elektroenergetike a niektoré podmienky vykonávania regulovaných činností v elektroenergetike*. In: . ÚRSO, 2017. Dostupné tiež z: http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/ZZ_2017_18_20170210.pdf

[15] Zelené energie naďalej pod striedmym režimom. *Trend*. TREND Holding, 2016, **2016**(41), 50-55. ISSN 1336-2674.

[16] *Stav čerpania* [online]. SIEA, 2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://zelenadomacnostiam.sk/sk/domacnosti/stav-cerpania/>

[17] Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 9/2016 ze dne 14. prosince 2016, kterým se mění cenové rozhodnutí ERÚ č. 5/2016, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie. *Energetický regulační věstník* [online]. Jihlava: ERÚ, 2016, **16**(12), 1-6 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: https://portal.gov.cz/portal/publikujici/eeuaau7/vestniky/20581_doc.pdf

[18] VOBOŘIL, David. *Příčiny solárního boomu v České republice* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/priciny-solarniho-boomu/>

[19] DOUCHA, Pavel. *Solární daň pokračuje* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.fbadvokati.cz/novinky/energetika/solarni-dan-pokracuje>

[20] *Odvody ze solární elektřiny jsou tu* [online]. Česká fotovoltaická asociace [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.cefas.cz/legislativa/odvody-ze-solarni-elektriny-jsou-tu.html>

- [21] *Výzva II programu podpory Úspory energie* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: https://www.agentura-api.org/wp-content/uploads/2016/11/Uspory-energie_II-V%C3%BDzva.pdf
- [22] *Nová zelená úsporám a fotovoltaika* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.jaknazelenou.cz/nova-zelena-usporam-a-solarnich-zarizeni-jake-jsou-podminky-a-kolik-dostanete/>
- [23] *Nová zelená úsporám: Startuje kontinuální výzva, poběží do roku 2021. Domácnosti si sáhnou až na 27 miliard korun.* [online]. 2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/clanek/nova-zelena-usporam-startuje-kontinualni-vyzva-pobezi-do-roku-2021-domacnosti-si-sahnou-az-na-27-miliard-korun/>
- [24] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2012/19/EÚ zo 4. júla 2012 o odpade z elektrických a elektronických zariadení (OEEZ) (prepracované znenie).* In: . 2012. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=EN>
- [25] WIRTH, Harry. *Recent Facts about Photovoltaics in Germany* [online]. Freiburg, 2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>
- [26] *EKONOMICKÁ BILANCE VÝROBY A LIKVIDACE FOTOVOLTAICKÝCH MODULŮ INSTALOVANÝCH V ČR* [online]. Praha, 2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.solarniasociace.cz/tmp/studie_cvut_bilance_solarni_panely.pdf. štúdia. ČVUT.
- [27] CUCCHIELLA, Federica, Idiano D'ADAMO a Paolo ROSA. End-of-Life of used photovoltaic modules: A financial analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2015, **47**, 552-561 [cit. 2017-05-04]. DOI: 10.1016/j.rser.2015.03.076. ISSN 13640321. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032115002294>
- [28] *Výroční zpráva 2015 resolar* [online]. Resolar, 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.resolar.cz/dokumenty/resolar_vz_2015.pdf
- [29] BECHNÍK, Bronislav. *Legislativa k recyklaci fotovoltaických panelů: Srovnání evropské směrnice a českého zákona* [online]. 2012 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/8945-legislativa-k-recyklaci-fotovoltaickych-panelu>
- [30] PAIANO, Annarita. Photovoltaic waste assessment in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2015, **41**, 99-112 [cit. 2017-05-04]. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.208. ISSN 13640321. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032114006686>

