



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Ekonomický model FVE

Economic model of Photovoltaic power plant

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Mirza Karajica

Tomáš Felcman

Praha 2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Felcman** Tomáš

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektrotechnika a management

Název tématu:

Ekonomický model FVE

Pokyny pro vypracování:

1. Technologická řešení FVE
2. Vliv výroby elektřiny z FVE na ES ČR a účastníky trhu s elektřinou
3. Ekonomická efektivnost FVE za současných podmínek
4. Citlivostní analýza modelu FVE

Seznam odborné literatury:

1. Levy H., Sarmat M.: Kapitálové investice a finanční rozhodování. Praha, Grada Publishing, 1999.
2. Staněk K.: Fotovoltaika pro budovy. Grada, 2012.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Mirza Karajica

Platnost zadání: do konce letního semestru 2014/2015

Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.

vedoucí katedry



Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.

děkan

V Praze dne 10.2.2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 18. 5. 2014

podpis

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu této bakalářské práce, Ing. Mirzovi Karajicovi, za jeho cenné rady a podněty, vstřícnost a ochotu při jejím zpracování.

Dále bych rád poděkoval Radce Hynkové, za informace týkající se účetní stránky ekonomického modelu. Děkuji také společnosti Baratech, s.r.o., jmenovitě Ing. Pavlu Eliášovi, za cenné informace a postřehy o realizaci fotovoltaických elektráren.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou investice do malé fotovoltaické elektrárny. Nejprve jsou představena základní technologická řešení FVE. Spolu s jednotlivými vlivy těchto elektráren na ES ČR a také na účastníky trhu s elektřinou jsou prezentovány podmínky pro připojení a provoz FVE k distribuční soustavě. V praktické části je proveden výpočet efektivnosti této investice pro různé subjekty. Nakonec se práce soustředí na vliv hodnoty užitých parametrů na investiční rozhodnutí.

Klíčová slova

Fotovoltaická elektrárna, distribuční soustava, elektrizační soustava, podpora obnovitelných zdrojů energie, hodnocení investice

Abstract

This bachelor thesis deals with the analysis of investment in a small Photovoltaic power plant. First part is devoted to the basics of Photovoltaic power plant technology. Further, there are presented requirements for connection of Photovoltaic power plants to the electric distribution network together with influence of these power plants on electric transmission network of Czech Republic and participants of electricity market. The practical section describes the calculation of the investment profitability for different subjects. Afterwards, the thesis focuses on effects of used input values on investment decision.

Keywords

Photovoltaic power plant, electric distribution network, electric transmission network, support of renewable energy sources, investment valuation

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk.....	8
1. Úvod.....	9
2. Technologická řešení FVE.....	11
2.1. Specifika výroby elektřiny z FVE.....	11
2.2. Jednotlivé komponenty FVE připojené do ES.....	12
2.3. Schéma elektrárny.....	13
2.4. Vývoj FVE ve světě.....	15
3. Vliv výroby elektřiny z FVE na ES ČR a účastníky trhu s elektřinou.....	17
3.1. Současný vývoj FVE v ČR a vliv na ES.....	18
3.2. Podpora energie vyrobené z FVE.....	22
3.2.1 Formy podpory energie z FVE.....	22
3.2.2 Provozní podpora elektřiny z FVE.....	23
3.3. Vliv FVE na účastníky trhu s elektřinou.....	26
3.4. Podmínky připojení FVE do DS.....	28
3.5. Plánovaný rozvoj FVE v ČR.....	32
4. Ekonomická efektivnost FVE dle současných podmínek.....	33
4.1. Vstupní podmínky projektu.....	34
4.2. Energetická produkce elektrárny.....	35
4.2.1 Výroba elektřiny ze slunce.....	35
4.2.2 Vývoj produkce v čase.....	36
4.3. Příjmy v rámci životního cyklu.....	37
4.3.1 Příjmy z produkce elektřiny.....	37
4.3.2 Příjmy z prodeje elektrárny po skončení životnosti.....	38
4.4. Výdaje v rámci životního cyklu.....	39
4.4.1 Investice a její financování.....	39
4.4.2 Provozní výdaje.....	40
4.4.3 Likvidační výdaje.....	41
4.4.4 Daň z příjmů	41
4.4.5 Pojistné na všeobecné zdravotní pojištění.....	42

4.4.6 Pojistné na sociální zabezpečení.....	43
4.5. Současná hodnota příjmů a výdajů.....	45
4.5.1 Diskontní míra a inflace.....	45
4.5.2 Současná hodnota jednotlivých finančních toků.....	46
4.6. Čistá současná hodnota projektu.....	47
5. Citlivostní analýza modelu FVE.....	48
5.1. Fyzická osoba – vedlejší SVČ.....	49
5.1.1 Vliv diskontu a inflace na NPV.....	49
5.1.2 Roční vyrobená elektřina ve FVE.....	50
5.1.3 Spotřeba vyrobené elektrické energie a cena elektřiny.....	51
5.2. Fyzická osoba – hlavní SVČ.....	53
5.2.1 Vliv diskontu a inflace na NPV.....	53
5.2.2 Roční vyrobená elektřina ve FVE.....	54
5.2.3 Spotřeba vyrobené elektrické energie a cena elektřiny.....	55
5.3. Právnícká osoba – plátce DPH.....	57
5.3.1 Vliv diskontu a inflace na NPV.....	57
5.3.2 Roční vyrobená elektřina ve FVE.....	58
5.3.3 Spotřeba vyrobené elektrické energie a cena elektřiny.....	59
5.4. Možnosti zlepšení efektivity investice do FVE.....	61
6. Závěr.....	62
Seznam použité literatury.....	64
Seznam příloh.....	68

Seznam použitých symbolů a zkratek

AC	střídavý proud
CZK	Koruna česká
DC	stejnoseměrný proud
DPH	daň z přidané hodnoty
DS	distribuční soustava
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
EUR	Euro
FVE	fotovoltaická elektrárna
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MPP	bod maximálního výkonu fotovoltaického článku resp. modulu
NN	nízké napětí
NAP	Národní akční plán
NPV	čistá současná hodnota (net present value)
OSVČ	osoba samostatně výdělečně činná
OTE	operátor trhu s energiemi
PDS	provozovatel distribuční soustavy
PPDS	Pravidla provozování distribučních soustav
PPS	provozovatel přenosové soustavy
PS	přenosová soustava
PV CF	současná hodnota peněžních toků (present value of cash flows)
RPSN	roční procentní sazba nákladů
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
SEK	Státní energetická koncepce
SVČ	samostatná výdělečná činnost
TKO	tuhý komunální odpad
VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí
VZP	veřejné zdravotní pojištění

1. Úvod

Fotovoltaická elektrárna se stala celosvětovým energetickým fenoménem posledního desetiletí. V souvislosti se zákonem č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, se nastartoval rozvoj obnovitelných zdrojů energie také v České republice. Nejprve se však FVE kvůli velmi vysoké ceně modulů nejevila z investičního hlediska perspektivně. S instalací velkých výrobních kapacit v Evropě a Číně začal postupný pokles ceny modulů, což zapříčinilo odpovídající pokles celkové ceny FVE. Na tento vývoj okamžitě reagovalo mnoho investorů, kteří v letech 2009 a 2010 postavili a zapojili do ES velké množství FVE. Tyto elektrárny disponovaly většinou velkým instalovaným výkonem a byly přimontovány na zemních konstrukcích. Právě kvůli vysokým nákladům na podporu výroby elektřiny ze slunečního záření se zvedla složka příspěvku na podporu zahrnutá v konečné ceně elektřiny a došlo k velké medializaci celého sektoru FVE v ČR. Fotovoltaika tak začala být negativně vnímána širokou veřejností.

Postupem času se však i výše provozních podpor začala přizpůsobovat stále se snižující ceně FVE a došlo k velkému poklesu nových instalací. Ty se vzhledem k podmínkám podpory začaly postupně přesouvat na střešní konstrukce a jejich instalovaný výkon se snížil na hodnotu do 30 kW_p. Pro rok 2014 již provozní podpora stanovena nebyla a obecně se očekává, že tato skutečnost bude vést k zastavení nových instalací z důvodů ekonomické neefektivnosti celého projektu.

S velkým množstvím připojených elektráren a ukončením provozních podpor tedy vyvstává otázka jaká je budoucnost FVE v České republice. Tomuto tématu bych se rád ve své práci věnoval.

V první části práce se chci zaměřit na FVE především z technického pohledu. Nejprve bych rád představil možná technologická řešení FVE. Dále pak budu hledat otázky na to, zda bude možno připojovat další zdroje do distribuční soustavy. Jaký je vliv současných a budoucích FVE na elektrizační soustavu? Jak ovlivňují tyto elektrárny odběratele elektřiny a další účastníky trhu s elektřinou? Jaké podmínky je nutné splnit, aby mohla být nová výrobní připojena k distribuční soustavě?

V praktické části si pak kladu za cíl určit na ekonomickém modelu FVE, zda se za současných podmínek vyplatí. A pokud ano, tak pro koho a v jakém režimu je její provoz nejvýhodnější. Poslední část bude věnovaná citlivostní analýze na základě

vypočtených hodnot a měla by především sloužit jako rozšíření vstupních hodnot. Tím bych měl docílit pokrytí většího množství uvažovaných investorů.

Práce by tak v podstatě měla kopírovat rozhodovací proces, který podstupuje každý investor při uvažování o instalaci FVE. Od určení technických parametrů a omezení se přes podmínky pro připojení do DS dostává až k určení ekonomické efektivnosti a vydání rozhodnutí o realizaci projektu.

Hlavním cílem této bakalářské práce je tedy podat současný náhled na problematiku FVE. Tématem se budu zabývat jak z hlediska možností připojení, tak především z pohledu ekonomické efektivnosti a možného budoucího rozvoje FVE v ČR.

2. Technologická řešení FVE

2.1. Specifika výroby elektřiny z FVE

Výroba elektrické energie z FVE je specifická s ohledem na nemožnost libovolně řídit výkon v průběhu času. Maximální okamžitý výkon FVE je tedy naprosto závislý na okolních podmínkách, kterými jsou především: intenzita dopadajícího záření, teplota článků a zastínění části nebo celého článku. Existuje několik řešení pro získání energie pomocí FVE:

Prvním způsobem je přímé připojení do DS, resp. PS. Do této skupiny je možné zařadit jak elektrárny dodávající veškerou vyrobenou elektřinu do ES, tak i systémy, u kterých provozovatel část elektřiny spotřebuje a přebytek dodává do ES (např. střešní instalace). Z důvodů neskladovatelnosti elektrické energie v soustavě dochází při změně výkonu FVE připojené k rozvodné síti (např. v důsledku zastínění mrakem) k velkým skokům výstupního výkonu, na to musí reagovat zdroje primární a sekundární regulace v soustavě. Proto je nutné, aby byla regulační kapacita těchto zdrojů správně dimenzována. V opačném případě by docházelo vlivem skokových změn výstupního výkonu FVE k poklesům, resp. nárůstům frekvence v síti. Pro systémy velkých výkonů je pro zajištění stability velmi důležitá predikce výkonu v čase.

Druhou možností jsou FVE dodávající energii do akumulčního systému a z něj jsou poté napájeny spotřebiče. Tato varianta našla uplatnění především v ostrovním režimu, kdy je FVE připojena do soustavy izolované od okolí (např. chaty a chalupy). Akumulační systém udržuje stabilitu sítě tím, že vykrývá výkyvy výstupního výkonu elektrárny.

Poslední variantou je hybridní systém, který kombinuje provoz paralelně se sítí spolu s akumulací energie. Sem se dají zařadit i fotovoltaicko-termální kolektory, které využívají kromě fotovoltaického jevu také tepelné účinky slunečního záření. [2] [7]

2.2. Jednotlivé komponenty FVE připojené do ES

Každá fotovoltaická elektrárna připojená do ES musí pro svou správnou funkci obsahovat určité základní elektrotechnické součásti. Pro DC část FVE to jsou především:

- fotovoltaické moduly,
- střídače,
- DC kabely,
- DC konektory,
- vypínače/spínače,
- ochrany,
- zemnicí soustava.

A pro AC část elektrárny:

- AC kabely,
- rozvaděč,
- zemnicí soustava,
- vypínače/spínače,
- jistící prvky a ochrany. ^[1]

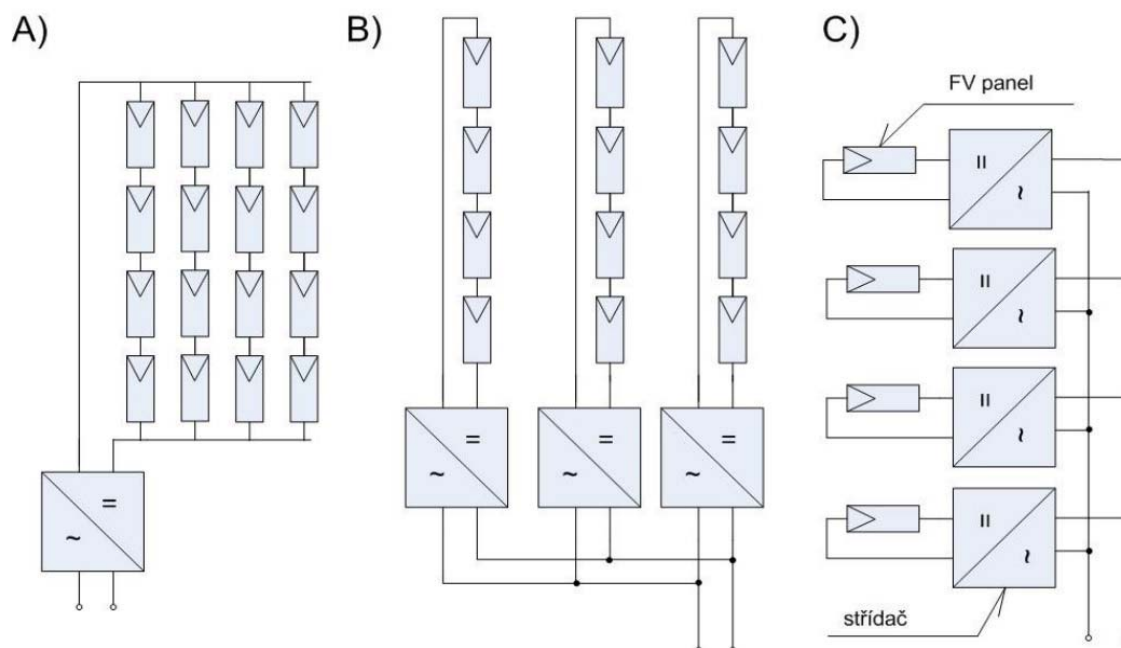
Pro elektrárny připojené do sítí VN a VVN je třeba ještě rozvodna s transformátorem.

Mezi další součásti můžeme zařadit také měřicí a monitorovací zařízení, která umožňují včasnou diagnostiku, a tím předcházejí možným poruchám a následným výpadkům produkce. ^[1]

Všechny tyto komponenty musí být správně dimenzovány, aby nedocházelo k poruchám nebo ztrátám při přenosu výkonu z modulu do elektrizační soustavy. Zvláště důležité je dbát na rozsahové přizpůsobení MPP trackeru, což je zařízení, které nastavuje výstupní parametry modulu, popř. skupiny modulů, na maximální možný výkon při daných podmínkách. MPP tracker je často přímo součástí střídačů. ^[2]

2.3. Schéma elektrárny

Schéma každé elektrárny závisí na zapojení jednotlivých modulů ke střídačům. Z tohoto pohledu můžeme rozdělit střídače na tři základní typy, jak je naznačeno na Obr. 1:



Obr. 1: Centrální (A), řetězcové (B) a modulové střídače (C) [2]

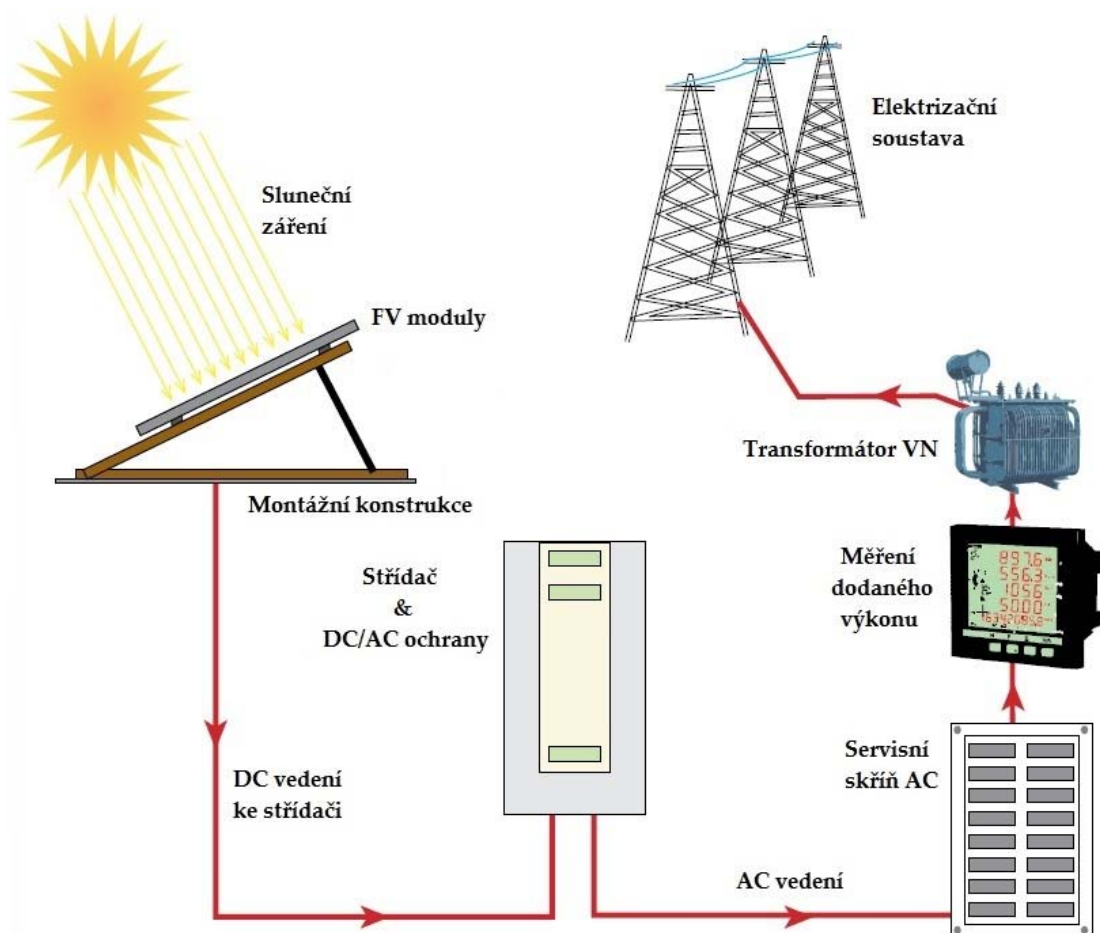
Modulové střídače se používají především u malých aplikací, např. při střešních instalacích. Ačkoliv tento typ zapojení má vyšší využití výkonu díky ideálnímu sledování MPP, kvůli vyšší ceně a nižšímu výstupnímu napětí nejsou výhodné pro vyšší počet modulů. Centrální a řetězcové střídače jsou vhodné pro aplikace velkých výkonů od jednotek kW až do stovek kW, to odpovídá zemi instalaci modulů. Oba tyto typy se vyrábějí ve dvou provedeních: s transformátorem a bez transformátoru. Transformátorové provedení mívá nižší účinnost, způsobenou ztrátami při transformaci, na druhou stranu zajišťují galvanické oddělení obvodu. Beztransformátorové měniče jsou menší a lehčí, vyžadují ale ochranu živých částí a monitoring svodového proudu. [2]

V současné době také můžeme pozorovat trend zavádění více-řetězcového střídače, který je připojen paralelně na několik řetězců modulů.

Obecně je vždy třeba dbát na tyto základní faktory zapojení střídačů:

- účinnost,
- sledování MPP,
- cena,
- poruchovost a možnosti výměny,
- teplotní rozsah,
- odolnost,
- rozměry a hmotnost. ^[1] ^[2]

Fotovoltaické elektrárně velkého výkonu připojené na síť odpovídá obecné schéma na Obr. 2. Od střešních instalací se odlišuje především přítomností transformátoru.

