



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

**Problematika instalace a provozu střešní fotovoltaické
elektrárny na bytovém domě**
**Problems of installation and operation of photovoltaic roof on
an apartment house**
Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc.

Jakub Kladiva

Praha 2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Kladiva** Jakub

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

Název tématu:

Problematika instalace a provozu střešní fotovoltaické elektrárny na bytovém domě

Pokyny pro vypracování:

1. Legislativní podmínky
2. Návrh variant fotovoltaické střešní elektrárny
3. Investiční a provozní výdaje variant, kvantifikace efektů
4. Vyhodnocení variant z hlediska projektu

Seznam odborné literatury:

1. Murlinger K., Beranovský J., Tomš M.: Fotovoltaika. Elektřina ze slunce. ERA Group s.r.o., 2008.
2. Valach J.: Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. Ekopress, 2006.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Vitek, CSc.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2014/2015

Doc. Ing. Jaroslav Krápek, 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

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Vítkovi, CSc. za cenné rady, poskytnutí všech potřebných materiálů a pomoc při měřeních.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je zjistit zda je výhodné investovat do výstavby fotovoltaické elektrárny. Teoretická část bakalářské práce se zabývá legislativou obnovitelných zdrojů. Praktická část bakalářská práce se zabývá návrhem variant fotovoltaické elektrárny. V další části jsou podrobně popsány investiční a provozní výdaje vybraných varianty, poslední část se zabývá vyhodnocením variant z hlediska projektu. Fotovoltaická elektrárna má za cíl snížit výdaje za odběr elektřiny v bytovém družstevním domě v ulici Zázvorkova 12, Praha 13. Tato práce může sloužit jako podklad pro budoucí realizaci výstavby fotovoltaické elektrárny na bytovém domě.

Klíčová slova

Fotovoltaika, fotovoltaický panel, elektrická energie, obnovitelné zdroje energie, polykrystalický článek, čistá současná hodnota NPV

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to determine whether it is profitable to invest in the construction of a photovoltaic power plant. The theoretical part of the thesis deals with the legislation on renewable resources. The practical part of the thesis deals with the design of different versions of photovoltaic power plants. The next section describes in detail the investment and operating expenses of selected variants, the last part deals with the evaluation of different variants of the project. The aim of the photovoltaic power plant is to reduce the costs of electricity consumption in the apartment house in the street Zázvorkova 12, Prague 13. This thesis can serve as a basis for the future implementation of the construction of the photovoltaic power plant on the apartment house.

Key words

Photovoltaic, solar panel, electrical energy, renewable energy sources, polycrystalline cell, net present value NPV

Obsah

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Úvod..... | 8 |
| 2. Legislativní podmínky | 9 |
| 2.1 Energetický zákon | 9 |
| 2.2 Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů | 11 |
| 2.3 Obchodník s elektřinou | 11 |
| 3. Návrh variant fotovoltaické střešní elektrárny | 12 |
| 3.1 Popis bytového domu | 12 |
| 3.2 Spotřeba elektrické energie v bytovém domě..... | 14 |
| 3.2.1 Celková spotřeba elektrické energie v bytovém domě | 14 |
| 3.2.2 Spotřeba společného odběru elektrické energie | 16 |
| 3.2.3 Spotřeba elektrické energie v kotelně | 16 |
| 3.3 Výběr modulů a jejich umístění | 18 |
| 3.4 Návrh variant | 19 |
| 3.5 Dodávaný výkon fotovoltaické elektrárny | 20 |
| 3.5.1 Výroba FVE variantu 1 | 20 |
| 3.5.2 Výroba FVE variantu 2 | 22 |
| 3.6 Parametry fotovoltaického panelu | 23 |
| 3.7 Závěrečné zhodnocení návrhu..... | 24 |
| 4. Investiční a provozní výdaje variant, kvantifikace efektů..... | 25 |
| 4.1 Jednotlivé prvky fotovoltaické elektrárny | 25 |
| 4.1.1 Investiční výdaje | 25 |
| 4.1.2 Provozní výdaje | 27 |
| 4.2 Investiční a provozní výdaje variant | 28 |
| 4.2.1 Investiční a provozní výdaje varianty 1.1 | 29 |
| 4.2.2 Investiční a provozní výdaje varianty 1.2 | 30 |
| 4.2.3 Investiční a provozní výdaje varianty 2.1 | 31 |
| 4.2.3 Investiční a provozní výdaje varianty 2.2 | 32 |