- [31] TESÁREK, Jan. *Dopad likvidace fotovoltaických panelů na ŽP* [online]. Praha, 2015 [cit. 2017-05-15]. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc.Ing. Kudláček Ivan., CSc.
- [32] LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. *Fotovoltaika: Teorie i praxe využití solární energie*. Praha: ILSA, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.
- [33] LIBRA, M. – POULEK, V.: Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů. *Elektro* 3/2010. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40646.pdf>
- [34] MURTINGER, Karel, Jíří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. *Fotovoltaika. Elektřina ze slunce*. Brno: ERA, 2008. ISBN 978-80-7366-133-5.
- [35] TAO, Jing a Suiran YU. Review on feasible recycling pathways and technologies of solar photovoltaic modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells* [online]. 2015, **141**, 108-124 [cit. 2017-05-04]. DOI: 10.1016/j.solmat.2015.05.005. ISSN 09270248. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092702481500210X>
- [36] BECHNÍK, Bronislav. *Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti* [online]. 2011 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>
- [37] *Energetický audit projektu fotovoltaické elektrárny FVE Dolné Mladonice II*. Praha, 2010
- [38] *Annual report 2015* [online]. PV cycle, 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://c1482.paas1.fra.modxcloud.com/ebooks_PVCYCLE/2015/AR2015/files/assets/basic-html/page-1.html
- [39] *Ďalšie kolá Zelenej domácností budú už rozdelené podľa regiónov* [online]. SIEA [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.siea.sk/zelena_domacnostiam_aktuality/c-11323/dalsie-kola-zelenej-domacnostiam-budu-uz-rozdelene-podla-regionov/%5d%20%5bhttp://zelenadomacnostiam.sk/wp-content/uploads/prezentacie/SIEA-ZD-Veverka-08052017.pdf/

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Inštalovaná kapacita FVE v SR [7].....	11
Obrázok 2 Inštalovaná kapacita FVE v ČR [10]	12
Obrázok 3 Výkupné ceny a zelený bonus v priebehu rokov pre FVE s inštalovaným výkonom 100 a viac kW [17]	18
Obrázok 4 Diagram súčasného životného cyklu fotovoltaického panelu [35].....	26
Obrázok 5 Recyklácia fotovoltaického modulu podľa SolarWorld [35].....	27
Obrázok 6 Recyklácia CdTe fotovoltaického modulu podľa First solar [35]	28
Obrázok 7 Zaobchádzanie s fotovoltaickým odpadom 2010-2015 v tonách [38].....	29
Obrázok 8 Recyklované technológie (2010-2015) v % [37]	29
Obrázok 9 Ukážky poškodeného panelu Dolné Mladonice [37]	31
Obrázok 10 Inštalovaná kapacita OZE v SR v MWe [7]	32
Obrázok 11 Množstvo predanej elektriny podľa elektromeru MWh/rok a závislosť na intenzite slnečného žiarenia, FVE Dolné Mladonice 250kWe	33
Obrázok 12 Citlivostná analýza obdobia r. 2025-2035, závislosť NPV na cene elektriny (diskont 5 % p.a.).....	37

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Podiel OZE na celkových energetických potrebách pre ČR,SR a EÚ [3]	9
Tabuľka 2 Vývoj výkupných cien elektriny z FVE v SR v €/MWh [13,14].....	15
Tabuľka 3 Harmonogram plánovaných kôl v projekte Zelená domácnostiam s indikatívnymi alokáciami [16].....	17
Tabuľka 4 Výška možných dotácií na výstavbu fotovoltaického zariadenie v rámci programu NZÚ [22].....	19
Tabuľka 5 Prvá generácia porovnanie	23
Tabuľka 6 Zloženie fixných nákladov FVE Dolné Mladonice 250 kWe.....	34
Tabuľka 7 Hodnotiace kritériá pre obdobie rokov 2010 - 2025	35
Tabuľka 8 Citlivostná analýza pre obdobie rokov 2025-2035 pre variantu A).....	35
Tabuľka 9 Citlivostná analýza pre obdobie rokov 2025-2035 pre variantu B)	36
Tabuľka 10 Citlivostná analýza pre obdobie rokov 2025-2035 pre variantu C)	37
Tabuľka 11 Hodnotiace kritéria, obdobie 2025 - 2035.....	38

Zoznam príloh

Príloha 1. Vývoj výkupných cien elektriny z FVE v ČR v Kč/MWh

Príloha 2. Reálne hodnoty použité na predikciu A),B),C)

Príloha 3. Hodnoty použité pri ekonomickom vyhodnotení FVE Dolné Mladonice B)