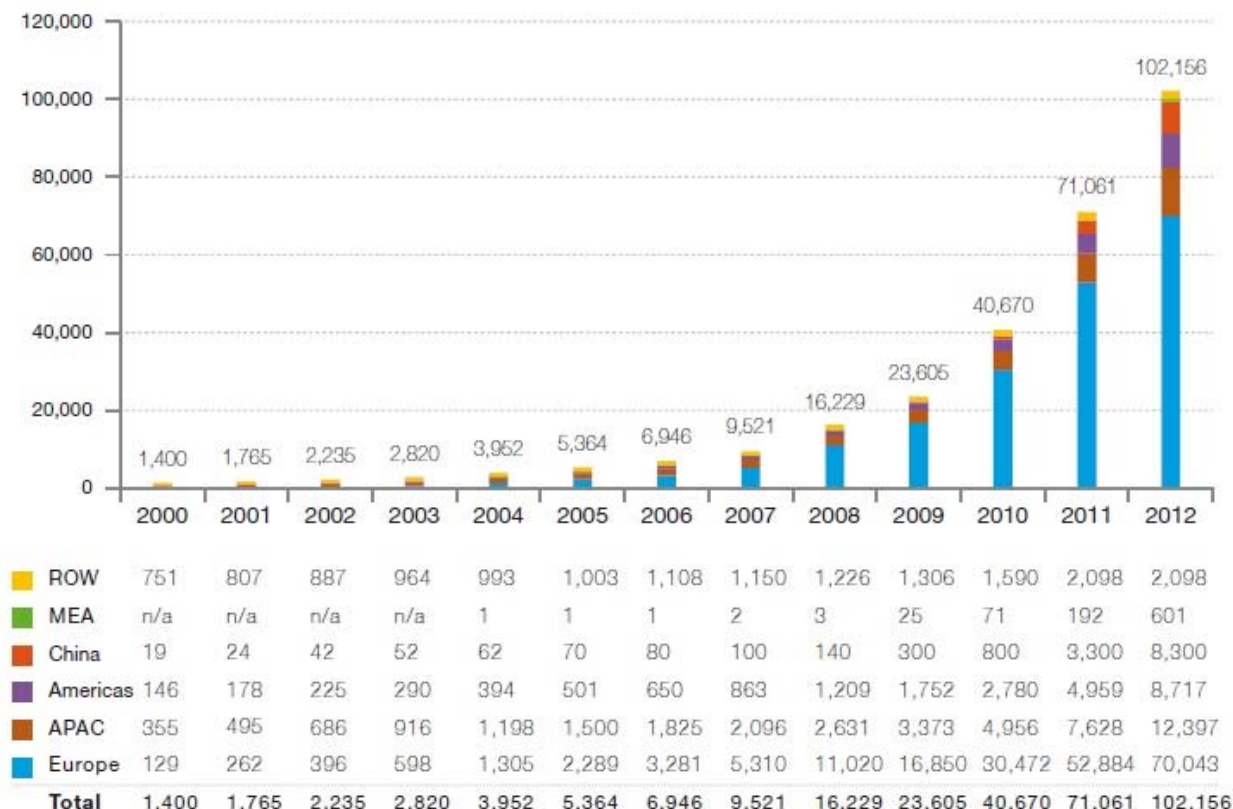


Obr. 2: Schéma FVE, ^[1]

2.4. Vývoj FVE ve světě

Celkový instalovaný výkon FVE ve světě vzrostl v průběhu 10 let z 1 400 MW v roce 2002 na ohromujících 102 156 MW v roce 2012, což je 70-ti násobný nárůst (viz. Obr. 3).

Evolution of global PV cumulative installed capacity 2000-2012 (MW)



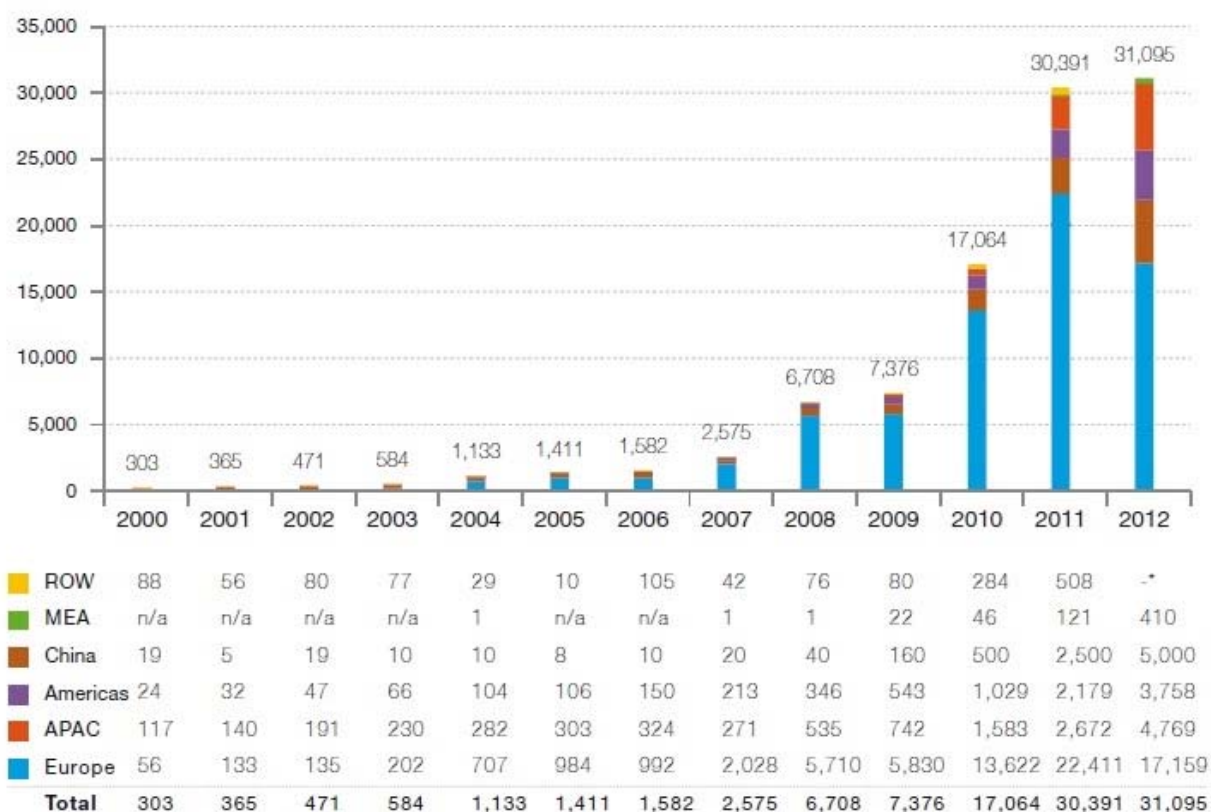
ROW: Rest of the World. MEA: Middle East and Africa. APAC: Asia Pacific.

Obr. 3: Vývoj celkového instalovaného výkonu FVE ve světě 2000-2012, [3]

I přes nedávný velký nárůst instalovaného výkonu můžeme na Obr. 4 vidět, že v roce 2012 došlo ke stagnaci meziročního instalovaného výkonu FVE ve světě. Z rozdělení instalací v letech 2011 a 2012 je patrný značný pokles nově instalovaného výkonu v Evropě z 22 411 MW (2011) na 17 159 MW (2012). To lze přikládat především snížení podpor elektřiny vyrobené z FVE v jednotlivých zemích Evropy. Nejvíce se toto projevilo v Itálii, kde klesly nové instalace z 9,45 GW na „pouhé“ 3,4 GW mezi lety 2011 a 2012. [3]

Ačkoliv Evropa zaznamenává určitý pokles zájmu v oblasti fotovoltaických zdrojů, její místo přebírá asijský trh. Díky obrovskému potenciálu a dobrým klimatickým podmínkám je schopen stabilizovat růst instalací FVE ve světě (viz. Obr. 4).

Evolution of global PV annual installations 2000-2012 (MW)



ROW: Rest of the World. MEA: Middle East and Africa. APAC: Asia Pacific.

* From 2012 onwards, these figures are directly integrated into those of the relevant regions.

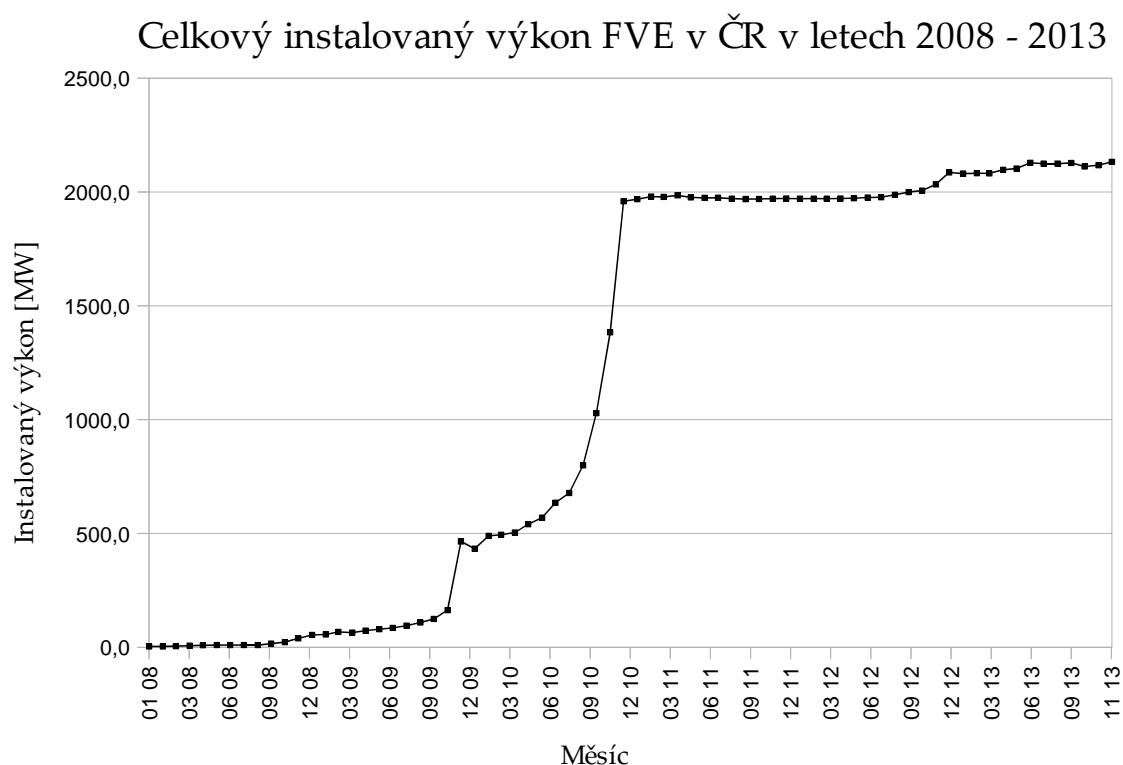
Obr. 4: Meziroční vývoj FVE instalací ve světě 2000-2012, ^[3]

3. Vliv výroby elektřiny z FVE na ES ČR a účastníky trhu s elektřinou

V souvislosti s instalací velkého výkonu FVE do elektrizační soustavy vyvstává otázka, zda stále existuje volná kapacita v síti pro připojení dalších elektráren. Pro nové FVE jsou nastaveny podmínky pro připojení k distribuční soustavě tak, aby nebyla ovlivněna bezpečnost provozu ES. V nedávných letech výroba z FVE způsobila růst cen elektřiny pro spotřebitele z důvodu doplatku na podporu OZE v ČR. Zvyšování podílu OZE, především VTE a FVE, v energetickém mixu států střední Evropy také vyžaduje příslušné investice do přenosových soustav jednotlivých zemí. Tyto výdaje ovšem budou následně také promítnuty do konečných cen elektřiny.

3.1. Současný vývoj FVE v ČR a vliv na ES

Fotovoltaika v České republice zaznamenala velký rozmach především na konci let 2009 a 2010, kdy byla do ES zapojena většina v současné době provozovaných fotovoltaických elektráren (viz. Obr. 5).

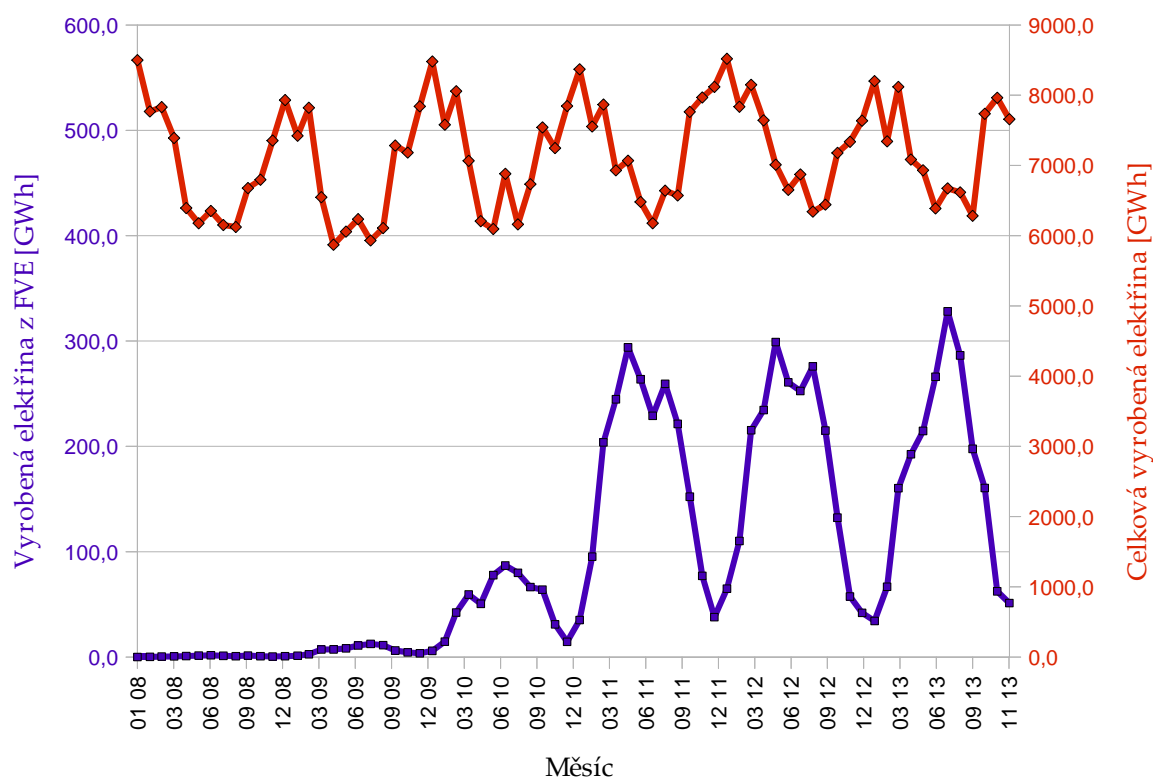


Obr. 5: Vývoj celkového instalovaného výkonu FVE v ČR 2008-2013, data z [6]

V roce 2013 vzrostl celkový připojený výkon FVE do ES na současných 2 132,3 MW, což odpovídá 10,1 % celkového výkonu všech elektráren připojených do ES v ČR. Z Obr. 6 a Přílohy 1 je vidět, že v letních měsících, kdy FVE vyrábí nejvíce energie, je podíl na celkové vyrobené elektrické energii brutto¹ pouze necelých 5 %. Pro zimní měsíce je to dokonce pouze 0,7 %. Zde se ukazuje velká nevýhoda FVE – navzdory velkému připojenému špičkovému výkonu je celková energie vyrobená ve FVE velmi malá. V roce 2011, kdy byla hodnota připojeného výkonu do FVE prakticky konstantních 1 970 MW (v mezích -0,1% až +0,5%), byl roční podíl FVE na celkové vyrobené elektřině 2,42 %.

1 Vyrobena elektřina brutto je celková vyrobená elektřina včetně vlastní spotřeby zdroje – u FVE je vlastní spotřeba prakticky nulová. [6]

Vyrobena elektřina brutto z FVE a celková vyrobena elektřina brutto v ES ČR v letech 2008 - 2013



Obr. 6: Vývoj vyrobené elektřiny brutto z FVE a celkové vyrobené elektřiny v ES ČR v letech 2008-2013, data z Přílohy č.1

Další negativní aspekt výroby elektřiny ve fotovoltaických elektrárnách je zjevně opačný trend výroby a spotřeby energie v průběhu roku (viz. Obr. 6). Spotřeba elektřiny v ČR stoupá v zimních měsících (vytápění) a klesá v měsících letních. Na druhé straně FVE vyrábí velkou většinu energie právě v letním období, kdy je poptávka menší.

Pokud bychom chtěli vyrábět větší část energie právě z FVE, musel by do ES být připojen velký špičkový výkon FVE, který by v průběhu dne značně fluktoval. To by zvýšilo nárok na regulaci výkonu v ES. Protože v evropské propojené elektrizační soustavě ENTSO-E se při vyrovnávání výkonové nerovnováhy mezi výrobou a spotřebou zachovává princip solidarity², je vyrovnávání náhlých změn výkonů FVE problémem celé propojené soustavy. Proto nelze uvažovat o rozvoji FVE pouze v lokálním měřítku ČR, ale je nutné sladit energetické zájmy mezi všemi státy ENTSO-E.

2 Princip solidarity znamená, že na obnovení výkonové nerovnováhy se podílí všechny zdroje zapojené do primární regulace v propojené ES. [7]

To se ukazuje být čím dál větším problémem v době, kdy v Německu probíhá masivní přechod od jaderné energetiky k obnovitelným zdrojům. [7]

V neposlední řadě je nutné poukázat na nevhodnost instalace velkého instalovaného výkonu FVE v centralizovaném měřítku (řády MW, vedení VVN), protože se tím zaplňuje přenosová kapacita vedení zdrojem, který má velmi nízký koeficient ročního využití instalovaného výkonu. Ten určuje míru využití instalovaného výkonu elektrárny v průběhu roku a můžeme ho získat z následujícího vzorce:

$$k_r = \frac{W_r}{P_i \cdot 8760} \quad (1)$$

kde k_r je koeficient ročního využití instalovaného výkonu,

W_r je množství vyrobené energie za rok [Wh/rok],

P_i je instalovaný výkon elektrárny [W]. [4]

Pro rok 2011³ můžeme určit $k_{r,2011}$ z hodnot Přílohy 1:

$$k_{r,2011} = \frac{2113,4 \cdot 10^9}{1970 \cdot 10^6 \cdot 8760} = 0,1225 \quad (2)$$

Elektrické vedení v okolí centralizované FVE je tedy zatíženo pouze velmi málo. Většinu času zde neteče jmenovitý proud, v noci pak FVE nevyrábí vůbec. Navzdory tomu, že je nutné rezervovat plnou kapacitu pro přenos instalovaného výkonu.

Ani decentralizovaná výroba na hladinách NN a VN však není bezproblémová. Jedná se především o zpětné toky elektrické energie do vyšších napěťových hladin ES, nebezpečí výskytu napětí na vypnutém vývodu VN, problémy při vypínání zkratů a zemních spojení. To vše vyžaduje investice do distribučních soustav, aby byl zajištěn spolehlivý a bezproblémový provoz elektrizační soustavy. Jak uvádí Státní energetická koncepce z listopadu 2012, předpokládá se rozvoj distribuovaných zdrojů elektřiny s podílem instalovaného výkonu v DS více než 50%. [8] [10]

Možností, jak zamezit negativním vlivům FVE na regulační nároky ES, jsou systémy

3 Rok 2011 jsem zvolil, protože celkový instalovaný výkon se měnil jen nepatrně a zaručuje tedy dostatečnou přesnost výpočtu.

s akumulací elektrické energie. Dokázaly by tak vyrovnat výstupní výkon FVE v krátkodobém (denním) horizontu, případně i v dlouhodobějším horizontu léto – zima, a tím snížit potřebu případné velké regulační kapacity. Tato koncepce je však kvůli vysoké ceně baterií a dalších akumulačních prvků v současné době značně ekonomicky nevýhodná. Baterie by tvořily až třetinu pořizovacích výdajů za FVE. ^[9]

Další cestou jsou tzv. Smart Grids, což jsou sítě, ve kterých je spotřeba a výroba energie vzájemně komunikačně provázána s využitím automatizace pro maximalizaci efektivity nakládání s elektřinou. Tato volba je v současnosti ve fázi intenzivního výzkumu a její případná celorepubliková implementace bude trvat ještě mnoho let. ^[15]

3.2. Podpora energie vyrobené z FVE

Podpora elektřiny z obnovitelných zdrojů se v ČR zavedla přijetím zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů. Stalo se tak proto, aby ČR splnila svůj závazek krytí 13% hrubě konečné spotřeby energie z OZE.^[10] V průběhu dalších let se postupně měnily jak podmínky podpory, tak i její výše, a to především jako reakce na velký nárůst instalovaného výkonu (Obr. 5), a tedy i celkovou sumu vyplácenou formou podpory FVE. Poslední změna přišla s přijetím zákona č. 310/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 407/2012 Sb., a další související zákony.