| | |
|----------------------------------------------------|----|
| 5. Vyhodnocení variant z hlediska projektu | 33 |
| 5.1 Odhadovaný vývoj ceny elektrické energie | 33 |
| 5.2 Čistá současná hodnota NPV | 33 |
| 5.3 Nulová varianta | 34 |
| 5.4 Vyhodnocení variant | 34 |
| 5.4.1 Vyhodnocení varianty 1.1 | 34 |
| 5.4.2 Vyhodnocení varianty 1.2 | 35 |
| 5.4.3 Vyhodnocení varianty 2.1 | 35 |
| 5.4.4 Vyhodnocení varianty 2.2 | 36 |
| 6. Závěr | 37 |
| Seznam použitých zdrojů | 38 |
| Seznam grafů | 40 |
| Seznam tabulek | 40 |
| Seznam obrázků | 40 |
| Seznam použitých zkratk | 41 |
| Seznam příloh | 41 |

1. Úvod

Využívání obnovitelných zdrojů energie pro výrobu elektřiny má v posledních letech v zemích Evropské unie rostoucí trend. Tento efekt je především dán energetickou politikou EU, která má za cíl podporovat rozvoj nových a obnovitelných zdrojů energie. V České republice byla do roku 2013 elektřina z obnovitelných zdrojů podporována výhodnými garantovanými výkupními cenami, to zapříčinilo růst cen elektrické energie pro konečné spotřebitele.

Cílem této bakalářské práce je zjistit, zda je výhodné investovat do budoucí výstavby fotovoltaické elektrárny bez jakýchkoliv dotací.

Bakalářskou práci lze rozdělit na dvě části, teoretickou část, která se zabývá legislativou. Praktická část bakalářská práce se zabývá návrhem variant fotovoltaické elektrárny. V další části jsou podrobně popsány investiční a provozní výdaje vybraných varianty, poslední část se zabývá vyhodnocením variant z hlediska projektu.

2. Legislativní podmínky

V České republice je základní legislativní rámec tvořen celou řadou zákonů a vyhlášek. V této kapitole jsem vybral zákony, které s problematikou fotovoltaiky souvisejí.

2.1 Energetický zákon

Zákon 458 ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. Pokud chceme provozovat fotovoltaickou elektrárnu, musíme se řídit podle tohoto zákona. V tomto zákoně bylo provedeno mnoho změn, současná varianta platná od 30. 12. 2004. Tento zákon zřizuje nezávislý regulační orgán pro energetická síťová odvětví (Energetický regulační orgán), definuje jeho pravomoci a povinnosti. Dále zavádí oddělení činností jako je výroba, přenos, distribuce a obchod. V následujících odstavcích jsou vybrány některé z důležitých částí tohoto zákona.

Podnikání v energetických odvětvích (§ 3)

(1) Předmětem podnikání v energetických odvětvích je výroba elektřiny, přenos elektřiny, distribuce elektřiny a obchod s elektřinou, činnosti operátora trhu, výroba plynu, přeprava plynu, distribuce plynu, uskladňování plynu a obchod s plynem a výroba tepelné energie a rozvod tepelné energie.

(3) Podnikat v energetických odvětvích na území České republiky mohou za podmínek stanovených tímto zákonem fyzické či právnické osoby pouze na základě licence udělené Energetickým regulačním úřadem. Dále se licence podle tohoto zákona neuděluje na činnost, kdy zákazník či odběratel poskytuje odebranou elektřinu, plyn nebo tepelnou energii jiné fyzické či právnické osobě prostřednictvím vlastního nebo jím provozovaného odběrného elektrického, plynového nebo tepelného zařízení, přičemž náklady na nákup elektřiny, plynu nebo tepelné energie na tyto osoby pouze rozúčtuje dohodnutým nebo určeným způsobem a nejedná se o podnikání. V případě elektrických zařízení je rozúčtování možné pouze u zařízení do napětí 52 kV včetně. [1]

Licence (§ 4)

(1) Licence se uděluje nejvýše na 25 let a to na výrobu elektřiny, výrobu plynu, přenos elektřiny, přepravu plynu, distribuci elektřiny, distribuci plynu, uskladňování plynu, výrobu tepelné energie, rozvod tepelné energie.