Príloha 1. Vývoj výkupných cien elektriny z FVE v ČR v Kč/MWh [16]

obdobie	inštl. výkon	0-5k W vrátane		5-30k W vrátane		30-100k W vrátane		100 a viac kW	
		Výkupné ceny Kč/MWh	Zelený bonus Kč/MWh	Výkupné ceny Kč/MWh	Zelený bonus Kč/MWh	Výkupné ceny Kč/MWh	Zelený bonus Kč/MWh	Výkupné ceny Kč/MWh	Zelený bonus Kč/MWh
2006		16 518	15 918	16 518	15 918	16 518	15 918	16 518	15 918
2007		16 518	15 918	16 518	15 918	16 518	15 918	16 518	15 918
2008		16 110	15 510	16 110	15 510	16 110	15 510	16 110	15 510
2009		15 115	14 415	15 115	14 415	15 004	14 404	15 004	14 404
2010		14 077	13 377	14 077	13 377	13 966	13 366	13 966	13 366
2011		8 446	7 746	8 446	7 746	6 647	6 047	6 194	5 594
2012		6 802	6 102	6 802	6 102				
	I. polrok	3 691	2 991	3 064	2 364				
2013	III. polrok	3 236	2 536	2 632	1 932				
2014									

Príloha 2. Reálne hodnoty použité na predikciu A),B),C)

rok		2010	2011	2012 - 2015	2016
množstvo predanej EE	MWh/rok	0	262,314		255,776
výkupná cena	€/MWh	425,12	425,12		425,12
Počiatočný stav peňazí	eur	0	-207641,4		-48792,075
Tržby za predanú EE	eur	0	111515		108735,493
Príjem za recykláciu	eur	0	0		0
Tvorba rezerv	eur				
Mimoriadne výdaje	eur	0	0		2832,22
G komponent	eur	0	0		5232,96
Správa FVE	eur	0	3903,0		3805,7
Ostatné fixné náklady	eur	0	6869,1		7599,2
Úmor	eur	156,1	34755,5		41992,5
Úrok	eur	1853,3	23151,0		11009,3
Daň zo splátok	eur	381,8	11581,3		10600,4
Akontácia	eur	172479,2	0		0
Daň z akontácie	eur	32771,0	0		0
odpisy	eur	7663,1	91957,7		86887,7304
Zisk EBT	eur	-215148,4	-25947,1		-19232,05
CF - daného roku	eur	-207641,4	31255,1		25 663
CF - kumulovaný od r. 2010	eur	-207641,4	-176386,3		-23128,854

Príloha 3. Hodnoty použité pri ekonomickom vyhodnotení FVE Dolné Mladonice B)

rok	2017	2018	2020	2023	2024	2025	2030	2035
Imožstvo predanej EE	254,24	252,72	249,69	245,22	243,75	242,29	235,11	228,14
výkupná cena	425,12	425,12	425,12	425,12	425,12	425,12	36,20	40
Počiatočný stav peňazí	-23 129	9 668	73 220	159 538	251 410	342 504	408 921	375 971
Tržby za predanú EE	108 083	107 435	106 149	104 250	103 624	103 003	8 520	9 128
Prijem za recykláciu	0	0	0	0	0	0	0	0
Tvorba rezerv	0	0	0	0	0	0	0	0
Minoritadne výdaje	150	0	3 165	0	0	3 494	3 858	4 259
Gkomponent	0	0	0	0	0	0	0	0
Správa FVE	3 783	3 760	3 715	3 649	3 627	3 605	3 980	4 395
Ostatné fixné náklady	7 751	7 906	8 226	8 729	8 904	9 082	10 027	11 071
Úmor	43 541	45 146	48 536	0	0	0	0	0
Úrok	9 461	7 856	4 466	0	0	0	0	0
Daň zo splátok	10 600	10 600	10 600	0	0	0	0	0
Akontácia	0	0	0	0	0	0	0	0
Daň z akontácie	0	0	0	0	0	0	0	0
odpisy	28 208	26 597	8 879	6 939	6 806	6 675	6 118	0
Zisk EBT	48 129	50 715	67 099	84 933	84 288	80 147	-15 462	-10 595
CF - daného roka	32 797	32 166	27 441	91 872	91 094	86 822	-9 345	-10 596
CF - kumulovaný od r. 2010	9 668	41 834	100 661	251 410	342 504	429 326	399 576	365 375