3.2.1 Formy podpory energie z FVE

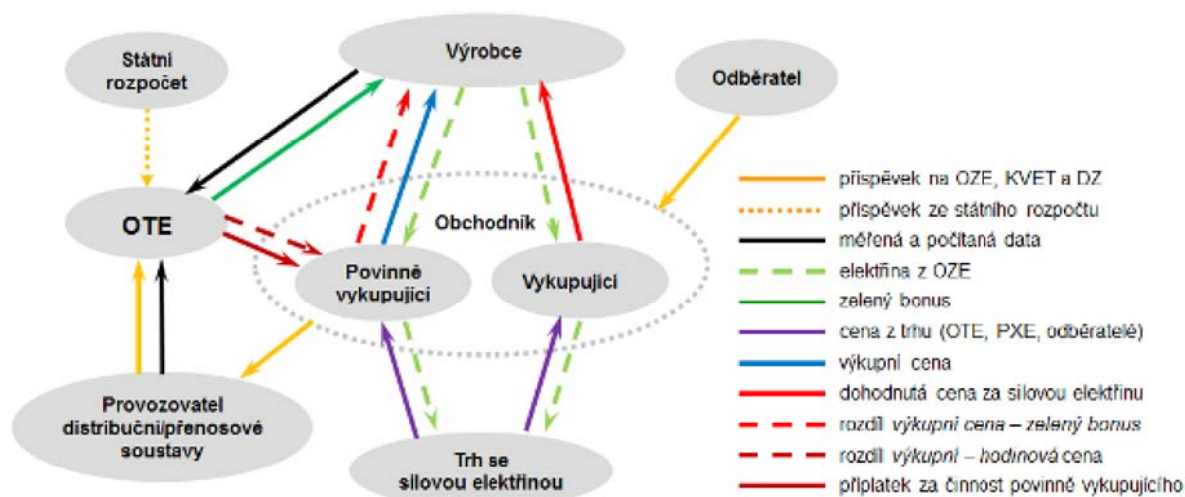
Na výrobu energie z obnovitelných zdrojů ze sluneční energie existují tyto podpory:

- 1) Investiční podpora z dotačních programů - např.: Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie EFEKT a další.
- 2) Osvobození od daní:
 - a) Osvobození od daně z příjmů, na základě zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů. To se vztahovalo pouze na zdroje uvedené do provozu do roku 2010 včetně a na pět let bezprostředně po uvedení do provozu.
 - b) Daňové odpisy, na základě zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů.
 - c) Osvobození od daně z elektřiny podle zákona č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů.
 - d) Osvobození od daně z nemovitostí podle zákona 338/1992 Sb., o dani z nemovitostí.
- 3) Provozní podpora - platby výkupních cen, ročních zelených bonusů a hodinových zelených bonusů. Tyto jednotlivé provozní podpory nelze kombinovat dohromady. V současnosti však již tuto formu není možné využívat. Pro její zásadní význam na ekonomiku celého státu však bude podrobněji rozebrána dále. ^[11]

Právě v režimech provozní podpory přišla se zákonem č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, změna ve výplatních schématech. Byla přidána možnost volby tzv. hodinového zeleného bonusu a zároveň vydána omezení pro nově připojené zdroje. U zdrojů připojených od 1. 1. 2013 do 31. 12. 2013 je podporována elektřina vyrobená využitím energie slunečního záření již pouze u zdrojů s instalovaným výkonem do 30 kW_p, které jsou umístěny na budovách (střešní konstrukce a obvodové zdi). [13] [6]

3.2.2 Provozní podpora elektřiny z FVE

V závislosti na zvolené formě provozní podpory se mění schéma výplat a také subjekty, které se ho účastní. Volba formy podpory je regulována zákonem č. 165/2012 Sb. Obecné schéma se nachází na Obr. 7.



Obr. 7: Finanční a informační toky systému výplaty podpory OZE, [5]

Forma výkupních cen

Ve formě výkupních cen je veškerá elektřina vyrobená výrobcem vykupována povinně vykupujícím, což je obchodník s elektřinou, který je pro danou oblast určen Ministerstvem průmyslu a obchodu. Pokud ministerstvo nikoho neurčí, přebírá tuto povinnost místně příslušný dodavatel poslední instance (podle umístění výroby: ČEZ Prodej, s.r.o., EON Energie, a. s., Pražská energetika, a. s.). Výše výkupní ceny je stejně jako výše ročního zeleného bonusu stanovena ERÚ v daném kalendářním roce na rok následující v Kč/MWh. [5]

Forma ročního zeleného bonusu

Při této formě podpory výrobce dodává elektřinu vykupujícímu na základě uzavřené smlouvy, nebo elektřinu sám spotřebovává. Zelený bonus hradí výrobci operátor trhu na základě naměřených hodnot vyrobené elektřiny, případně výpočtu vyrobené elektřiny. Výrobce může nabídnout elektřinu povinně vykupujícímu, který je povinen uhradit výrobci rozdíl mezi výkupní cenou a zeleným bonusem. V případě, že tato uhrazená částka je vyšší než hodinová cena elektřiny na denním trhu, zohlední ERÚ vícenáklady v ceně za činnost povinně vykupujícího. ^[5]

Forma hodinového zeleného bonusu

Hodinový zelený bonus využívá stejného schématu jako roční zelený bonus, jeho výše se však mění podle hodinové ceny elektřiny. Metodiku výpočtu výše bonusu stanovuje ERÚ pro jednotlivé kategorie OZE. ^{[5] [13]}

Odvod z elektřiny ze slunečního záření

V závislosti na formě podpory stanovuje zákon č. 165/2012 Sb. povinnost odvodu z elektřiny ze slunečního záření pro zařízení uvedená do provozu v období 1. 1. 2009 – 31. 12. 2010 s instalovaným výkonem vyšším než 30 kW_p (viz. Tabulka 1). Základem odvodu je částka podpory bez DPH, kterou výrobce fakturuje plátcí.

Výše odvodu z elektřiny ze slunečního záření

rok	odvod z výkupní ceny	odvod ze zeleného bonusu
2013	26 %	28 %
2014	10 %	11 %

Tabulka 1: Výše odvodu z elektřiny ze slunečního záření, ^{[13] [14]}

Tento odvod se týká obou vln připojování FVE do ES ČR (viz. Obr. 5) a má za cíl zmírnit nároky na finanční podporu těchto obnovitelných zdrojů energie. ^{[13] [14]}

Vliv provozní podpory na konečnou cenu elektřiny

Kvůli celkové sumě finančních prostředků vynaložených na podporu elektřiny z obnovitelných a druhotných zdrojů, vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla byla zavedena pevná cena na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny.⁴ Tu hradí dle zákona č. 165/2012 Sb.:

- „a) zákazník za množství elektřiny jím spotřebované,
- b) výrobce provozující výrobu elektřiny za množství elektřiny jím spotřebované včetně množství elektřiny spotřebované jiným účastníkem trhu s elektřinou bez použití přenosové nebo distribuční soustavy,
- c) provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy za ostatní spotřebu“.

Výjimku tvoří elektřina užitá pro čerpání přečerpávacích vodních elektráren, spotřebovaná zákazníkem v ostrovním režimu odděleném od ES ČR, spotřebovaná pro technologickou vlastní spotřebu elektřiny a dále elektřina pro pokrytí ztrát v přenosové a distribuční soustavě.

Výše úhrady byla stanovena Energetickým regulačním úřadem pro rok 2013 na 583 Kč/MWh a od 1. 1. 2014 na 495 Kč/MWh.

To znamená, že všichni spotřebitelé elektřiny platí v ceně elektřiny část podpory OZE. Dochází tak ke zvyšování ceny elektřiny a zhoršuje se tím celková konkurenceschopnost českých podniků. ^{[6] [13]}

⁴ Rozpočet na podporu OZE byl 44,4 mld. Kč pro rok 2013 dle webu Poslanecké sněmovny Parlamentu České republiky.

3.3. Vliv FVE na účastníky trhu s elektřinou

Účastníky trhu s elektřinou jsou:

- a) výrobci elektřiny,
- b) provozovatel přenosové soustavy,
- c) provozovatelé distribučních soustav,
- d) operátor trhu (OTE),
- e) obchodníci s elektřinou,
- f) zákazníci. ^[18]

a) Výrobci elektřiny jsou v současnosti ovlivněni faktem, že elektřina z FVE je povinně vykupována dodavateli poslední instance. Je tedy zajištěn její přednostní odběr a od ostatních výrobců je následně odebíráno méně energie pro pokrytí spotřeby. Tím jim klesají tržby a následně i zisk. Dále také může docházet k vyššímu využívání výrobců zapojených do podpůrných služeb, kvůli denním výkyvům výkonu dodávaného z FVE. Spolu s růstem instalovaného výkonu FVE a dalších plně neříditelných obnovitelných zdrojů elektřiny je nutné zajistit dostatečný pohotovový výkon připojený do ES.

V budoucnu, pokud by FVE vyráběla levnou elektřinu (zlevnění modulů apod.), by mohlo dojít až k poklesu cen silové elektřiny a opět ke snížení tržeb ostatních výrobců elektřiny. To je však ještě velmi daleká budoucnost.

Výrobce také platí cenu na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny (viz. kapitola 3.2.2), což může velmi zvyšovat jejich náklady na výrobu elektřiny.

b) Provozovatel přenosové soustavy je ovlivněn FVE připojenými do DS jen minimálně. Vyšší nároky je možno vidět v nutnosti zajistit dostatečný objem podpůrných služeb pro kvalitní a spolehlivou dodávku elektřiny.

c) Provozovatelé distribučních soustav se starají o připojování FVE do sítě a bezpečný chod soustavy. Musí tedy zajistit odpovídající rozvoj distribuční soustavy (viz. kapitola 3.4.). ^[19]

d) Operátor trhu, kromě mnoha dalších činností, shromažďuje údaje o vyrobené elektřině z podporovaných OZE, a následně vyplácí provozní podporu dle schématu v kapitole 3.2.. S nárůstem mnoha výroben elektřiny musí zákonitě docházet také k nárůstu administrativních úkonů. [12]

e) Obchodníci s elektřinou, určení MPO, povinně vykupují podporovanou elektřinu z FVE. Následně pak přebírají zodpovědnost za odchylky. Ty jsou definovány zákonem č. 458/2000 Sb. jako: „součet rozdílů skutečných a sjednaných dodávek nebo odběrů elektřiny v daném časovém úseku“. V současnosti však tato povinnost náleží dodavatelům poslední instance. V případě nepodporovaných zdrojů energie, jímž se FVE od 1.1.2014 stala, není elektřina povinně vykupována. Její prodej tak podléhá smluvním vztahům mezi obchodníkem a výrobcem. [5] [13] [18]

f) Zákazníci jsou nejpočetnější skupinou účastníků trhu s elektřinou. Na podporu elektřiny z OZE doplácí každý zákazník příspěvek na krytí nákladů na tuto podporu v rámci konečné ceny za elektřinu (viz. kapitola 3.2.2). Ovlivnění budoucími připojenými zdroji by však nemělo nastat. To platí jak pro cenu elektřiny, tak i spolehlivost a kvalitu dodávek ze sítě.

3.4. Podmínky připojení FVE do DS

Česká republika je z hlediska distribučních soustav rozdělena na 3 území (Obr. 8):

- ČEZ Distribuce, a. s. - severní část ČR
- E.ON Distribuce, a.s. - Jihočeský a Jihomoravský kraj
- PREdistribuce, a.s. - hlavní město Praha

Nově připojované výrobní elektřiny k DS musí splňovat podmínky pro připojení k dané distribuční soustavě vydané PDS, podmínky dané PPDS Přílohou č. 4 - Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí provozovatele distribuční soustavy a další energetickou legislativou. Technické požadavky (dispečerské řízení, regulace činného výkonu, regulace jalového výkonu, přenos měření, ochrany, zkratová odolnost, atd.) na výrobní nově připojované k DS je možno zjistit přímo u konkrétního PDS. Žadatel o připojení se dále řídí vyhláškou č. 81/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě. Ta stanovuje podmínky připojení zařízení žadatele k přenosové nebo distribuční soustavě takto: ^{[16] [17]}

- podání žádosti o připojení,
- předložení studie připojitelnosti,
 - pro připojení k hladině VN a vyšší
 - bude-li mít zařízení zřejmý vliv na spolehlivost provozu soustavy
- uzavření smlouvy o připojení mezi žadatelem a provozovatelem soustavy.

Mezi nejdůležitější požadavky kladené na připojované FVE patří především zamezení zpětných vlivů na napájecí síť. Můžeme sem zařadit:

- zvýšení napětí provozem výrobní,
- změny napětí při spínání zařízení,
- flikr,
- proudy harmonických,
- nesymetrie u fázových vodičů,
- ovlivnění zařízení hromadného dálkového ovládání. ^[20]

Žádost o připojení zařízení k PS nebo DS je posuzována provozovatelem dle [17] s ohledem na:

- místo a způsob požadovaného připojení,
- velikost požadovaného rezervovaného výkonu a časový průběh zatížení,

- spolehlivost dodávky elektřiny,
- charakter zpětného působení zařízení žadatele na soustavu,
- plánovaný rozvoj soustavy,
- pořadí podaných žádostí,
- limity připojitelného výkonu do ES stanovené PPS.

Žadatel hradí podíl na oprávněných nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného výkonu a v plné výši pak náklady na vývodové vedení do místa připojení. Podíl na oprávněných nákladech se určuje jako součin měrného podílu dle Přílohy č. 6 vyhlášky č. 51/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů (Tabulka 2), a požadovaného rezervovaného výkonu. [16]

Měrný podíl žadatele o připojení na oprávněných nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného výkonu		
Místo připojení k napěťové hladině	Způsob připojení	Měrný podíl žadatele
přenosová soustava	-	500000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ A	1200000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ B	150000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ A	640000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ B	150000 Kč/MW
distribuční soustava NN	3 fázové připojení	500 Kč/A
distribuční soustava NN	1 fázové připojení	200 Kč/A

Tabulka 2: Měrný podíl na oprávněných nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného výkonu [16]

Maximální připojitelný výkon P_{MAX} výrobního zařízení v dané oblasti se dle PPDS Přílohy č. 4 určuje následujícím vzorcem:

$$P_{MAX} = (\sum P_{i(N-1)} \cdot k_{TR} + P_{BILANCE}) \cdot k_E, \quad (3)$$

kde $P_{i(N-1)}$ je součet instalovaných výkonů transformátorů 110kV/VN v oblasti s vyloučením transformátoru s největším výkonem (= kritérium N-1),
 k_{TR} je koeficient zohledňující optimální zatížení transformátoru – nejčastěji se volí hodnota $k_{TR} = 0,9$,
 $P_{BILANCE}$ – výkonová bilance oblasti – odběr oblasti minus výroba v oblasti
 - měřena v letním období, korigována o hodnotu výkonu zdrojů mimo provoz v době měření,

k_E je koeficient zohledňující drobnou rozptýlenou výrobu

- nejčastěji se volí $k_E = 0,9$, pokud se nevytváří žádná rezerva pro rozptýlenou výrobu → nelze již připojit do oblasti žádný zdroj rozptýlené výroby. [19] [20]

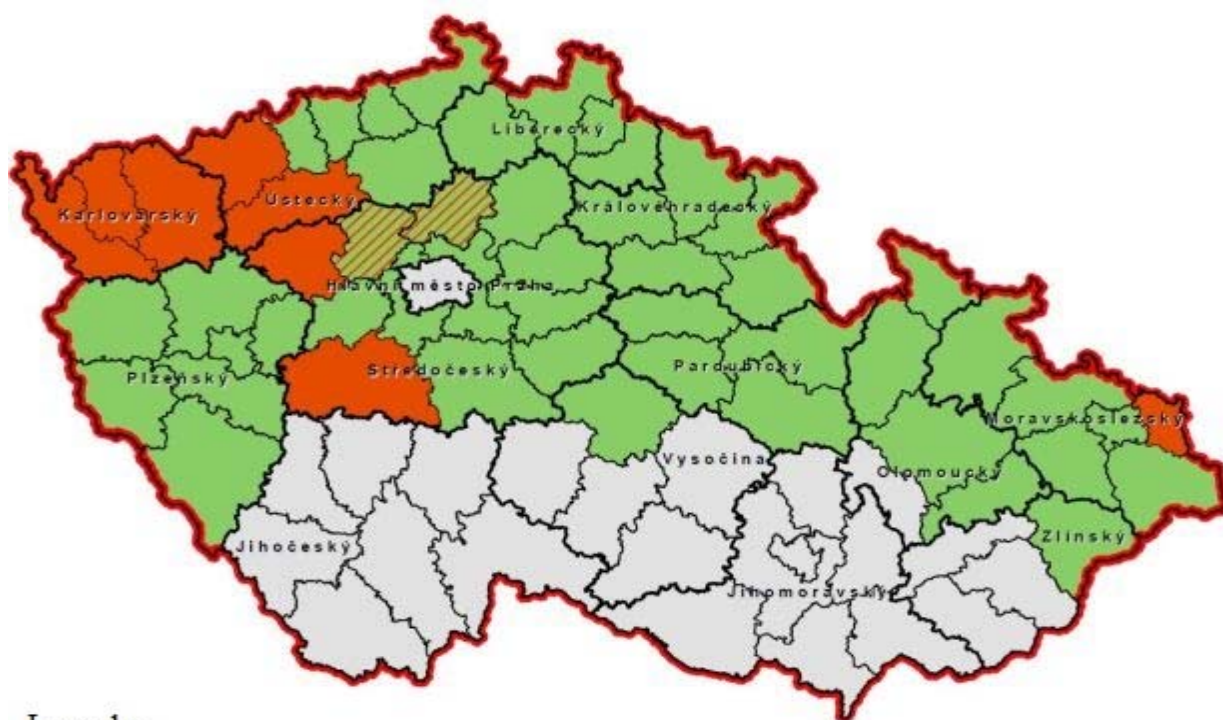
Odtud je poté možné vypočítat volnou kapacitu P_{VK} pro počítanou oblast:

$$P_{VK} = P_{MAX} - P_{REZ} \quad , \quad (4)$$

kde P_{VK} je volná kapacita výkonu v oblasti pro nové výrobní zdroje,

P_{REZ} je součet instalovaných výkonů zdrojů rezervovaných (odsouhlasené PDS, ale dosud neuvedené do provozu) a uvedených do provozu po měření $P_{BILANCE}$.

Mapa lokalit s volnou kapacitou pro připojení nových zdrojů do DS provozovanou společností ČEZ Distribuce, a. s. je vidět na Obr. 8.



Legenda:

zelená - oblasti otevřené z pohledu přetoků do přenosové soustavy

červená - oblasti uzavřené z pohledu nadlimitních přetoků do přenosové soustavy nebo nedostatku distribuční kapacity

šrafované - v okresech Kladno a Mělník je část území uzavřena pro připojování zdrojů

bílá - oblasti příslušející společností E.ON Distribuce, a.s. a PREdistribuce, a.s. (Praha)

Obr. 8: Lokality s možností připojování z pohledu volné kapacity elektrizační soustavy, [15]

PDS je podle §25 zákona č. 458/2000 Sb. a PPDS povinen průběžně zveřejňovat informace o možnostech distribuce v DS a každoročně zpracovávat a zveřejňovat informace o předpokládaném rozvoji DS na nejméně 5 let. Z těchto zveřejněných údajů (např. na webu ČEZ Distribuce, a. s.) můžeme zjistit, že ve většině lokalit je volná distribuční kapacita jak na vedeních 110 kV, tak i na transformátorech 110 kV/VN. Pro podrobnější informace o možnostech připojení do nižších napěťových hladin je nutné kontaktovat místně příslušného PDS. ^{[16] [17] [18] [19]}

Aby mohl výrobce začít vyrábět elektřinu z FVE, je nutné získat licenci na výrobu elektřiny. Tu uděluje ERÚ výrobcí na základě žádosti na dobu nejdéle 25 let. Spolu se získáním licence se výrobce stává osobou podnikající na základě jiného oprávnění. Má tedy jako fyzická osoba povinnost, pokud tak již neučinil, se zaregistrovat u místně příslušného finančního úřadu. Dále je nutné se přihlásit u místně příslušné okresní správy sociálního zabezpečení do 8. kalendářního dne v měsíci následujícím zahájení samostatné výdělečné činnosti a u zdravotní pojišťovny do 8 dnů od zahájení samostatné výdělečné činnosti. Dále je ještě třeba registrovat novou výrobní u OTE. ^{[12] [18] [22]}

Pro dodávku elektřiny do DS, musí být (kromě smlouvy o připojení) uzavřena mezi obchodníkem a výrobcem smlouva o dodávce elektřiny, ve které je upraveno převzetí odpovědnosti za odchylku. ^[21]

3.5. Plánovaný rozvoj FVE v ČR

Rozvoj celé elektrizační soustavy včetně plánování připojení nových zdrojů je zpracováván Státní energetickou koncepcí. Její nejnovější aktualizace byla provedena v listopadu 2012 a podává náhled na vývoj ES ČR, cíle energetického výrobního mixu do roku 2040 a uvádí nástroje, jimiž bude uvedených cílů dosaženo. Kromě SEK vydává MPO ještě Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů, přičemž v současnosti platí verze ze srpna 2012 s podrobnějším výhledem do roku 2020.