(2) Licence na obchod s elektřinou nebo obchod s plynem se uděluje na dobu 5 let. Licence na činnosti operátora trhu se uděluje na dobu 25 let. [1]

Podmínky udělení licence (§ 5)

(1) Podmínkou pro udělení licence fyzické osobě je a) dosažení věku 18 let, b) úplná způsobilost k právním úkonům, c) bezúhonnost, d) odborná způsobilost nebo ustanovení odpovědného zástupce podle § 6.

(2) Žádá-li o udělení licence právnická osoba, musí podmínky podle odstavce 1 písm. a) až c) splňovat členové statutárního orgánu. Dále je podmínkou pro udělení licence právnické osobě ustanovení odpovědného zástupce.

(3) Fyzická nebo právnická osoba, která žádá o udělení licence, musí prokázat, že má finanční a technické předpoklady k zajištění výkonu licencované činnosti. Fyzická nebo právnická osoba žádající o udělení licence je povinna doložit vlastnické nebo užívací právo k energetickému zařízení, které má sloužit k výkonu licencované činnosti. Není-li žadatel o licence vlastníkem energetického zařízení, je povinen doložit i souhlas vlastníka energetického zařízení s jeho použitím k účelům vymezeným tímto zákonem, a to nejméně po dobu, na kterou má být licence udělena. Finanční předpoklady není povinen prokazovat žadatel o licenci na výrobu elektřiny, pokud bude instalovaný elektrický výkon výrobní elektřiny nižší než 200 kW, nebo žadatel o licenci na výrobu tepelné energie, pokud bude instalovaný tepelný výkon zdroje tepelné energie nižší než 1 MW. [1]

Operátor trhu s elektřinou (OTE)

Je státem založená akciová společnost, která organizuje a řídí krátkodobý trh s elektřinou v České republice. Na základě smluv zpracovává bilance nabídek a poptávek na dodávku a odběr elektřiny.

Související legislativa

Vyhláška č.426/2005 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích. Vyhláška č.363/2007, kterou se mění vyhláška č. 426/2005 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích. Vyhláška č.475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Vyhláška č.364/2007 Sb., kterou se mění vyhláška č.475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů.

2.2 Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

Základní právní úpravu oblasti obnovitelných zdrojů v České republice tvoří zákon č. 180/2005 Sb.. Účelem zákona je podpora využití obnovitelných zdrojů energie, trvalé zvyšování jejich podílů na spotřebě primárních energetických zdrojů, šetrné využívání přírodních zdrojů, rozvoj společnosti, naplnění cílů stanovených směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES. [2]

2.3 Obchodník s elektřinou

Obchodník s elektřinou je fyzická či právnická osoba, která je držitelem licence na obchod s elektřinou a nakupuje elektřinu za účelem jejího prodeje. Obchodník má právo dopravovat elektřinu na základě smlouvy s provozovatelem přenosové nebo distribuční soustavy, nakupovat elektřinu na území ČR od výrobců a obchodníků a prodávat ji dalším subjektům trhu. Obchodník má povinnost řídit se pravidly trhu, kodexem přenosové a distribuční soustavy. Předávat technické údaje ze smluv operátorovi trhu. Na výkup přebytků silové elektřiny z fotovoltaiky je možné uzavřít smlouvu s libovolným obchodníkem za smluvní cenu. Nabídka společnosti ČEZ, na výkup elektřiny pro fotovoltaické výroby je stanovena takto, jedná se o pohyblivou hodinovou cenu za dodávku přebytků výroby do distribuční soustavy, pro představu průměrná cena v roce 2013 se pohybuje kolem 0,3 Kč/kWh.