Oba tyto dokumenty ukazují, že bude docházet ke změně ve výrobě elektřiny z OZE. Dlouhodobý vývoj výroby elektřiny z OZE dle SEK je uveden v Tabulce 3:

Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny z OZE [GWh]

Druh zdroje	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Biomasa	1 492,0	1 879,0	1 948,0	2 424,1	2 908,9	3 393,7	3 878,5
Bioplyn	635,0	2 052,0	2 536,0	2 536,0	2 536,0	2 536,0	2 536,0
Biologicky rozložitelná část TKO	35,6	90,6	163,2	371,6	579,7	579,7	579,7
Vodní elektrárny	2 789,5	2 475,6	2 522,7	2 695,0	2 695,0	2 695,0	2 695,0
Větrné elektrárny	335,5	647,2	1 013,8	1 710,0	2 430,0	3 240,0	4 140,0
Geotermální elektrárny	0,0	18,4	18,4	55,2	69,0	92,0	138,0
Fotovoltaické elektrárny	615,7	2 275,5	2 403,6	3 390,0	4 633,0	5 932,5	7 345,0
Celkem	5 903,3	9 438,3	10 605,7	13 181,9	15 851,6	18 468,9	21 312,2

Tabulka 3: Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny z OZE, ^[10]

Je vidět, že fotovoltaika bude mít ve výrobě elektřiny z OZE nezastupitelnou roli i v budoucnu. Pokud se podíváme podrobněji na tabulku, můžeme zjistit, že pro splnění očekávané hrubé výroby elektřiny z FVE je nutné ještě zvýšit celkový instalovaný výkon elektráren. V horizontu 10 let bude pak potřeba tento výkon zvednout o další polovinu. Tyto nové instalace plánuje SEK provádět především v rámci malých výkonů za využití střešních konstrukcí. ^{[10] [11]}

4. Ekonomická efektivnost FVE dle současných podmínek

V této části práce se budu zabývat efektivností investice do FVE z pohledu investora, který je zároveň odběratelem elektřiny z DS. FVE jako každý jiný investiční projekt by měla být především ekonomicky a technicky prospěšná jak pro investora, tak pokud možno pro společnost a další účastníky trhu s elektřinou. V současnosti díky ukončení podpory pro nově připojené FVE se obecně neočekává, že by se v příštích dvou letech objevovaly nové instalace. Tato kapitola by tedy mohla podat odpověď na následující otázky: Co je největší překážkou pro instalaci FVE z ekonomického hlediska? Vyplatí se vůbec FVE v dnešní době? A pokud ano, tak pro koho a v jakém režimu?

4.1. Vstupní podmínky projektu

Pro hodnocení projektu FVE je třeba nejprve definovat vstupní parametry. Je zřejmé, že nelze hodnotit obecně všechny budoucí FVE v České republice - právě z důvodu rozdílných podmínek, za nichž se realizace provádí. Proto se v této analýze zaměřím především na FVE malých výkonů, které podle mého názoru představují díky decentralizaci výroby velký potenciál ČR.

Budu uvažovat modelovou elektrárnu „na klíč“ o instalovaném výkonu 5 kW_p složenou z polykrystalických modulů a připojenou do hladiny NN distribuční soustavy ve východních Čechách. Celý projekt bude uvažován pro systém připojený k distribuční soustavě a elektřina, jež nebude spotřebována uživatelem, bude dodávána právě do distribuční soustavy. Výstavba výrobní je plánována na rok 2014, s připojením do DS a spuštěním provozu se počítá na začátek roku 2015. Fotovoltaické moduly budou umístěny se sklonem $\beta=35^\circ$ od vodorovné roviny s orientací na jih na střešní konstrukci, což odpovídá např. instalaci na střeše výrobního závodu či rodinného domu.

Kalkulace bude prováděna pro tyto varianty:

- 1) Provozovatelem elektrárny bude fyzická osoba, která FVE provozuje jako svou jedinou vedlejší samostatnou výdělečnou činnost (např. zaměstnanec) a bude vést daňovou evidenci. FVE bude umístěna na střeše rodinného domu pro sociální bydlení. Vyrobená elektřina bude z části spotřebována pro soukromé účely a zbytek bude prodán obchodníkovi s elektřinou.
- 2) Provozovatelem FVE bude fyzická osoba neplátce DPH, která provozuje hlavní samostatnou výdělečnou činnost a vede daňovou evidenci. FVE bude umístěna na střeše dílny využívané pro podnikání. Vyrobená elektřina bude spotřebována pro ekonomickou činnost a nespoteřbovaná elektřina bude prodána obchodníkovi s elektřinou.
- 3) Provozovatelem FVE bude právnická osoba plátce DPH, která vede účetnictví. FVE bude umístěna na střeše výrobní budovy. Elektřina bude užita pro ekonomickou činnost a nespoteřbované přebytky budou prodány obchodníkovi s elektřinou.

Další důležité parametry budou určeny v následujících kapitolách.

Jako hlavní ukazatel ekonomické efektivity elektrárny použiji čistou současnou hodnotu (NPV), protože zohledňuje časovou cenu peněžních toků projektu.

4.2. Energetická produkce elektrárny

4.2.1 Výroba elektřiny ze slunce

FVE vyrábí elektřinu přímou konverzí z energie dopadajícího záření, proto je celková roční energie vyrobená fotovoltaickými moduly závislá na energii dopadající na povrch modulu za rok, azimutu orientace a sklonu β od vodorovné roviny. Pro oblast východních Čech dle [23] (databáze PVGIS-CMSAF), instalaci směrem na jih a sklon β od povrchu země 0° vychází celková průměrná suma energie dopadající na metr čtverečný povrchu modulu za rok $H_{C,0} = 1095 - 1110 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. V praxi se však pro zemní instalace užívá sklonu $\beta = 35^\circ$, který poskytuje vyšší roční energetickou produkci.

Měrnou roční produkci C_M c-Si modulu (krystalický křemík) vypočítám ze vzorce:

$$C_M = p_{\text{POT}} \cdot H_{C,0} \quad [\text{kWh}/\text{kW}_p] \quad , \quad (5)$$

kde jednotlivé symboly mají tento význam:

p_{POT} je tzv. produkční potenciál, který v sobě zohledňuje vliv sklonu od vodorovné roviny a ztrát v systému na produkci energie,

pro c-Si, $\beta=35^\circ$ a orientaci na jih vychází $p_{\text{POT}} = 0,97$.

$H_{C,0}$ je roční dávka ozáření na vodorovnou rovinu $[\text{kWh}/\text{m}^2]$. [24]

I přes fakt, že produkční potenciál je určen pro c-Si a mnou uvažovaná FVE se sestává z polykrystalických článků, mohu uvedenou hodnotu p_{POT} uvažovat i v dalších výpočtech, protože produkční potenciál ostatních technologií je vyšší (max. 1,06), a tedy takto odhadovaná produkce je spíše pesimistická. [24]

Ze vzorce (5) dosazením vypočítám $C_M = 1062 - 1077 \text{ kWh}/\text{kW}_p$.

Pokud porovnáme takto vypočtené hodnoty C_M s hodnotami dle modelu z [23], zjistíme, že PVGIS uvádí měrnou roční produkci $C_M \approx 970 \text{ kWh}/\text{kW}_p$ (v závislosti na přesném umístění objektu). To je způsobeno především různým odhadem ztrát při přeměně a přenosu energie v systému.

Při použití dalšího dostupného zdroje, a sice dat z ERÚ, mohu vypočítat následující měrné roční produkce pro roky 2008-2013: ⁵

Měrná roční produkce FVE v ČR v letech 2008-2013						
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013
kWh/kW _p	1119	886	947	1070	1091	957

Tabulka 4: Měrná roční produkce z FVE v ČR, data z Přílohy 1

Data z Tabulky 4 však obsahují hodnoty z mnoha různých míst po celé ČR s různými orientacemi i sklony a ztrácí tím požadovanou přesnost.

Z uvedených hodnot je zřejmé, že C_M stejně jako H_C závisí na meteorologických podmínkách uplynulého roku a také na použité metodě jejich určení. Pro výpočty ekonomického modelu FVE budu tedy uvažovat měrnou roční produkci $C_M = 1000 \text{ kWh/kW}_p$. Dopad této aproximace na efektivnost projektu bude nastíněn v kapitole 5.

4.2.2 Vývoj produkce v čase

Produkce elektřiny během roku kopíruje časový průběh intenzity záření na povrch Země. Tento jev v globálním měřítku je vidět na Obr. 6, kdy přes léto můžeme pozorovat až sedminásobný nárůst celkové energie vyrobené za měsíc.

Postupem času se stářím modulů klesá jejich výkon, a tím i energie, kterou je modul schopen vyrobit. To může být způsobeno degradačními procesy uvnitř modulu (např. hnědnutí laminace), korozi jednotlivých částí, případně také poškozením antireflexní vrstvy na povrchu modulu. Výrobci běžně dávají záruku na pokles výkonu za 10 let na 90% štičkové hodnoty výkonu a za 25 let 80% (např. ReneSola). Z této záruky tedy mohu odvodit předpokládanou životnost elektrárny 25 let. Pro další výpočty zlinearizuji pokles výkonu modulů ve dvou intervalech: pro prvních 10 let projektu pokles o 1%/rok a pro dalších 15 let o 0,66%/rok. Životnost elektrárny může být samozřejmě následně prodloužena, v tom případě je však třeba uvažovat další výdaje související se zajištěním funkčnosti na další období. ^{[25] [26]}

⁵ Při výpočtu bylo uvažováno, že nové elektrárny byly připojeny v polovině měsíce. Tedy, že produkce za první polovinu měsíce je tvořena původními zdroji a v druhé polovině měsíce již vyrábí i nově připojené výroby.

4.3. Příjmy v rámci životního cyklu

4.3.1 Příjmy z produkce elektřiny

Příjmy z produkce získám součinem ceny za elektřinu a jejího množství. Cenu za elektřinu rozdělím podle způsobu využití energie vyrobené z FVE takto:

a) Veškerou elektrickou energii výrobce dodává vykupujícímu, který mu platí smluvní cenu. Ta se může odvíjet od ceny na denním trhu s elektřinou organizovaném OTE, je však nižší. V praxi vždy záleží na obchodníkovi, kolik je ochoten za dodanou elektřinu nabídnout. Pro zákazníky ČEZ Prodej, s.r.o. nabízí tento dodavatel pohyblivou cenu P_{FVE} za elektřinu z FVE dle následujícího vzorce:

$$P_{FVE} = P_{OTE} \cdot k_{CZK/EUR} - 600 \quad [\text{Kč/MWh}] , \quad (6)$$

kde P_{OTE} je cena denního trhu organizovaným OTE v EUR/MWh,

$k_{CZK/EUR}$ je kurz České národní banky CZK/EUR vyhlášený v obchodní den. [27]

V praxi se tato cena pohybuje okolo 500 Kč/MWh bez DPH v roce 2014. Pro další roky se dá očekávat meziroční nárůst o 2,4 %, což odpovídá odhadované inflaci (viz. kapitola 4.5.). Dnešní právní předpisy však nikomu nenařizují vykupovat elektřinu z nově postavených FVE a poptávka po ní tedy může být nejistá.

Zároveň je v současnosti možné čerpat na elektřinu dodanou na hladině NN do DS bonus na decentralní výrobu elektřiny ve výši 27 Kč/MWh. U něho budu také předpokládat inflační růst. [6]

b) Všechnu elektrickou energii výrobce sám spotřebovává a musí tedy mít dostatečnou spotřebu elektřiny během dne, aby nedocházelo k přetokům do DS. Tuto podmínku však dokáže splnit málokterý spotřebitel elektrické energie. V tomto případě spočívá ekonomická výhoda v ušetření výdajů na nákup elektřiny od dodavatele. Ze spotřebované elektrické energie z FVE platí výrobce poplatky za poskytování systémových služeb, činnost operátora trhu a cenu na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny. Ušetřená hodnota je tedy rovna součtu složek cen za distribuci a za silovou elektřinu, závislých na množství spotřebované elektřiny (v Kč/MWh). Paušální částky a poplatky jsou placeny i nadále.

Ušetřenou cenu za MWh vlastní spotřeby elektřiny v závislosti na tarifu dle ČEZ, a. s. pro rok 2014 ukazuje Tabulka 5.

	tarif spotřeby	silová elektřina		distribuce		celkem	
		vysoký tarif	nízký tarif	vysoký tarif	nízký tarif	vysoký tarif	nízký tarif
		Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/MWh
p.o.	C01d	1464,0	-	2523,85	-	3987,85	-
	C02d	1464,0	-	2022,09	-	3486,09	-
	C03d	1464,0	-	963,01	-	2427,01	-
f.o.	D01d	1241,3	-	2219,28	-	3460,58	-
	D02d	1241,3	-	1660,87	-	2902,17	-
	D26d	1539,3	923,3	580,23	36,38	2119,53	959,68
	D35d	1646,3	1169,3	250,03	36,38	1896,33	1205,68

Tabulka 5: Ušetřené výdaje za MWh elektřiny v závislosti na užívaném tarifu pro rok 2014.

Ve výpočtech jsem zvolil cenu dle tarifu D02d pro variantu 1) a C02d pro variantu 2) a 3) dle kapitoly 4.1.. Pro tyto tarify je instalace FVE potenciálně nejvýhodnější jak z hlediska spotřebované energie, tak z hlediska ceny elektřiny. Pro další roky projektu se obě ceny navyšují o 2,4 % odpovídající očekávané inflaci. [6]

c) Část elektrické energie výrobce spotřebovává a nespotřebované přebytky prodává vykupujícímu jako silovou elektřinu. Obecně lze říci, že výhodnost této varianty se pohybuje mezi oběma výše uvedenými modely. Čistá současná hodnota této varianty tedy bude limitována NPV těchto hraničních modelů. Z důvodu největší praktičnosti budu uvažovat právě tuto variantu s následujícími poměry vlastní spotřeby z elektřiny vyrobené ve FVE:

Číslo varianty	Popis varianty	poměr $\frac{\text{vlastní spotřeba}}{\text{výroba elektřiny}}$	poměr $\frac{\text{prodej přebytků}}{\text{výroba elektřiny}}$
1	Fyzická osoba – vedlejší SVČ	60 %	40 %
2	Fyzická osoba – hlavní SVČ	70 %	30 %
3	Právnícká osoba – plátce DPH	80 %	20 %

Tabulka 6: Zvolené poměry užití elektřiny vyrobené ve FVE

4.3.2 Příjmy z prodeje elektrárny po skončení životnosti

Zůstatkovou cenu FVE, za níž bude po skončení životnosti prodána, odhadnu jako 10% vstupní investice. Nejvyšší hodnotu bude mít především hliníková konstrukce, u níž jako u druhotné suroviny se nepředpokládá velký pokles ceny. Naopak další pokles ceny nových modulů by vedl k velmi nízké zbytkové hodnotě použitých modulů. Funkční střídač a kabeláž by pak měli tvořit zbytek zůstatkové ceny FVE.

4.4. Výdaje v rámci životního cyklu

Výdaje spojené s FVE rozdělím podle momentu realizace, na investiční, provozní a likvidační.

Investiční výdaje zahrnují cenu za administraci (studie, licence, poplatky), pořizovací cenu jednotlivých komponent (moduly, nosné konstrukce, střídače, ochrany, příp. transformátory), cenu za instalaci (výstavba elektrárny, přípojka k DS), výdaje spojené s pořízením kapitálu, a v případě zemní instalace pořízení a úpravu pozemku pro umístění elektrárny.

Provozní výdaje souvisí především s opravou nebo náhradou komponent, monitoringem a diagnostikou, revizí, údržbou, čištěním modulů a administrací. [1]

Likvidační výdaje jsou obecně spojeny s recyklací modulů, o kterou se však v případě nových instalací starají výrobci modulů, pak také s celkovým uvedením lokality do původního nebo dále využitelného stavu.

Mezi další výdaje, které se však poněkud vymykají předchozímu rozdělení lze zařadit také daň z příjmů, pojistné na veřejné zdravotní pojištění a pojistné na sociální zabezpečení.

4.4.1 Investice a její financování

Položky investice uvažovaného systému zobrazuje Tabulka 7. Tato orientační kalkulace byla provedena ve spolupráci se společností BARATECH, s.r.o., která se prodejem a instalacemi FVE na klíč zabývá.

Položka	Počet MJ	Cena za MJ	Celkem
Fotovoltaický modul ZN Shine ZXP-60-250P	20 ks	4 175 Kč	83 500 Kč
Střídač SMA STP 5000TL	1 ks	44 200 Kč	44 200 Kč
Hliníková nosná konstrukce	1 ks	15 500 Kč	15 500 Kč
Rozvaděč AC/DC	1 ks	10 600 Kč	10 600 Kč
Jističe, relé, přepěťové ochrany, AC a DC ochrana	1 ks	14 000 Kč	14 000 Kč
Kabely a lišty	1 ks	4 900 Kč	4 900 Kč
Montáž vč. revize	1 kpl	29 000 Kč	29 000 Kč
Doprava a logistika	1 kpl	5 500 Kč	5 500 Kč
Administrativa a dokumentace	1 kpl	5 500 Kč	5 500 Kč

Cena celkem bez DPH:	212 700 Kč
----------------------	-------------------

Tabulka 7: Položky investice FVE 5 kW_p

FVE se dle zákona č. 346/2010 Sb. odepisuje rovnoměrně bez přerušení po dobu 240 měsíců do 100% vstupní ceny. [28]

Pro FVE umístěné na stavbách pro sociální bydlení se dle § 48a zákona č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty, ve znění pozdějších předpisů, uplatní snížená sazba DPH 15 %. Sociálním bydlení se ve smyslu tohoto zákona rozumí mimo jiné rodinný dům, jehož celková podlahová plocha není větší než 350 m².^[31]

Na ostatní FVE pořizované neplátcí DPH se uplatní základní sazba DPH 21 %.^[31]

Plátcí DPH jsou dle zákona č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty, ve znění pozdějších předpisů, oprávněni k odpočtu daně z investice v poměrné výši odpovídající užití pro ekonomickou činnost. Při užití elektřiny z FVE pro ekonomickou činnost a prodej bude zvolen odpočet ve výši 100% DPH ze všech výdajů spojených s FVE.

V současnosti je v platnosti novela zákona o dani z přidané hodnoty, v níž se stanovuje jednotná sazba daně 17,5 % s účinností od 1.1.2016. Proto budu pro období od 1.1.2016 uvažovat právě tuto sazbu DPH.^[31]

Z hlediska financování investice včetně případných vyšších výdajů (záruka střídače) na počátku projektu budu uvažovat tyto možnosti:

- a) úhrada z vlastních prostředků,
- b) dlouhodobý úvěr na 20 let. Zde připadá v úvahu například neúčelová hypotéka nabízející nízkou roční úrokovou míru, nebo podnikatelský úvěr. RPSN čerpaného úvěru bude mít hodnotu 5,0 %.

4.4.2 Provozní výdaje

Největší položkou provozních výdajů je bezesporu oprava, příp. výměna poškozených modulů a střídačů. Protože moduly mají životnost 25 let shodnou s očekávanou životností celé elektrárny, budu předpokládat, že na ně nebude nutné vynakládat další finanční prostředky během života FVE. V případě střídačů již však toto neplatí. Jejich životnost je garantována na pouhých 5 let. To se dá vyřešit prodloužením záruky až na 25 let za 44 000 Kč bez DPH. Tím eliminujeme riziko nákupu nového střídače v případě poruchy během života elektrárny. Takto smluvená záruka bude splatná v době investice, proto bude čerpán úvěr i na tuto částku.^{[26][32]}

Další provozní výdaje odhadnu částkou 1000 Kč bez DPH pro první rok provozu elektrárny. V dalších letech pak bude navyšována o inflaci (viz. kapitola 4.5.).

4.4.3 Likvidační výdaje

Likvidační výdaje v tomto projektu uvažovat nebudu, protože za recyklaci modulů odpovídá v současnosti jejich výrobce. Ostatní výdaje (jako například demontáž systému) zanedbám vůči příjmům z likvidace.

4.4.4 Daň z příjmů

Daň z příjmů fyzických a právnických osob upravuje zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, v pozdějších zněních. Ten stanovuje daň jako součin sazby daně a základu daně sníženého o nezdanitelné a odčitatelné položky. Sazba daně je stanovena na 19% pro právnické osoby. Pro fyzické osoby se 1.1.2015 sazba mění z 15 % na 19 %. Solidární zvýšení daně není pro kalkulované subjekty uvažováno. Základ daně je stanoven jako rozdíl, o který příjmy ve zdaňovacím období, jež jsou předmětem daně, převyšují výdaje (náklady) na jejich dosažení, zajištění a udržení. Pro určení základu daně je tedy nutné určit nejprve příjmy a následně i související výdaje.

Jako příjem budu uvažovat jakékoliv užití elektřiny vyrobené z FVE pro ekonomickou činnost výrobce (příjmy z prodeje i ušetřené výdaje za elektřinu pro ekonomickou činnost). Příjmem tedy není cena elektřiny spotřebované pro soukromé účely.

Výdaje pro určení základu daně určím v poměrné výši odpovídající užití elektrárny pro ekonomické účely. Při výpočtech nebudou z důvodu rozmanitosti a rozsáhlosti problematiky uvažovány slevy na dani. ^{[28] [29] [30]}

Pro fyzickou osobu provozující vedlejší SVČ budu také uvažovat možnost uplatnění výdajů ve smyslu §7 zákona č. 586/1992 Sb. ve výši 40% příjmů. Pro výpočet daně z příjmů bude vždy uvažována výhodnější volba mezi uplatněním výdajů prokazatelně vynaložených a stanovením výdajů procentní sazbou z příjmů. ^[29]

Pro fyzickou osobu provozující hlavní SVČ a pro právnickou osobu uvažuji, že celkový základ daně má takovou výši, že změna základu daně vlivem FVE úměrně mění výši daně za zdaňovací období.

4.4.5 Pojistné na všeobecné zdravotní pojištění

Pojistné na všeobecné, resp. veřejné zdravotní pojištění upravuje zákon č. 592/1992 Sb.. Náležitosti tohoto zákona se s účinností od 1. 1. 2015 mění, proto budu pro výpočty od 1. 1. 2015 uvažovat jeho nové znění.

Pro období do 1. 1. 2015 platí uvažované subjekty pojistné takto:

a) Fyzická osoba samostatně výdělečně činná, která je současně zaměstnancem a odvádí ze zaměstnání zálohy vypočtené alespoň z minimálního základu pojistného, nebo za níž je plátcem pojistného stát, nemá stanoveno minimum základu pojistného. Pojistné pak odvádí ve výši 13,5 % z 50% dílčího základu daně z příjmů fyzických osob.

b) Fyzická osoba samostatně výdělečně činná nevedoucí účetnictví, na níž se nevztahuje výjimka placení minimálního základu pojistného, musí odvést pojistné vypočtené alespoň z minimálního základu stanoveného ve výši dvanácti násobků 50% průměrné mzdy. Pojistné se určí jako 13,5 % ze základu pojistného stanoveného jako 50% dílčího základu daně z příjmů fyzických osob.

c) Právnícké osoby neodvádějí pojistné na všeobecné zdravotní pojištění.

Pro období od 1. 1. 2015 odvádí uvažované subjekty pojistné takto:

a) Fyzická osoba samostatně výdělečně činná, která současně vykonává zaměstnání a odvádí z něho zálohy vypočtené alespoň z minimálního základu pojistného nebo je státním pojištěncem, nemá stanoveno minimum základu pojistného. Pojistné pak odvádí ve výši 6,5 % ze základu daně z příjmů fyzických osob.

b) Fyzická osoba samostatně výdělečně činná, na níž se nevztahuje výjimka placení minimálního základu pojistného, musí odvést pojistné vypočtené alespoň z minimálního základu stanoveného ve výši dvanácti násobků průměrné mzdy. Pojistné se určí jako 6,5 % ze základu pojistného stanoveného jako dílčí základ daně z příjmů fyzických osob.

c) Právnícké osoby neodvádějí pojistné na veřejné zdravotní pojištění. ^[34]

Pro každý rok modelu FVE předpokládám, že celkový základ pojistného na všeobecné/veřejné zdravotní pojištění osoby provozující hlavní samostatně výdělečnou činnost dostatečně převyšuje minimální základ pojistného a zároveň nedosahuje jeho maxima. Změna základu pojistného tedy vede úměrně ke změně částky pojistného za pojistné období.

4.4.6 Pojistné na sociální zabezpečení

Zákon č. 589/1992 Sb., o pojistném na sociální zabezpečení a zákon č. 155/1995 Sb., o důchodovém pojištění se s účinností od 1. 1. 2015 mění, a proto opět rozdělím odvod pojistného do dvou časových kategorií:

Pro období do 1. 1. 2015 odvádí uvažované subjekty pojistné v této výši:

a) Fyzická osoba provozující vedlejší samostatnou výdělečnou činnost je povinna odvádět pojistné na důchodové pojištění, pokud její příjem z této činnosti dosáhl alespoň rozhodné částky. Ta je stanovena jako 2,4násobek všeobecného vyměřovacího základu vynásobeného přepočítávacím koeficientem (pro rok 2014 je rozhodná částka 62 261 Kč)⁶. Osoby s příjmy vyššími než rozhodná částka platí důchodové pojištění a příspěvek na státní politiku zaměstnanosti 29,2% ze základu pojistného ve výši alespoň 50% daňového základu. Měsíční základ pojistného však nesmí být nižší než 0,1násobek průměrné mzdy. Protože příjmy v modelu FVE jsou nižší než rozhodná částka, nebudu odvod na důchodové pojištění uvažovat.

b) Fyzická osoba provozující hlavní samostatnou výdělečnou činnost je povinna účastnit se po dobu jejího výkonu důchodového pojištění. Pojistné se vypočítá jako 29,2% ze základu pojistného, jehož minimální výše je 50% daňového základu. Měsíční základ pojistného však musí činit alespoň 25% průměrné mzdy.

c) Právníky osoby neodvádějí pojistné na sociální zabezpečení.

Pro období od 1. 1. 2015 odvádí uvažované subjekty pojistné v této výši:

a) Fyzická osoba provozující vedlejší samostatnou výdělečnou činnost je povinna odvádět pojistné na důchodové pojištění, pokud její příjem z této činnosti dosáhl alespoň rozhodné částky. Ta je stanovena jako 2,4násobek všeobecného vyměřovacího základu upraveného přepočítávacím koeficientem⁷. Osoby s příjmy vyššími než rozhodná částka platí důchodové pojištění 6,5% ze základu pojistného ve výši alespoň daňového základu. Měsíční základ pojistného však nesmí být nižší než 0,5 násobek průměrné mzdy. Protože příjmy v modelu FVE jsou nižší než rozhodná částka, nebudu odvod na důchodové pojištění uvažovat.

6 Všeobecný vyměřovací základ je pro rok stanoven na 25 903 Kč. Přepočítávací koeficient je pro rok 2014 roven 1,0015.

7 Všeobecný vyměřovací základ určený na následující rok nemůže být nižší než předchozí rok a přepočítávací koeficient je nejméně roven jedné. Proto po celou dobu životnosti projektu mohou uvažovat rozhodnou částku vyšší než 62 261 Kč.

b) Fyzická osoba provozující hlavní samostatnou výdělečnou činnost je povinna účastnit se po dobu jejího výkonu důchodového pojištění. Pojistné se vypočítá jako 6,5% ze základu pojistného, jehož minimální výše je 100% daňového základu. Měsíční základ pojistného však musí činit alespoň 1,2násobek průměrné mzdy.

c) Právnícké osoby neodvádějí pojistné na sociální zabezpečení. ^[33]

Výše uvedené sazby platí, pokud se subjekty neúčastní důchodového spoření ani nemocenského pojištění. Tuto podmínku budu pro jednoduchost uvažovat během celé životnosti projektu. ^[33]

Pro každý rok modelu FVE předpokládám, že celkový základ pojistného na důchodové pojištění, stanovený jako 50%, resp. 100% daňového základu, osoby provozující hlavní samostatně výdělečnou činnost dostatečně převyšuje minimální základ pojistného, a zároveň nedosahuje jeho maxima. Změna základu pojistného tedy vede úměrně ke změně částky pojistného za pojistné období.

4.5. Současná hodnota příjmů a výdajů

4.5.1 Diskontní míra a inflace

Diskontní míra představuje alternativní možnost zhodnocení prostředků při nevyužití modelovaného projektu. Tím vytváří nárok na míru ziskovosti projektu. Pro každou osobu i firmu je diskont subjektivní, protože každý podnik i odvětví se odlišuje a náklady na ušlou příležitost jsou také rozdílné. V tomto modelu budu uvažovat reálnou diskontní míru pro právnickou osobu $k_{R1} = 6\%$, pro fyzickou osobu provozující hlavní SVČ $k_{R2} = 2\%$ a pro fyzickou osobu provozující FVE jako vedlejší SVČ $k_{R3} = 0,5\%$. Protože se však veškeré finanční toky realizují v nominálních cenách, je nutné tento reálný diskont přepočítat na nominální diskontní míru, respektující vliv inflace (viz. vzorec (7)).

Inflace způsobuje znehodnocování kapitálu v průběhu projektu a vytváří tedy rozdíl mezi reálnou a nominální cenou. V České republice byla dle ČSÚ za posledních 10 let ekvivalentní roční míra inflace 2,4%. V tomto příkladu jsem proto zvolil konstantní inflaci pro příští období také 2,4%.^[35]

Vliv inflačního prostředí v sobě zohledňuje nominální diskont k_N a určíme ho z následujícího vzorce:

$$k_N = (1 + k_R) \cdot (1 + h) - 1 \quad , \quad (7)$$

kde k_R je reálný diskont (diskont v reálných cenách),
 h je roční míra inflace.^[36]

Po dosazení získáme:

$$k_{N1} = (1 + 0,06) \cdot (1 + 0,024) - 1 = 0,0854 \quad , \quad (8)$$

$$k_{N2} = (1 + 0,02) \cdot (1 + 0,024) - 1 = 0,0445 \quad , \quad (9)$$

$$k_{N3} = (1 + 0,005) \cdot (1 + 0,024) - 1 = 0,0291 \quad . \quad (10)$$

To znamená, že nominální diskont budu pro právnickou osobu uvažovat 8,54% a pro fyzické osoby 4,45%, resp. 2,91%.

4.5.2 Současná hodnota jednotlivých finančních toků

Pro určení současné hodnoty jednotlivých peněžních toků je nutné každou částku vztáhnout ke stejnému časovému okamžiku, a tedy zohlednit časovou cenu peněz. Pro mé výpočty jsem jako tento okamžik zvolil rok 2014, v němž je prováděna investice a výstavba.

Současnou hodnotu CF_{2014} každého finančního toku určím pomocí následujícího vzorce:

$$CF_{2014} = \frac{CF_i}{(1+k_N)^i}, \quad (11)$$

kde CF_i je čistý peněžní tok v i -tém roce,
 k_N je nominální diskontní míra,
 i je rok, ve kterém je peněžní tok realizován. ^[36]

Čistý peněžní tok CF_i v i -tém roce určím podle vzorce (12):

$$CF_i = S_i - C_i, \quad (12)$$

kde S_i jsou celkové příjmy v i -tém roce,
 C_i jsou celkové výdaje v i -tém roce. ^[36]

Jednotlivé finanční toky pro uvažované varianty jsou rozepsány v Přílohách 2 až 4.

4.6. Čistá současná hodnota projektu

Čistou současnou hodnotu (NPV) projektu FVE vypočítám vzorcem (13).

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+k_N)^i}, \quad (13)$$

kde CF_i je peněžní tok v i -tém roce,
 k_N je nominální diskontní míra,
 i je rok, ve kterém je peněžní tok realizován,
 n je celková doba života projektu. ^[36]

Pro uvažované varianty jsem vypočítal tyto hodnoty NPV:

Číslo varianty	Popis varianty	Druh financování	
		Vlastní prostředky	Úvěr
1	Fyzická osoba – vedlejší SVČ	- 81 236 Kč	- 141 871 Kč
2	Fyzická osoba – hlavní SVČ	- 68 013 Kč	- 39 407 Kč
3	Právnícká osoba – plátce DPH	- 106 696 Kč	- 27 576 Kč

Tabulka 8: Hodnoty NPV pro různé subjekty a varianty financování.

Z uvedených hodnot NPV je vidět, že všechny uvažované varianty mají NPV záporné. Proto jejich realizace není pro investory výhodná. Tento závěr se týká ekonomického modelu FVE s parametry zvolenými v kapitole č. 4.

Jak by ale situace vypadala pro subjekty s jinými vstupními hodnotami? Byla by i pro ně FVE stále nevýhodnou investicí? Odpověď na tuto otázku budu hledat v následující kapitole.

5. Citlivostní analýza modelu FVE

V této části práce se zaměřím na vliv jednotlivých faktorů na ekonomickou efektivnost investice do FVE. Protože proměnných vstupujících do modelu je mnoho, omezím se pouze na ty nejdůležitější, jako jsou např. diskont, cena elektřiny a další.

S růstem ovlivňujících faktorů také roste riziko, že se některý z nich změní a projekt se stane ztrátovým. Kromě faktorů uvedených v této analýze hrají podstatnou roli také právní okolnosti a prostředí, v němž je projekt realizován. Jedná se zejména o daňové a pojistné sazby, poplatky, odvody a administrativní úkony spojené s provozem FVE. Právě v nich spatřuji velkou nejistotu budoucích elektráren. Různé politické změny tak přímo ovlivňují ekonomickou efektivnost projektů. Jako příklad může posloužit zavedení odvodu z elektřiny ze slunečního záření pro již postavené elektrárny. U takto malé FVE však tato politická rozhodnutí nemají zásadní vliv na efektivnost, nebo jsou naprosto nepředvídatelná.

Tato rizika, která s sebou nese každý dlouhodobý projekt, musí každý investor před realizací pečlivě zvážit.

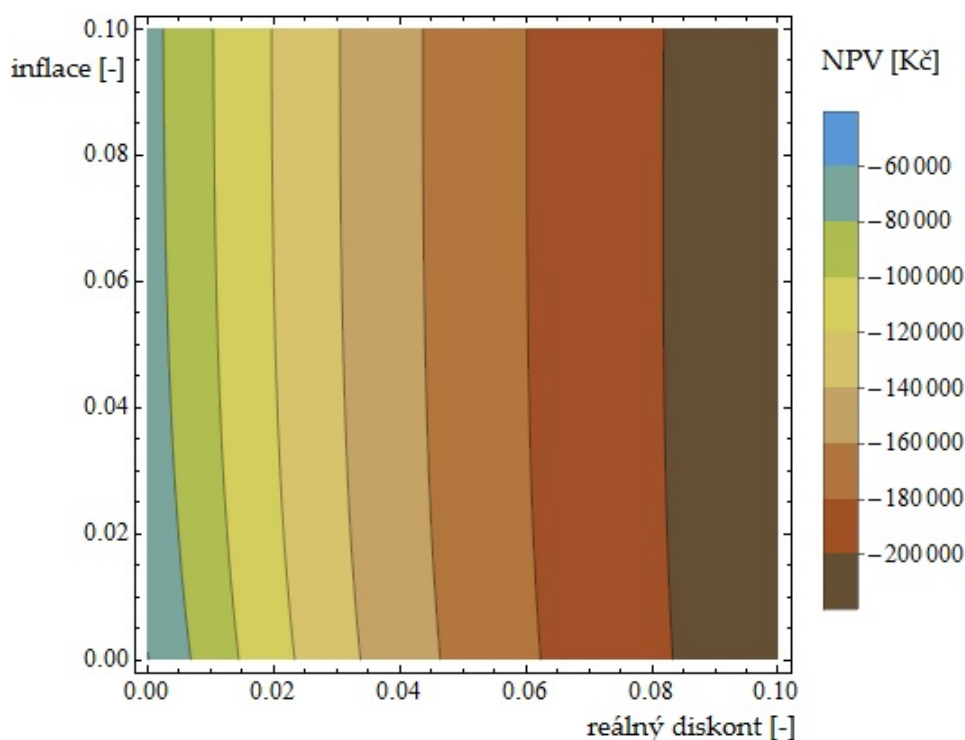
5.1. Fyzická osoba – vedlejší SVČ

V této kapitole se budu věnovat první variantě z předešlého modelu FVE. Zaměřím se na tyto důležité vstupní parametry: diskont, inflace, roční vyrobená elektřina ve FVE a spotřeba vyrobené elektřiny spolu s cenou ušetřenou za tuto spotřebu.

5.1.1 Vliv diskontu a inflace na NPV

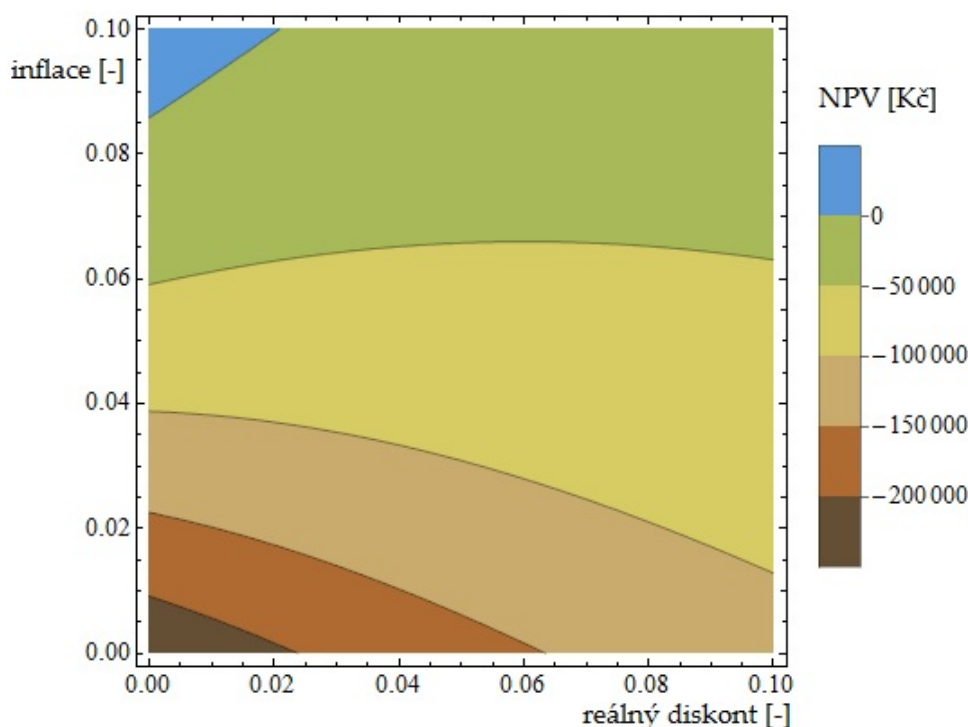
Volba správné diskontní míry je velmi důležitá pro rozhodnutí o realizaci či zamítnutí projektu. U projektů s dlouhou životností, jímž FVE doajista je, to platí dvojnásob. Diskont je subjektivní parametr, protože každý investor má jinou časovou hodnotu svých peněz. Diskontní míra v sobě také nese informaci o rizikovosti investice. Pro rizikové projekty je často požadována vyšší výnosnost, a tedy i diskontní míra.

Inflace má podobně významný vliv na NPV jako diskont. Na rozdíl od něj se však touto inflací zvyšují i příjmy a výdaje v průběhu života projektu. To vysvětluje velkou míru nezávislosti NPV na inflaci při financování z vlastních prostředků.



Obr. 9: Závislost NPV varianty č. 1 projektu na reálném diskontu a inflaci při financování z vlastních prostředků

Na druhé straně při financování dlouhodobým úvěrem s rostoucí inflací klesá reálná hodnota splátek a úvěr se stává mnohem výhodnějším. Často se však úroková míra úvěru odvíjí od výše inflace, v tom případě je kladný vliv inflace na úvěr eliminován.