¹ Česká republika. *Energetický zákon*. In: 458/200, 28. 11. 2000. Dostupné z: http://www.cr-sei.cz/458_cz.htm

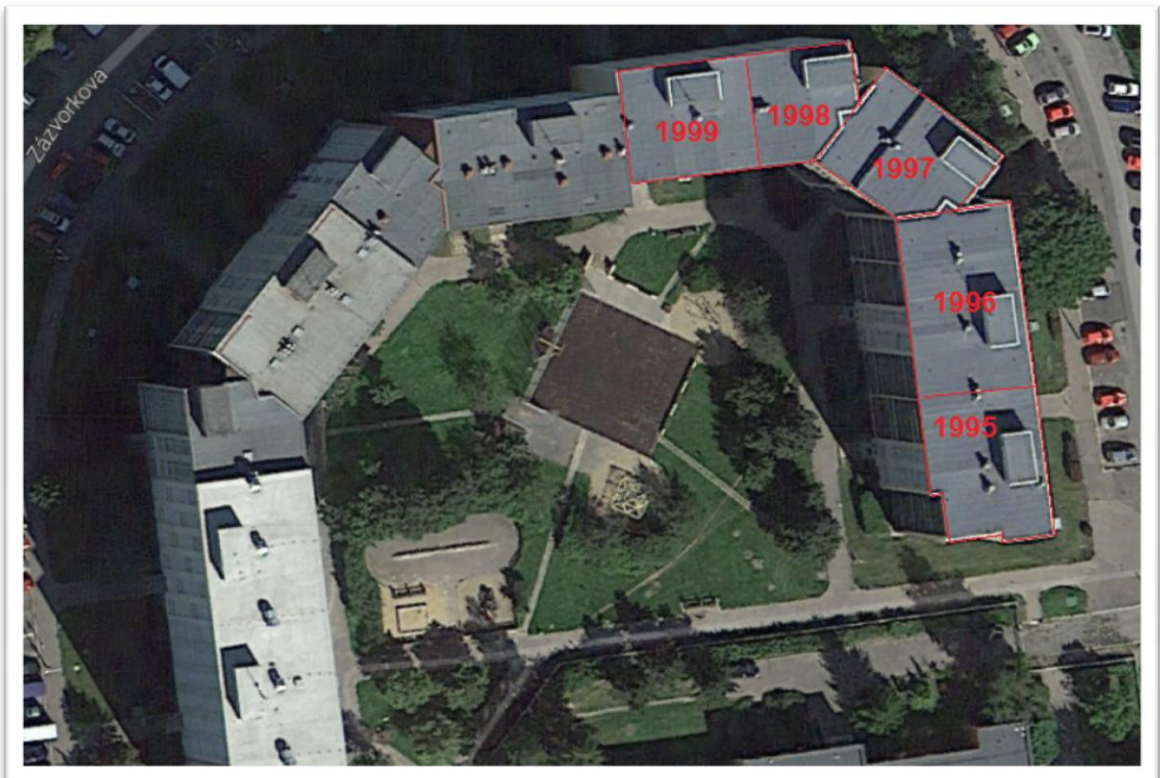
² JIŘINCOVÁ, Eva. Zdanění fotovoltaické energie. Brno, 2012. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

3. Návrh variant fotovoltaické střešní elektrárny

V této kapitole se budu zabývat návrhem variant střešní fotovoltaické elektrárny, popisem bytového domu, spotřebou elektřiny v tomto domě, výběrem fotovoltaických modulů a způsobem jejich umístění.

3.1 Popis bytového domu

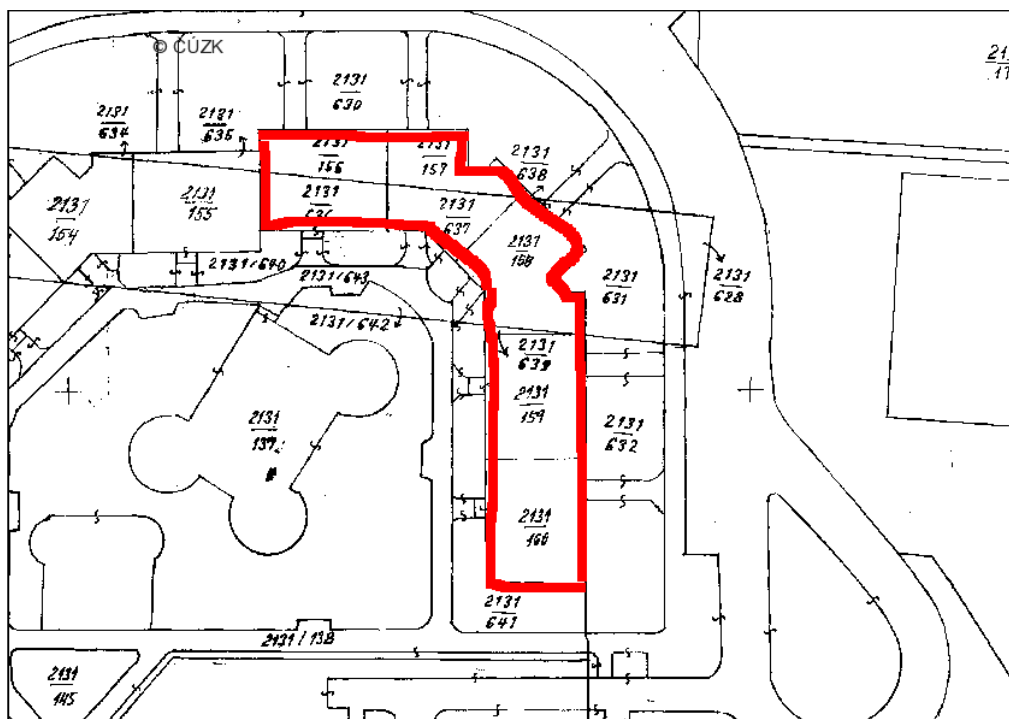
Bytový dům tvoří pětice objektů, částí domů s vlastními vchody. Dům má suterén, dále nebytové prostory, přívod inženýrských sítí a dvanáct nadzemních podlaží. Struktura velikosti bytů je rozmanitá, od garsoniéry po byty 3+1, proto i počet obyvatel je v jednotlivých vchodech různý. To s sebou přináší různorodost jednotlivých vchodů při spotřebě energie. Počet bytů v Zázvorkově 1997 a 1998 je 24 a v ostatních je 36 bytů. Celkově se tedy jedná o 156 bytů a řadu nebytových prostor. Nebytové části jsou typu chodba, sušárna a sklep, strojovna, předávací stanice a přestavěné kočárkárny na nebytové prostory k pronájmu. Zde se jedná o kancelář, učebnu, sklady, dílnu a kadeřnictví.



Obrázek 1: Satelitní pohled na bytový komplex, Zázvorkova 12, Praha 13

V roce 1988 byl dům zcela dostavěn. Jako konstrukce domu byl použit prefabrikovaný montovaný panelový konstrukční systém VVÚ – ETA s plochou střechou. Každý vchod má svojí nezávislou dopravu obyvatel, tj. výtah i schodiště. Vstup je možný jak z ulice Zázvorková, tak i z vnitrobloku. Dům je rozdělen do sekcí, konkrétně T 32 pro č. p. 1998 a 1999 a T 33 pro 1995-1997. Toto označení je uvedeno v původní dokumentaci a pro tyto sekce je společná předávací stanice tepla a přívod pitné vody. Obě sekce jsou pro své vchody vzájemně propojeny a to v 5. a 9. nadzemním podlaží.

Půdorys sekce T 32 má tvar pravidelného obdélníka o rozměrech 29,5x14,9 m a rohová část, která patří k této sekci, má rozměry 6x14,9 m. Sekce T 33 je taktéž tvořena obdélníkovou částí s rozměry 43x14,9 m a 12x14,9 m její rohová část. Konstrukční výška podlaží je 2,8 m a světlá výška 2,55 m. Celková výška budovy je 37,05 m po střešní atiku a po střechu strojovny výtahu je výška cca 40 m. [3]



Obrázek 2: Vyznačení bytového družstva Zázvorkova 12

³HORA, Jan. *Efektivnost kogenerace v bytovém domě*. Praha, 2011. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, Fakulta elektrotechnická.