Obr. 10: Závislost NPV varianty č. 1 projektu na reálném diskontu a inflaci při financování úvěrem

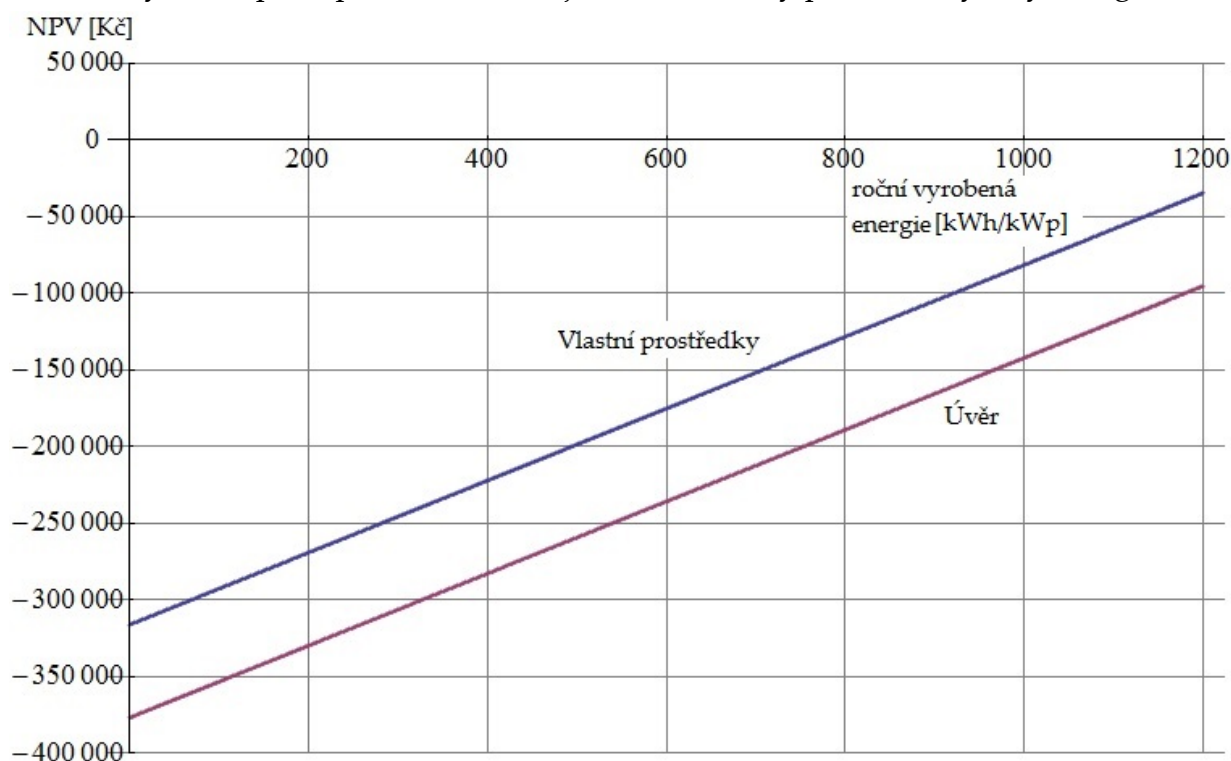
Česká národní banka svou měnovou politikou stanovila inflační cíle pro následující roky na hodnotu 2%. S tím, že bude usilovat o to, aby se skutečná hodnota nelišila od tohoto cíle o více než jeden procentní bod. To dává poměrně jasný koridor, v němž se však NPV nachází stále hluboko v červených číslech. Tuto situaci by mohla změnit jen nějaká neočekávaná událost vedoucí ke značnému zvýšení inflace. Na to se však při uvažování o realizaci nelze spoléhat. [37]

Z toho důvodu pokládám instalaci FVE pro subjekty varianty č. 1 za ekonomicky neefektivní.

5.1.2 Roční vyrobená elektřina ve FVE

V kapitole 4.2. jsem stanovil celkovou vyrobenou elektrickou energii pro elektrárnu ve východních Čechách s orientací modulů na jih a sklonem 35°. Pro jiné lokace a orientace bude jiná také vyrobená elektřina. Zvolená orientace a sklon odpovídají maximu výroby pro ČR, takže jediná možnost, jak zvýšit vyrobenou energii, je instalace

FVE na místě s vyšší celkovou roční sumou dopadající energie na zemský povrch (např. jižní Morava). Proti nárůstu výroby elektřiny však působí celá řada faktorů. Mezi nejvýznamnější patří rychlejší degradace než garantuje výrobce, poruchy a poškození způsobující odstavení elektrárny a také podprůměrně slunečné roky. Závislost NPV na roční vyrobené elektrické energii v nultém roce zobrazuje následující graf. Protože skutečná výroba s postupem času klesá, jedná se o určitý potenciál výroby energie.



Obr. 11: Závislost NPV varianty č. 1 projektu na roční vyrobené elektrické energii v nultém roce

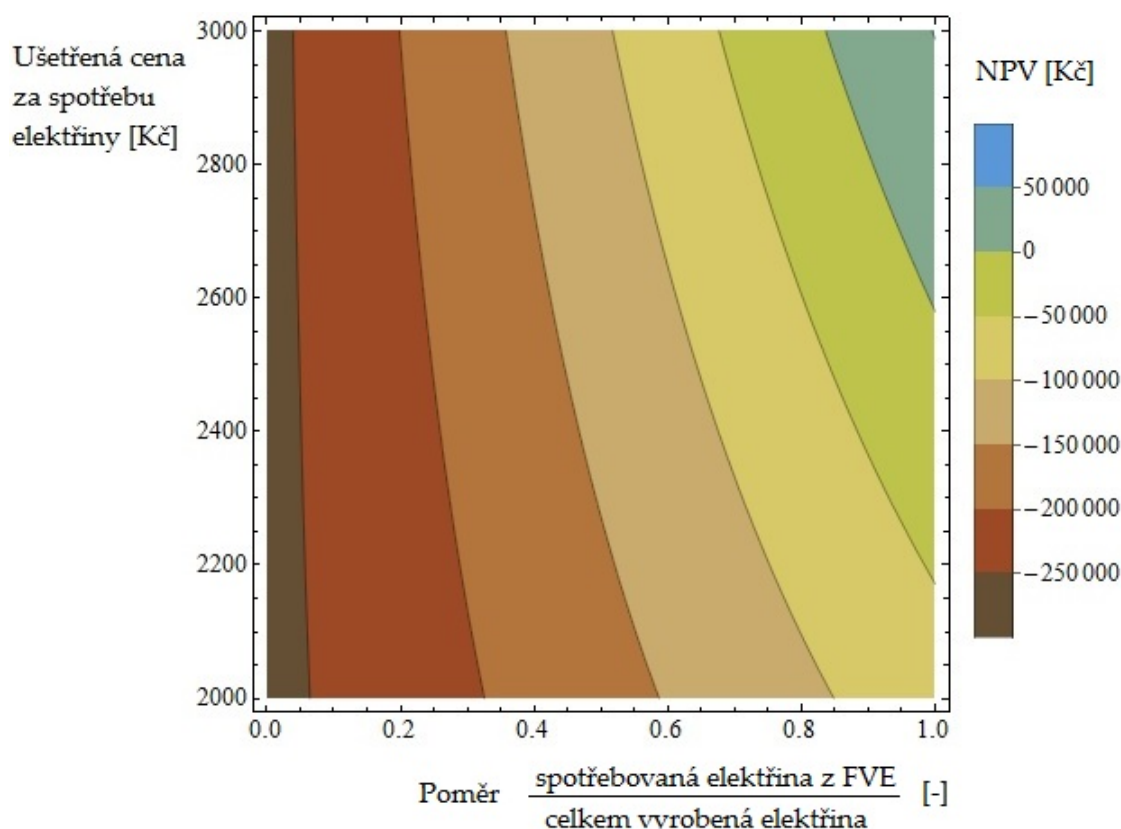
Vzhledem k tomu, že i v nejvýhodnějším místě v ČR je odhadovaná výroba modulů menší než 1100 kWh/kWp, nedá se rozhodně očekávat změna rozhodnutí se změnou polohy FVE. [23]

5.1.3 Spotřeba vyrobené elektrické energie a cena elektřiny

Úspora spojená se spotřebou elektřiny z FVE je mnohem vyšší než při jejím prodeji obchodníkovi (viz. kapitola 4.3.1). Odtud plyne snaha maximalizovat užitečně spotřebovanou elektřinu z FVE. Skutečný poměr mezi spotřebovanou a prodanou částí vyrobené elektřiny závisí na diagramu spotřeby daného objektu a může se tedy mezi výrobcí výrazně lišit. Pro co nejvyšší využití vyrobené elektřiny existují na trhu speciální regulátory. Ty měří proudy tekoucí do DS v každé fázi a spínají spotřebiče

připojené na příslušnou fázi. Jedná se nejčastěji o tepelná zařízení jako např. ohřívač teplé užitkové vody či elektrický kotel. [38]

Uživatelé, kteří navíc kromě běžných spotřebičů užívají elektřinu k ohřevu teplé užitkové vody a k topení, mají však pravděpodobně zvolený levnější tarif D26d nebo D35d. To znamená, že jejich úspora z instalace FVE je značně menší, než uvažovaná v předchozích kapitolách. Celá situace je zachycena na následujícím grafu, kde je zvoleno výhodnější financování – z vlastních prostředků.



Obr. 12: Závislost NPV varianty č. 1 projektu na ušetřené ceně za elektřinu a poměru spotřebované vyrobené elektřiny pro financování z vlastních prostředků

U rodinného domu, stejně jako u dílny či výrobní budovy, se běžně stává, že okamžitá spotřeba objektu přes den klesá takřka k nule. Osobně si tedy myslím, že použitých 60% odpovídá maximu, které lze v praxi u běžné domácnosti dosáhnout. Pro rozhodující složku ceny za elektřinu do 2500 Kč se FVE nevyplatí ani při spotřebě veškeré výroby (tarif D26d ~ 2200 Kč ve vysokém tarifu).

Ušetřená cena za elektřinu se skládá ze dvou částí. První částí je cena za distribuci (regulovaná ERÚ) a pro rok 2014 podstatně klesla. Druhou část tvoří cena silové elektřiny. I ta měla za poslední roky spíše klesající trend. Z toho plyne, že situace z hlediska ceny elektřiny nevypadá pro všechny nové FVE do budoucna výhodně.

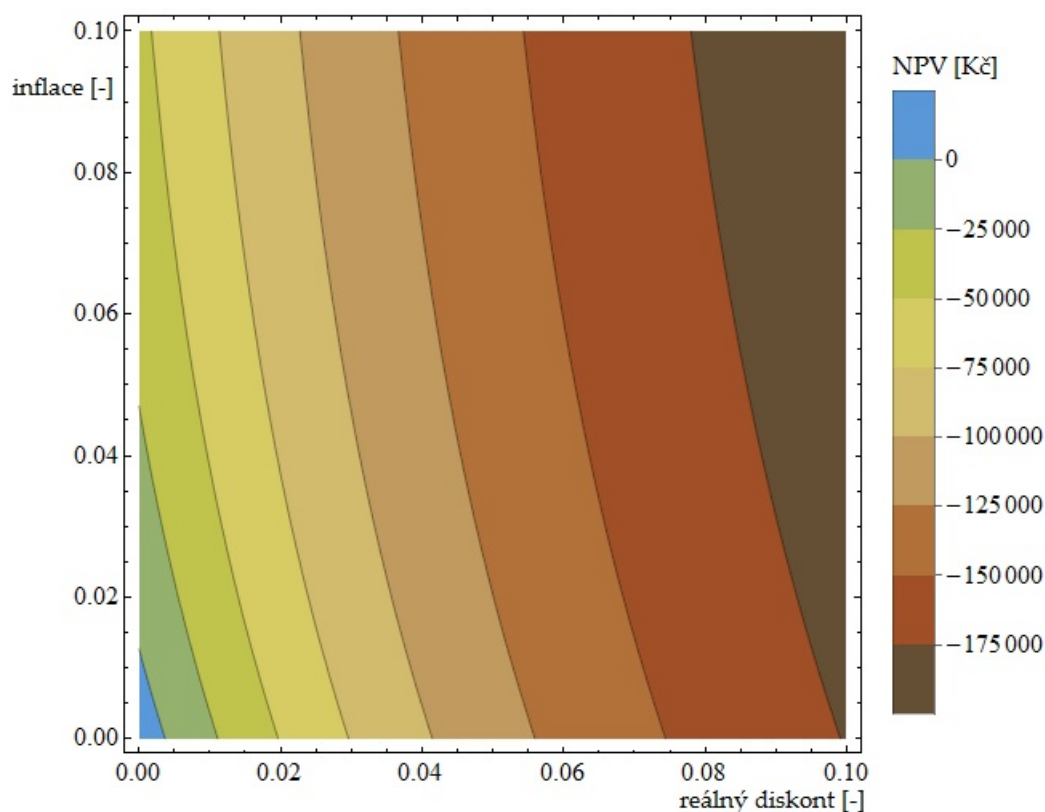
5.2. Fyzická osoba – hlavní SVČ

I pro tento subjekt provedu analýzu vlivu jednotlivých parametrů na výhodnost investice do FVE. Především díky možnosti využívat daňového a pojistného štítu se stává úvěr výhodnější pro financování.

5.2.1 Vliv diskontu a inflace na NPV

V kapitole 4. jsem zvolil pro výpočty reálnou roční diskontní míru 2%. To má respektovat vyšší možnosti zhodnocení finančních prostředků. I zde se však může objevit subjekt, který požaduje např. pouze uchování prostředků (diskont = 0%), nebo naopak vyšší diskont okolo 5%.

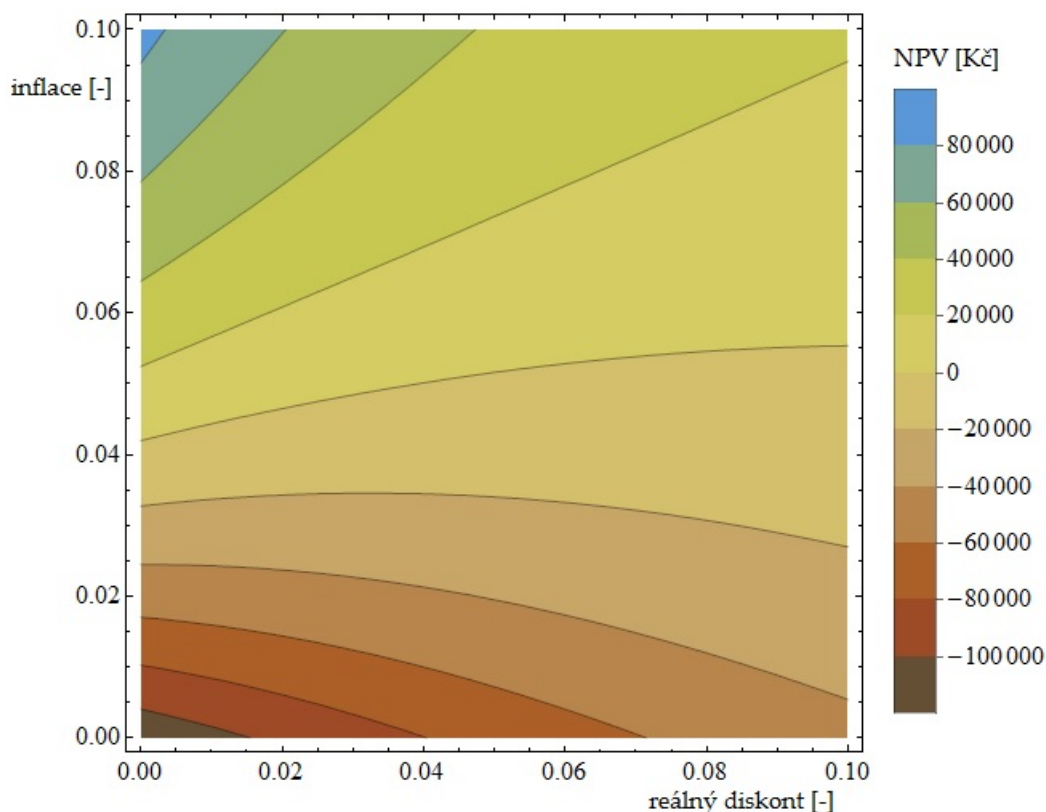
Z důvodu velké závislosti NPV na inflaci budu opět posuzovat vliv inflace dohromady s diskontem.



Obr. 13: Závislost NPV varianty č. 2 projektu na reálném diskontu a inflaci při financování z vlastních prostředků

Při financování z vlastních prostředků je vidět, že inflace má podobně jako u varianty č. 1 mnohem menší vliv než diskont. Celkově se však projekt vyplatí pouze pro nereálně nízké vstupní hodnoty.

Celá situace se mění při financování úvěrem.



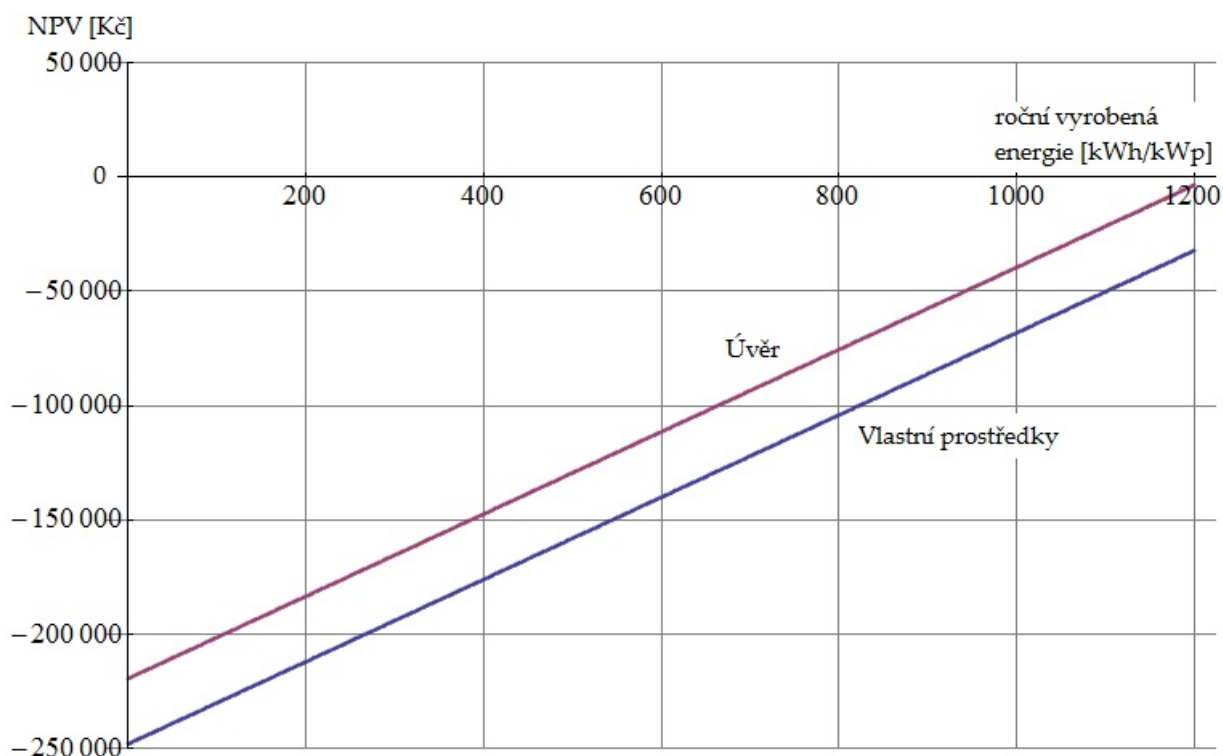
Obr. 14: Závislost NPV varianty č. 2 projektu na reálném diskontu a inflaci při financování úvěrem

Zde se naopak ukazuje dominance inflace nad reálným diskontem. Projekt by se pro inflaci nad 4% vyplatil. Tato hodnota je však podle mého názoru nereálná, ať už vzhledem k historickému vývoji nebo cílům ČNB. Navíc při fixaci úrokové míry úvěru na inflaci by se tento pozitivní vliv eliminoval a projekt by byl velmi nevýhodný. [38]

5.2.2 Roční vyrobená elektřina ve FVE

Je logické, že i v této variantě se bude měnit výhodnost investice na základě polohy a sklonu modulů FVE. Závislost NPV na potenciálu výroby elektřiny (vyrobená energie v nultém roce) zobrazuje Obr. 15.

Na něm je vidět, že i když by byla FVE umístěna na vhodnějším místě v ČR, stále to samo o sobě neřeší její nevýhodnost.