Vedoucí práce Ing. Miroslav Vítek, CSc.

3.2 Spotřeba elektrické energie v bytovém domě

Zjištění spotřeby elektrické energie v bytovém domě je stěžejní pro návrhy variant fotovoltaické elektrárny. Od léta 2013 jsme se skupinou studentů pod dohledem vedoucího bakalářské práce odečítali hodnoty elektroměrů v bytovém domě. Dohromady proběhlo 7 měření, v jednotlivých ročních obdobích tedy v létě, na podzim, v zimě a na jaře. Vždy se měřilo ve všední den, nejčastěji ve středu a poté víkendový den. Celkově mělo být naměřeno 8 dní, ale díky letošní teplé zimě jsme vynechali zimní víkend.

3.2.1 Celková spotřeba elektrické energie v bytovém domě

Tabulka 1: Denní odběr elektrické energie v kWh

| Denní odběr elektrické energie v [kWh] | | | | |
|----------------------------------------|---------|-----------|----------|---------|
| Období 2013/2014 | Léto 13 | Podzim 13 | Zima 14 | Jaro 14 |
| Všední den | 860,19 | 1 015,79 | 1 032,89 | 978,05 |
| Víkendový den | 824,35 | 1 108,27 | | 899,48 |
| Celková roční spotřeba | 362 000 | | | |

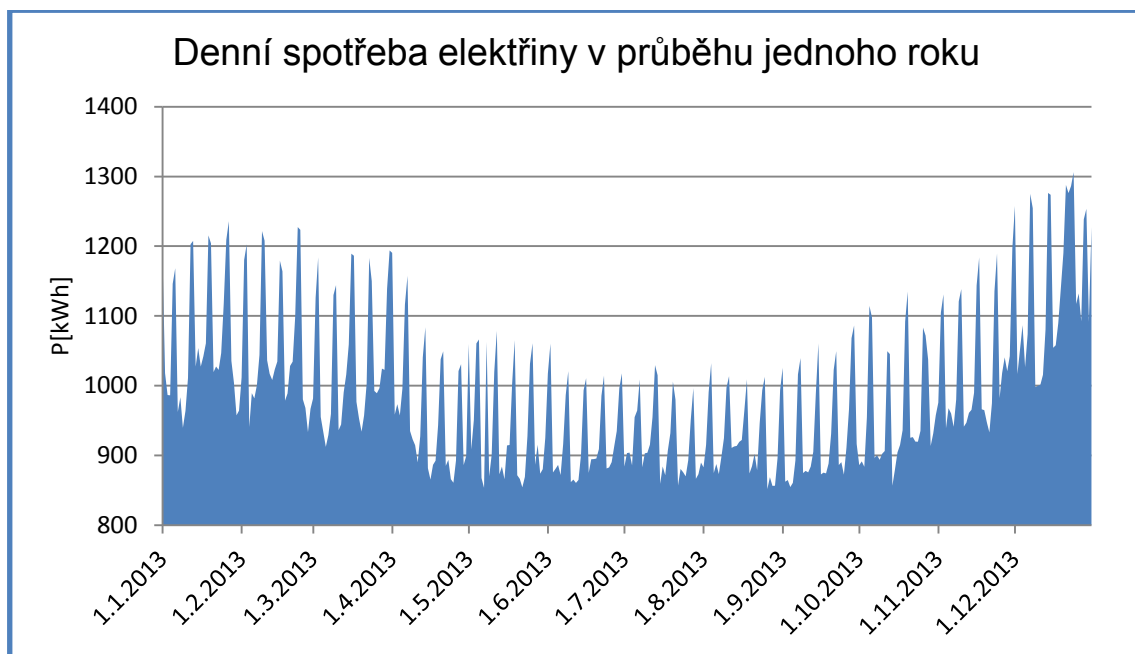
Na webových stránkách operátora trhu s elektřinou (<https://www.ote-cr.cz/>) jsou k dispozici data pro různé třídy typových diagramů dodávek, pomocí kterých lze vypočítat typový diagram roční spotřeby. Byty v družstevním domě spadají do třídy 4, protože používají tarif D01 nebo D02. Na stránkách OTE je ke stažení excelová tabulka, ve které je pro každou hodinu v roce přiřazena normalizovaná hodnota pro jednotlivé třídy.