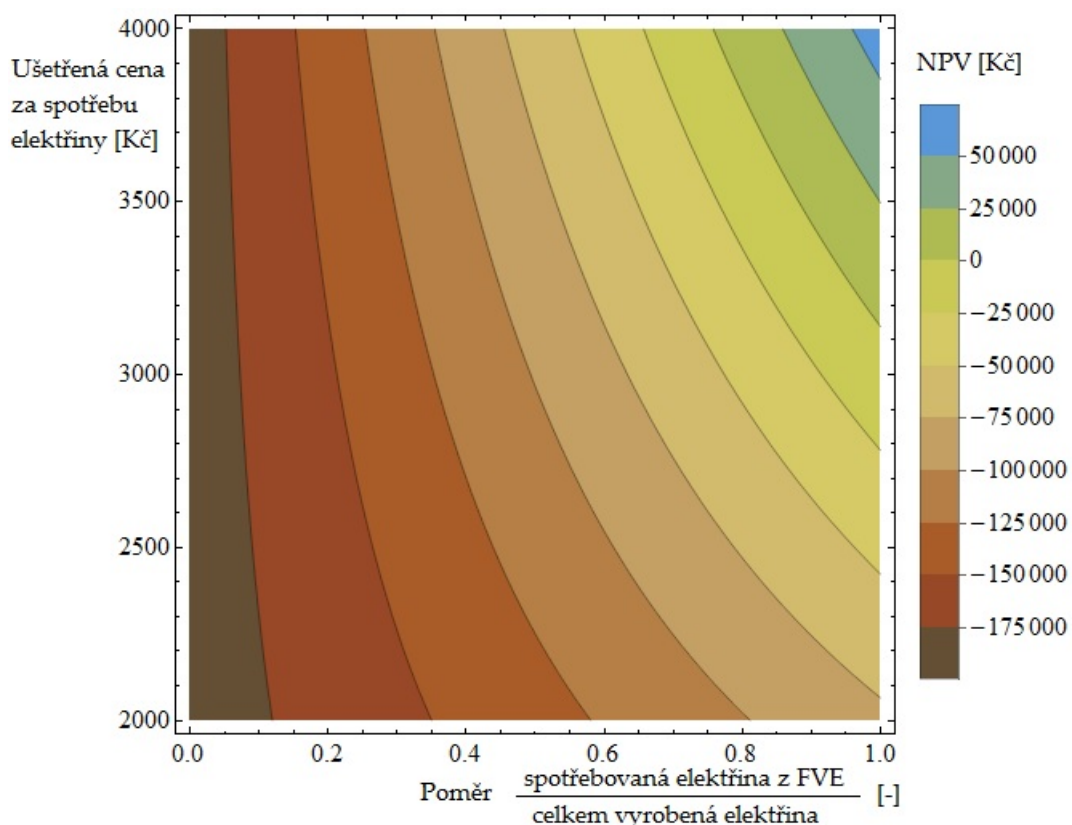


Obr. 15: Závislost NPV varianty č. 2 projektu na roční vyrobené elektrické energii v nultém roce

5.2.3 Spotřeba vyrobené elektrické energie a cena elektřiny

I zde by se měl výrobce snažit o co nejvyšší vlastní spotřebu vyrobené elektrické energie. Na rozdíl od FVE na rodinném domě se přes den spotřebovává elektřina a je tedy omezen přetok do DS. S koncem pracovní doby ale spotřeba klesá a většina energie je dodávána do DS. Většina podnikatelů však o víkendu a státních svátcích nepracuje. V tomto období je tedy značně omezena schopnost spotřeby vyrobené elektřiny. Opět však záleží na konkrétních podmínkách a denním diagramu spotřeby.

Dále se jednoznačně pozitivně projevuje vyšší cena elektřiny pro podnikatele než pro domácnosti. V případě užívání elektřiny k ohřevu teplé užitkové vody, příp. k topení, klesá relevantní složka ceny elektřiny k hranici 2 500 Kč pro vysoký tarif. Na druhou stranu opět stoupají možnosti maximalizace spotřeby elektřiny.



Obr. 16: Závislost NPV varianty č. 2 projektu na ušetřené ceně za elektřinu a poměru spotřebované vyrobené elektřiny pro financování úvěrem

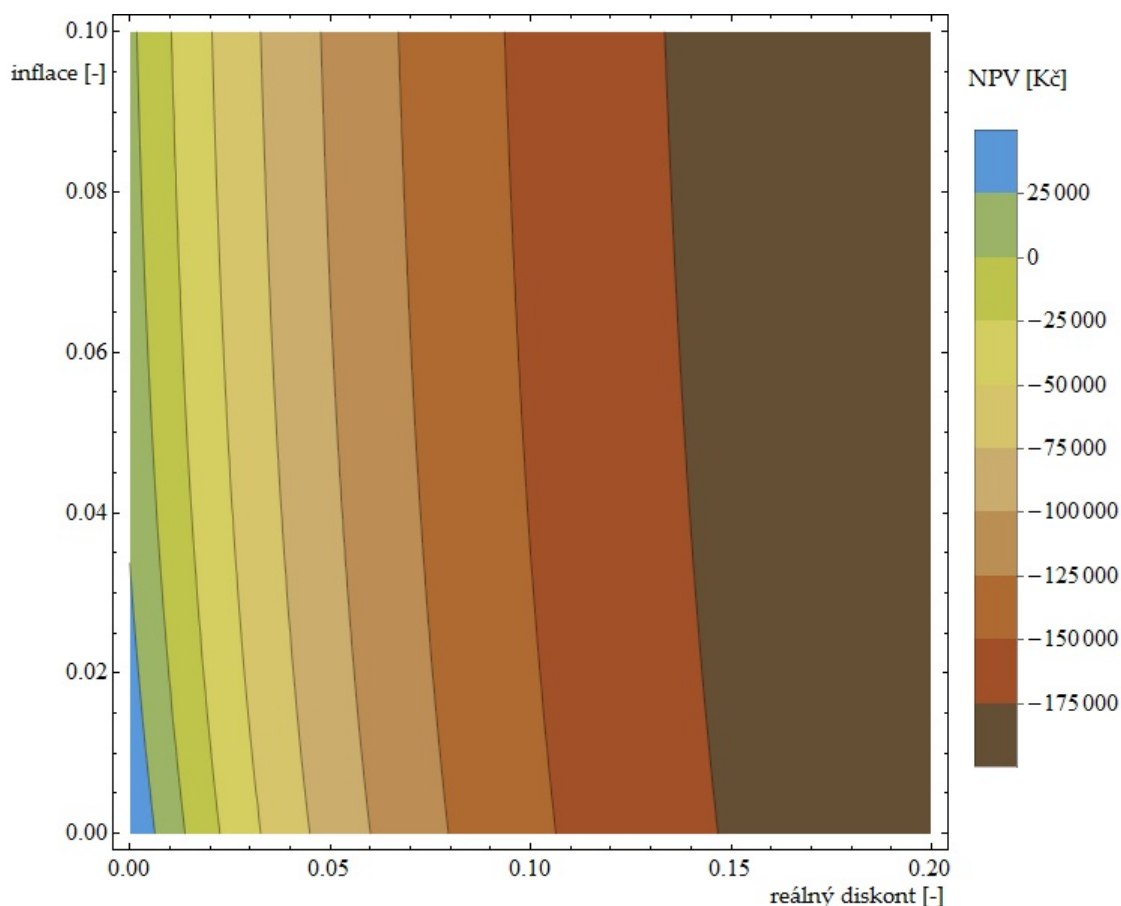
Pro financování z vlastních prostředků vzhledem k jeho nevýhodnosti nebudu tuto závislost zobrazovat. Hodnoty NPV totiž vychází mnohem nižší než profinancování úvěrem.

5.3. Právnícká osoba – plátce DPH

Právnícká osoba se od obou předešlých variant značně odlišuje. Neplatí pojistné na sociální zabezpečení ani pojistné na všeobecné zdravotní pojištění. Dále jako plátce DPH účtuje tuto daň v přenesené daňové povinnosti a ta se tedy neprojevuje do peněžních toků projektu. ^[31]

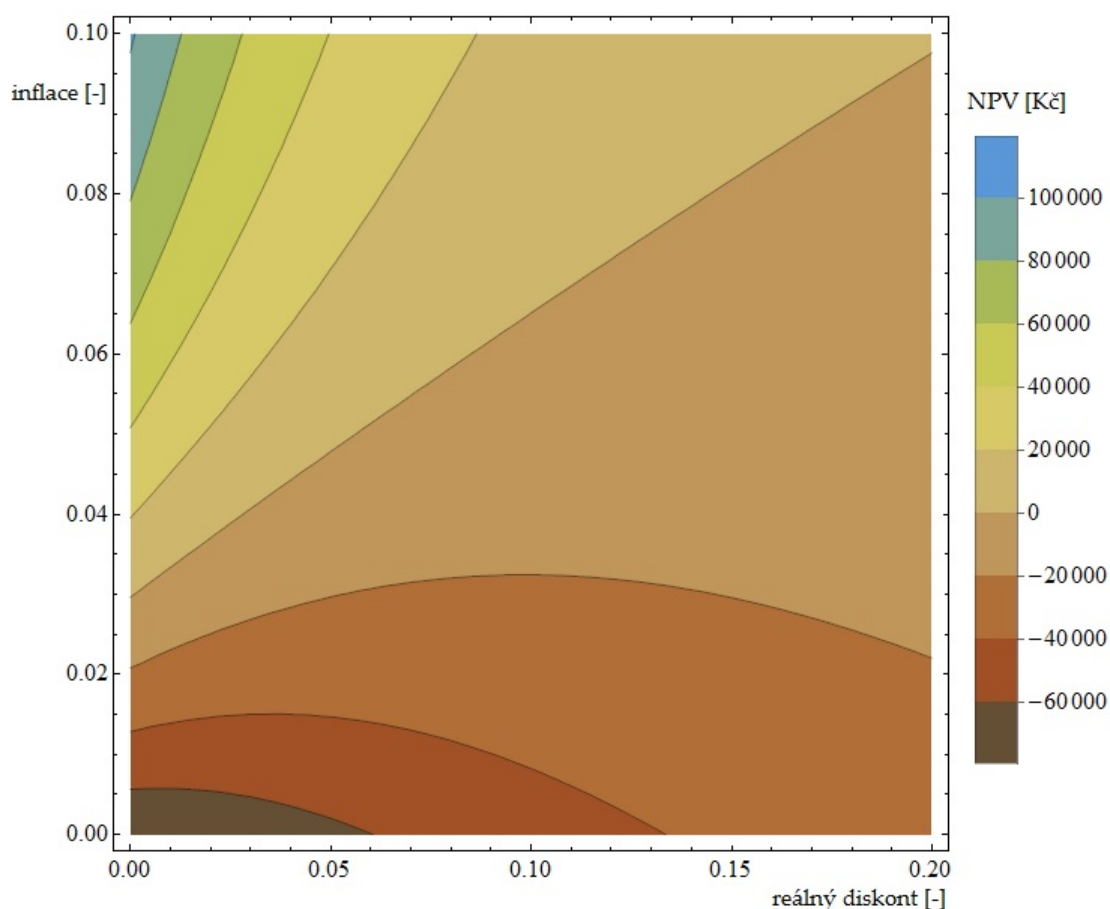
5.3.1 Vliv diskontu a inflace na NPV

Podobně jako v předchozí variantě, i zde budu zkoumat vliv diskontu společně s inflací na NPV projektu. Zvolená diskontní sazba pro právníckou osobu zde může nabývat ještě širšího intervalu. Určitě lze nalézt firmy s diskontem okolo 10%.



Obr. 17: Závislost NPV varianty č. 3 projektu na reálném diskontu a inflaci při financování z vlastních prostředků

Opět se ukazuje dominance diskontu u financování z vlastních prostředků a dominance inflace u financování úvěrem. Stále se však FVE vyplatí pro velmi nízkou diskontní míru, a pak také pro vysokou inflaci. Ani jedno z těchto omezení mi nepřijde příliš reálné.

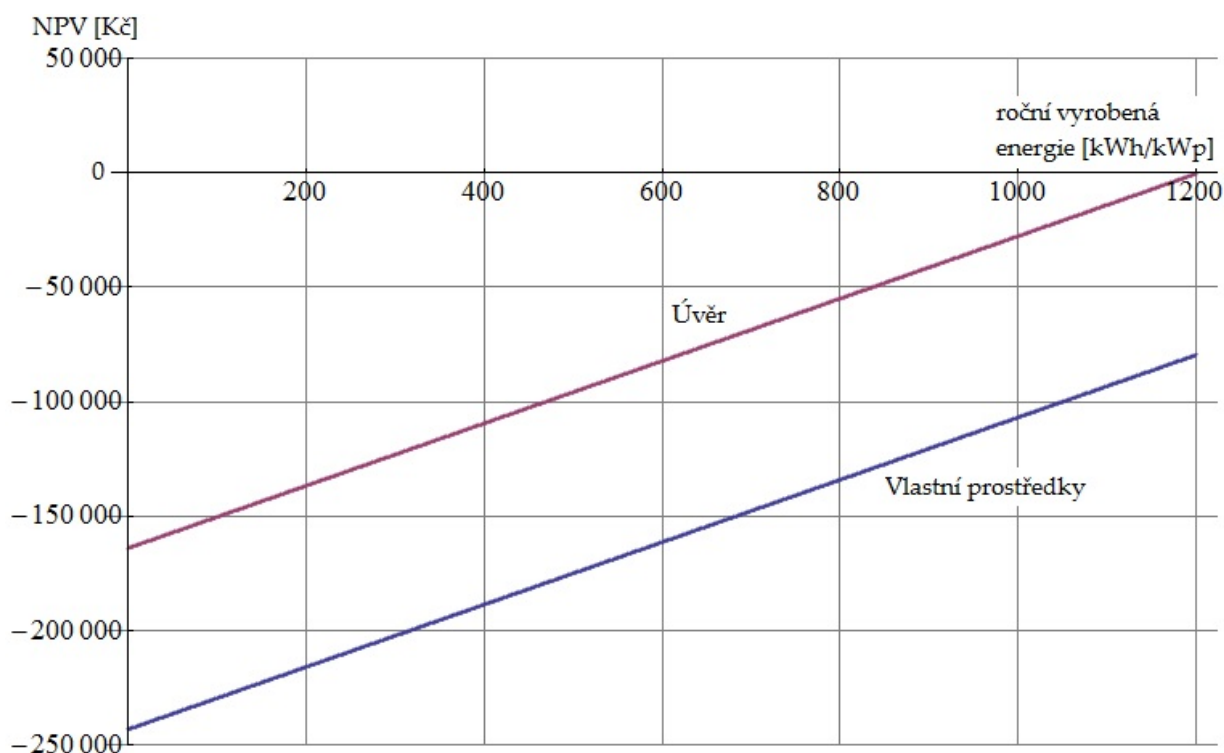


Obr. 18: Závislost NPV varianty č. 3 projektu na reálném diskontu a inflaci při financování úvěrem

5.3.2 Roční vyrobená elektřina ve FVE

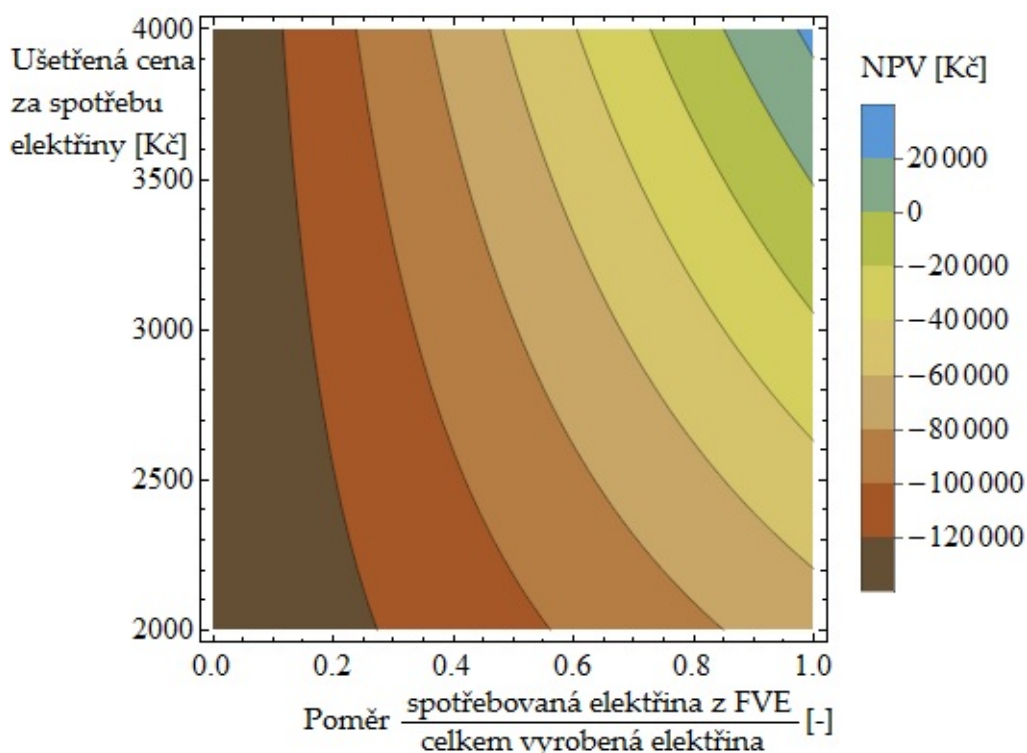
Je logické, že i v této variantě se bude měnit výhodnost investice na základě polohy a sklonu modulů FVE. Závislost NPV na potenciálu výroby elektřiny (vyrobená energie v nultém roce) zobrazuje Obr. 17.

Na něm je vidět, že i když by byla FVE umístěna na vhodnějším místě v ČR, stále to samo o sobě neřeší její nevýhodnost. Může to však hrát důležitou roli při jiných vstupních podmínkách.



Obr. 19: Závislost NPV varianty č. 3 projektu na roční vyrobené elektrické energii v nulém roce

5.3.3 Spotřeba vyrobené elektrické energie a cena elektřiny



Obr. 20: Závislost NPV varianty č. 3 projektu na ušetřené ceně za elektřinu a poměru spotřebované vyrobené elektřiny pro financování úvěrem

Z Obr. 20 je zřejmé, že ani pro právnickou osobu - plátce DPH nevypadá situace se spotřebou vyrobené elektřiny výhodně. V kapitole č. 4 jsem zvolil spotřebu 80% vyrobené elektřiny. To mělo respektovat větší počet uživatelů, a tedy lepší shodu diagramu spotřeby s výrobou FVE. Aby bylo NPV kladné, bylo by třeba spotřebovat všechnu vyrobenou elektrickou energii nebo mít výrazně vyšší cenu elektřiny. Oblast kladného NPV je výrazně menší, než je tomu u varianty č. 2. To je způsobeno především vyšším diskontem a také absencí pojistného štítu.

5.4. Možnosti zlepšení efektivnosti investice do FVE

Ze závislostí uvedených v předchozích kapitolách shledávám, že největším problémem pro všechny tři varianty, kromě vysoké ceny FVE, je především nízká cena za ušetřenou elektřinu. Právě konflikt mezi maximalizací spotřeby elektřiny a vyšší její ceny způsobuje významný pokles NPV, a tedy i výhodnosti investice.

Nutnost maximalizace spotřeby elektřiny z FVE by mohla být odstraněna při zavedení tzv. net meteringu. Ten je založen na následujícím principu.

Přebytky z FVE dodané do DS jsou změřeny elektroměrem. Výrobce pak může spotřebovat stejné množství elektřiny, jaké dodal do sítě za nulovou cenu. Ostatní poplatky (za distribuci elektřiny atd.) však stále platí. Dochází tím ke snižování výdajů za elektřinu o cenu mnohem vyšší než při prodeji přebytků obchodníkovi. ^[39]

Problém v přechodu k net metering v ČR vidím v současném systému výkupu elektřiny z podporovaných OZE. Kvůli velkému množství připojených elektráren by byl přechod k novému systému velmi náročný, ne-li nemožný.

Druhou možnost, jak vylepšit současnou nevýhodnost investic do FVE, jsou podle mého názoru státní dotace na pořízení elektrárny. FVE by tak stále sloužila především pro snížení výdajů. Nehrozila by tedy výstavba FVE pouze pro zisk, jak tomu bylo často v minulosti. Otázkou je, jakou část by měl stát hradit?

Při pohledu na Tabulku 8 je nutné, aby dotace měla takovou hodnotu, že NPV bude vyšší nebo rovna nule. S respektováním neuznatelnosti dotací jako daňových nákladů je například pro variantu č. 1 při financování z vlastních prostředků třeba dotace ve výši okolo 85 000 Kč. To odpovídá zhruba 35% investičních výdajů.

Myslím si, že pro větší rozšíření FVE by však bylo třeba dotace alespoň 50%.

Samozřejmě existují i další možnosti, jak zlepšit ekonomickou efektivnost FVE. Kromě výše zmíněných je to například i obnovení určité formy provozní podpory, jak tomu bylo doposud.

6. Závěr

Fotovoltaická elektrárna prošla v minulosti značnou proměnou. Od prvních jednoduchých aplikací ve svých počátcích se však dnes v principu příliš neliší. Jediný rozdíl je možno vidět v rozšíření a systémovosti v přístupu k celým projektům. Současné FVE je tak již možno zakoupit jako systém na klíč, čímž dochází ke snížení celkové ceny za FVE. Právě snižování ceny modulů i celé FVE vedlo v kombinaci s provozní podporou k velkému rozšíření fotovoltaických elektráren v České republice.

Když se poté začala snižovat podpora nově připojených výroben, znatelně poklesl zájem o jejich instalace. V okamžiku ukončení podpory pro nově připojené FVE poklesla velmi radikálně i poptávka po FVE.

Jak je z této práce patrné, vliv FVE na ES se obecně dělí podle výkonu a místa připojení výroby do sítě. Pro elektrárny velkých výkonů připojených do hladin VVN a VN se negativně projevuje zaplnění rezervované kapacity a tedy nutnost posilování elektrizační soustavy. Při zapojení FVE jako zdroje malého výkonu do DS nastávají problémy se změnou toků energie v této soustavě. I tato varianta tedy může vyžadovat další opatření pro zajištění bezpečného chodu celé soustavy.

Největší vliv FVE na účastníky trhu s elektřinou spatřuji v nutnosti hradit část nákladů spojených s podporou elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Výrazně tím vzrůstá konečná cena elektřiny pro odběratele a dochází tím ke zvyšování nákladů a snižování konkurenceschopnosti českého průmyslu.

Pravidla provozování distribučních soustav upravují podmínky pro připojení nových zdrojů do DS. Většina současných malých FVE tyto podmínky bez problémů splní. Obecně lze říci, že pokud někdo uvažuje o instalaci FVE, je dobré se domluvit s PDS o možnostech připojení a případných nutných úpravách výrobního zařízení. Takto se dá předejít mnohým sporům a následným finančním výdajům.

V praktické části jsem na třech různých investorech ukázal jednotlivé proměnné vstupující do rozhodovacího procesu o uskutečnění instalace FVE. Z vypočítaných hodnot NPV je zřejmé, že pro žádného z uvažovaných zřizovatelů FVE není tento projekt vhodný. Ušetření výdajů za elektřinu tedy dostatečně nekompenzuje vysokou počáteční investici.

V citlivostní analýze se ukazuje důležitost správné volby vstupních parametrů. Nevhodný odhad inflace a diskontu u takto dlouhodobého projektu značně ovlivňuje výsledné hodnoty NPV. Největší vliv na výhodnost investice však spatřuji v ceně elektřiny. Nutnost platit příspěvek na podporu obnovitelných zdrojů energie i za elektřinu vyrobenou ve FVE a spotřebovanou pro vlastní účely snižuje ušetřenou cenu elektřiny o významnou část. Ukazuje se tedy, že ukončení provozní podpory pro nově připojované FVE znamená konec jejich výhodnosti. Jen těžko se bude hledat investor, který by splnil velmi přísné vstupní podmínky, pro něž je FVE výhodnou investicí. Neočekávám tedy, že by se v následujícím období objevovaly nějaké nové výroby.

Ke zlepšení situace FVE v České republice by mohlo dojít po zavedení dotací na pořízení FVE, případně obnovení provozní podpory. Podpora nových výroben by však musela být nastavena tak, aby výhodnost investice do FVE spočívala především ve formě úspory za energie. I tak by však byly tyto prostředky pravděpodobně promítnuty do konečných cen elektřiny.

Hlavní přínos této bakalářské práce vidím v prezentaci informací, které je nutno brát v úvahu při rozhodování o realizaci instalace FVE. Podává náhled na FVE v ČR a popisuje fotovoltaickou elektrárnu od možností připojení k DS přes ekonomickou stránku projektu až po možný budoucí vývoj v ČR.

Myslím si, že tato práce může sloužit jako vhodný zdroj informací jak pro uživatele zvažující instalaci FVE, tak i pro ty, kteří se s fotovoltaikou ještě příliš neseťkali.

Díky této práci jsem začal vnímat FVE v širších souvislostech mezi energetickými zájmy země, lokálními zájmy účastníků trhu s elektřinou a investory uvažujícími o instalaci FVE na svých nemovitostech.

Na příloženém CD nalezne čtenář také soubory obsahující výpočet NPV pro jednotlivé uvažované varianty.

Seznam použité literatury

- [1] INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. *Utility Scale Solar Power Plants: A Guide For Developers and Investors* [online]. 2012 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z: http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/ifc+sustainability/publications/publications_handbook_solarpowerplants
- [2] BENDA, Vítězslav, Kamil STANĚK a Petr WOLF. *Fotovoltaické systémy: Učební texty k semináři* [online]. 2011 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_04_1104.pdf
- [3] EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. *Global Market Outlook For Photovoltaics 2013-2017* [online]. 2013 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z: http://www.epia.org/index.php?eID=tx_nawsecured1&u=0&file=/uploads/tx_epiapublications/GMO_2013_-_Final_PDF_01.pdf&t=1384681005&hash=af96eedae7d0bd1e62934086c5f76488c9e451d
- [4] NOSKIEVIČ, Pavel a Jaroslav KAMINSKÝ. Fakta a mýty o obnovitelných zdrojích (I). In: *TZB-info* [online]. 2004 [cit. 2014-03-08]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1925-fakta-a-myty-o-obnovitelnych-zdrojich-i>
- [5] BECHNÍK, Bronislav. Změna systému výplaty podpory obnovitelných zdrojů od 1. ledna 2013. In: *TZB-info* [online]. 2012 [cit. 2014-03-08]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/9299-zmena-systemu-vyplaty-podpory-obnovitelnych-zdroju-od-1-ledna-2013>
- [6] *Energetický regulační úřad* [online]. 2013 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/>
- [7] ČEPS, a.s. [online]. 2014 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Stranky/default.aspx>
- [8] VÁPENÍK, René. Vliv fotovoltaických elektráren na provoz distribuční soustavy. *Elektrorevue* [online]. 2011, č. 3 [cit. 2014-03-08]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/energetika--vykonova-elektronika--elektrotechnologie/35/vliv-fotovoltaickych-elektren-na-provoz-distribucni-soustavy/>

- [9] MOLDRÍK, Petr, Daniel MINAŘÍK, Jan VACULÍK a Zdeněk HRADÍLEK. Vliv akumulace elektrické energie na provoz fotovoltaické elektrárny. *Elektrorevue* [online]. 2013, č. 6 [cit. 2014-03-08]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/energetika--vykonova-elektronika--elektrotechnologie/5/vliv-akumulace-elektricke-energie-na-provoz-fotovoltaiicke-elektrarny--effects-of-the-accumulation-of-electricity-on-the-operation-of-photovoltaic-power-plants/>
- [10] Aktualizace státní energetické koncepce České republiky. In: Praha, 2012. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/47607/53721/595041/priloha001.pdf>
- [11] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů* [online]. 2012 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/assets/cz/2012/11/NAP.pdf>
- [12] OTE, a.s. *OTE, a.s.* [online]. © 2010 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/>
- [13] Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 31. 1. 2012. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=77573&nr=165~2F2012~20Sb.&ft=pdf>
- [14] Zákon č. 310/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 407/2012 Sb., a další související zákony. In: *Sbírka zákonů*. 13.9.2013. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=310~2F2013&part=&name=&rpp=15#seznam>
- [15] ČEZ DISTRIBUCE, a. s. *ČEZ Distribuce* [online]. 2013 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/uvod.html>
- [16] Vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě. In: *Sbírka zákonů*. 17.2. 2006. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=62121&nr=51~2F2006&rpp=15#local-content>
- [17] Vyhláška č. 81/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 51/2006 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě. In: *Sbírka zákonů*. 23.3. 2010. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=81~2F2010&part=&name=&rpp=15#seznam>

- [18] Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). In: *Sbírka zákonů*. 28.11.2000. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=458~2F2000&rpp=15#seznam>
- [19] Pravidla provozování distribučních soustav. In: 2011. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2011/ppds-2011_ppds.pdf
- [20] Pravidla provozování distribuční soustav Příloha 4: Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí provozovatele distribuční soustavy. In: 2011. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2011/ppds-2011-priloha-4_def.pdf
- [21] Vyhláška č. 541/2005 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona. In: *Sbírka zákonů*. 21.12.2005. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=541~2F2005&part=&name=&rpp=15#seznam>
- [22] *iPodnikatel.cz - Portál pro podnikatele* [online]. 2007 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.ipodnikatel.cz/>
- [23] INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY, Joint Research Centre, European Commission. *Photovoltaic Geographical Information System PVGIS* [online]. 2013 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- [24] STANĚK, Kamil. *Fotovoltaika pro budovy*. 1. vyd. Praha: Grada pro Katedru konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze, 2012, 223 s. ISBN 978-80-247-4278-6.
- [25] PHOTOVOLTAIC EDUCATION NETWORK. *PVCDROM* [online]. 2009 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.pveducation.org/>
- [26] RENESOLA LTD. *ReneSola* [online]. © 2013 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.renesola.com/>
- [27] ČEZ, a. s. *Skupina ČEZ* [online]. 2014 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/>

- [28] Zákon č. 346/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. In: *Sbírka zákonů*. 12.11.2010. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=346~2F2010&rpp=15#seznam>
- [29] Zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů. In: *Sbírka zákonů*. 20.11.1992. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=586~2F1992&part=&name=&rpp=15#seznam>
- [30] Zákon č. 458/2011 Sb., o změně zákonů související se zřízením jednoho inkasního místa a dalších změnách daňových a pojistných zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 20.12.2011. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=458~2F2011&rpp=15#seznam>
- [31] Zákon č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty. In: *Sbírka zákonů*. 1.4.2004. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=235~2F2004&part=&name=&rpp=15#seznam>
- [32] SMA CENTRAL & EASTERN EUROPE S.R.O. *SMA Solar Technology* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.sma-czech.com/cs/hlavni-stranka.html>
- [33] Zákon č. 589/1992 Sb., o pojistném na sociální zabezpečení. In: *Sbírka zákonů*. 20.11.1992. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=589~2F1992&part=&name=&rpp=15#seznam>
- [34] Zákon č. 586/1992 Sb., o pojistném na zdravotní pojištění. In: *Sbírka zákonů*. 20.11.1992. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=592~2F1992&part=&name=&rpp=15#seznam>
- [35] *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/>
- [36] LEVY, Haim a Marshall SARMAT. *Kapitálové investice a finanční rozhodování*. Praha: Grada Publishing, spol. s r. o., 1999. ISBN 80-7169-504-1.
- [37] *Česká národní banka* [online]. 2003 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/index.html>
- [38] YORIX s.r.o. [online]. 1998 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.yorix.cz/cz/home/>
- [39] ZILVAR, Jiří. Jak funguje net metering. *TZB-info* [online]. 6.5.2013 [cit. 2014-05-02]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/9862-jak-funguje-net-metering>

Seznam příloh

Příloha 1: Vývoj instalovaného výkonu a vyrobené elektrické energie FVE v ČR.....	69
Příloha 2: Peněžní toky modelu pro variantu č. 1.....	71
Příloha 3: Peněžní toky modelu pro variantu č. 2.....	72
Příloha 4: Peněžní toky modelu pro variantu č. 3.....	73

Příloha 1: Vývoj instalovaného výkonu a vyrobené elektrické energie FVE v ČR

rok	měsíc	Celkový instalovaný výkon FVE v ČR [MW]	Přírůstek instalovaného výkonu FVE [MW]	Celkový instalovaný výkon v ES ČR [MW]	Vyrobená elektrická energie z FVE v ČR [GWh]	Celková vyrobená elektrická energie v ES ČR [GWh]
2008	leden	3,4	---	17568,4	0,0	8498,8
	únor	3,8	0,4	17581,3	0,0	7768,7
	březen	5,2	1,4	17599,8	0,0	7830,0
	duben	6,9	1,7	17604,9	0,0	7390,0
	květen	8,8	1,9	17609,6	0,0	6393,1
	červen	9,6	0,8	17638,7	0,0	6176,9
	červenec	9,8	0,2	17635,8	0,0	6352,7
	srpen	9,3	-0,5	17636,9	0,0	6151,7
	září	9,4	0,1	17639,8	0,0	6122,5
	říjen	15,9	6,5	17676,7	0,0	6676,8
	listopad	22,9	7,0	17711,4	0,0	6796,6
	prosinec	39,5	16,6	17724,2	0,0	7353,8
2009	leden	54,0	14,5	17737,6	0,0	7930,9
	únor	56,2	2,2	17740,9	0,0	7422,6
	březen	67,3	11,1	17757,1	0,0	7821,0
	duben	64,4	-2,9	17809,6	0,0	6547,5
	květen	73,1	8,7	17844,8	0,0	5869,9
	červen	79,3	6,2	17861,7	0,0	6057,5
	červenec	85,1	5,8	17900,5	0,0	6235,4
	srpen	94,9	9,8	17909,9	0,0	5931,3
	září	108,7	13,8	17927,4	0,0	6108,2
	říjen	124,2	15,5	17944,7	0,0	7283,2
	listopad	163,2	39,0	17993,7	0,0	7182,5
	prosinec	464,4	301,2	18325,7	0,0	7840,9
2010	leden	432,8	-31,6	18305,8	0,0	8479,0
	únor	489,0	56,2	18339,5	0,0	7579,8
	březen	494,1	5,1	18393,3	0,0	8056,1
	duben	503,9	9,8	18403,9	0,0	7065,3
	květen	540,7	36,8	18443,3	0,0	6205,6
	červen	569,2	28,5	18493,4	0,0	6095,4
	červenec	634,9	65,7	18589,4	0,0	6880,9
	srpen	677,7	42,8	18669,7	0,0	6160,5
	září	799,0	121,3	18803,4	0,0	6733,2
	říjen	1028,4	229,4	19034,6	0,0	7542,3
	listopad	1383,4	355,0	19407,3	0,0	7247,1
	prosinec	1959,1	575,7	20072,9	0,0	7845,8

rok	měsíc	Celkový instalovaný výkon FVE v ČR [MW]	Přírůstek instalovaného výkonu FVE [MW]	Celkový instalovaný výkon v ES ČR [MW]	Vyrobená elektrická energie z FVE v ČR [GWh]	Celková vyrobená elektrická energie v ES ČR [GWh]
2011	leden	1968,0	8,9	20080,4	35,1	8368,4
	únor	1979,7	11,7	20100,2	95,3	7553,5
	březen	1978,2	-1,5	20100,4	203,8	7866,5
	duben	1984,9	6,7	20120,4	244,7	6929,5
	květen	1976,1	-8,8	20121,3	293,9	7068,5
	červen	1973,7	-2,4	20121,6	263,7	6480,3
	červenec	1974,4	0,7	20132,9	229,0	6176,6
	srpen	1970,8	-3,6	20136,0	259,4	6641,0
	září	1968,9	-1,9	20133,9	221,3	6572,3
	říjen	1969,1	0,2	20147,8	152,2	7762,0
	listopad	1970,6	1,5	20225,9	77,1	7967,6
	prosinec	1971,0	0,4	20250,0	37,9	8117,6
2012	leden	1970,5	-0,5	20258,6	64,9	8518,1
	únor	1970,8	0,3	20097,9	110,2	7835,9
	březen	1970,4	-0,4	20103,2	215,3	8148,4
	duben	1971,2	0,8	20107,8	234,5	7642,2
	květen	1972,6	1,4	20206,0	299,0	7009,5
	červen	1975,4	2,8	20217,2	260,7	6652,0
	červenec	1976,7	1,3	20290,6	252,6	6872,6
	srpen	1987,2	10,5	20300,1	275,9	6341,4
	září	1999,7	12,5	20253,0	215,0	6442,0
	říjen	2006,1	6,4	20296,7	132,3	7177,9
	listopad	2033,3	27,2	20383,1	57,5	7336,5
	prosinec	2085,9	52,6	20519,5	42,0	7636,2
2013	leden	2080,8	-5,1	20515,1	34,2	8200,6
	únor	2082,1	1,3	20512,0	66,8	7342,2
	březen	2081,7	-0,4	20513,1	160,4	8119,1
	duben	2097,2	15,5	20533,5	192,5	7083,0
	květen	2102,8	5,6	20542,5	214,6	6931,3
	červen	2128,0	25,2	20568,7	266,0	6387,8
	červenec	2124,3	-3,7	20597,3	328,1	6672,7
	srpen	2124,1	-0,2	20592,1	286,3	6616,8
	září	2127,6	3,5	20742,9	197,6	6282,1
	říjen	2112,0	-15,6	20736,6	160,5	7735,7
	listopad	2117,4	5,4	20756,9	62,4	7962,5
	prosinec	2132,3	14,9	21079,1	51,2	7658,4

Příloha 1: Vývoj instalovaného výkonu a vyrobené elektřiny FVE v ČR 2008-2013 [6]

Příloha 4: Peněžní toky modelu pro variantu č. 3

Přehled finančních toků projektu FVE pro právnickou osobu – varianta č.3

Rok	Vyrobená energie za rok [MWh]	Ušetřená cena za spotřebu [Kč/MWh]	Celková ušetřená cena [Kč]	Cena za prodej elektriny [Kč/MWh]	Přijmy z prodeje elektriny [Kč]	Přijmy z prodeje elektriny [Kč]	Financování z vlastních prostředků			Financování úvěrem		
							Výdaje [Kč]	Daň ze zisku [Kč]	PV CF [Kč]	Výdaje [Kč]	Daň ze zisku [Kč]	PV CF [Kč]
2014	0	3 486	0	527	0	0	256 700	0	-256 700	0	0	0
2015	4,95	3 570	14 136	540	534	0	1 000	577	12 063	21 598	-1 862	-4 667
2016	4,90	3 655	14 329	553	542	0	1 024	610	11 235	21 622	-1 755	-4 241
2017	4,85	3 743	14 523	566	549	0	1 049	644	10 463	21 647	-1 644	-3 856
2018	4,80	3 833	14 719	579	556	0	1 074	678	9 743	21 672	-1 529	-3 507
2019	4,75	3 925	14 915	593	564	0	1 100	711	9 071	21 698	-1 409	-3 192
2020	4,70	4 019	15 112	608	571	0	1 126	327	8 701	21 724	-1 704	-2 652
2021	4,65	4 116	15 310	622	579	0	1 153	361	8 098	21 751	-1 576	-2 415
2022	4,60	4 214	15 509	637	586	0	1 181	395	7 535	21 779	-1 443	-2 201
2023	4,55	4 316	15 709	652	594	0	1 209	429	7 011	21 807	-1 305	-2 008
2024	4,50	4 419	15 909	668	601	0	1 238	463	6 523	21 836	-1 162	-1 834
2025	4,47	4 525	16 170	684	611	0	1 268	509	6 089	21 866	-1 002	-1 657
2026	4,43	4 634	16 435	701	621	0	1 298	555	5 684	21 896	-836	-1 497
2027	4,40	4 745	16 702	717	631	0	1 329	602	5 305	21 928	-663	-1 354
2028	4,37	4 859	16 974	735	641	0	1 361	650	4 952	21 959	-483	-1 225
2029	4,33	4 976	17 248	752	652	0	1 394	698	4 622	21 992	-296	-1 110
2030	4,30	5 095	17 527	770	662	0	1 427	746	4 314	22 026	-101	-1 006
2031	4,27	5 217	17 808	789	673	0	1 462	795	4 026	22 060	101	-913
2032	4,23	5 342	18 093	808	684	0	1 497	845	3 757	22 095	312	-830
2033	4,20	5 471	18 381	827	695	0	1 532	895	3 507	22 131	531	-755
2034	4,17	5 602	18 673	847	706	0	1 569	945	3 272	22 168	759	-688
2035	4,13	5 736	18 968	867	717	0	1 607	3 017	2 692	1 607	3 017	2 692
2036	4,10	5 874	19 267	888	728	0	1 646	3 068	2 517	1 646	3 068	2 517
2037	4,07	6 015	19 569	909	740	0	1 685	3 120	2 352	1 685	3 120	2 352
2038	4,03	6 159	19 874	931	751	0	1 725	3 173	2 198	1 725	3 173	2 198
2039	4,00	6 307	20 183	953	763	21 270	1 767	7 267	4 273	1 767	7 267	4 273
							NPV : -106 696 Kč			NPV : -27 576 Kč		

použité vstupní hodnoty

cena investice : 212 700 Kč

záruka střídače : 44 000 Kč

80 % vyrobené elektriny spotřebováno

inflační míra : 2,40 %

nominální diskontní míra : 8,54 %

roční splátka úvěru : 20 598,3 Kč

úvěr na 20 let na cenu investice + záruku střídače

RPSN úvěru na 20 let : 5,0 %