Příklad výpočtu hodinové spotřeby:

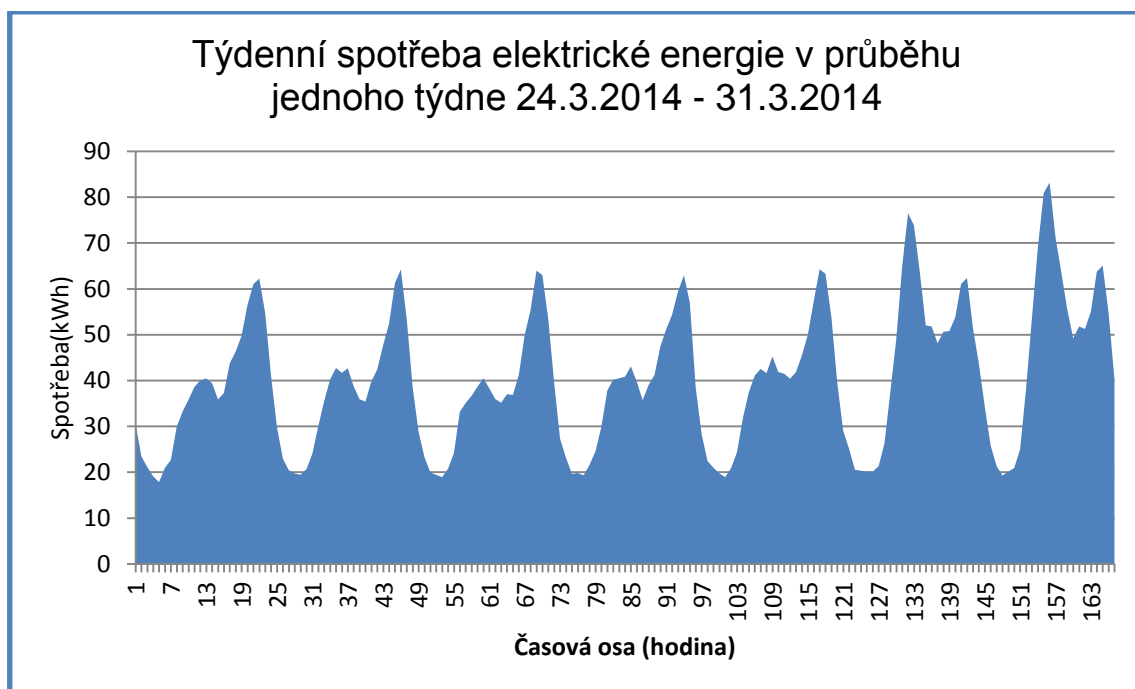
1. Přepočtená spotřeba elektřiny P_j
2. Index pro určitou hodinu I_j : 0,47618
3. Celková roční spotřeba v bytovém domě P_{CELK} : 362 000 kWh

$$P_j = \frac{I_j \times P_{CELK}}{\sum_1^J I_j} = \frac{0,47618 \times 362000}{3738,755} = 46,1 \text{ kWh} \quad (1)$$

Z přepočtených hodnot jsem vypracoval dva grafy spotřeby, první graf znázorňuje denní spotřebu v průběhu jednoho roku, na první pohled je vidět jak s příchodem chladnějších dnů narůstá spotřeba elektřiny. Na druhém grafu lze vypožorovat zvýšení spotřeby během víkendových dnů.



Graf 1: Denní spotřeba elektřiny v průběhu jednoho roku



Graf 2: Týdenní spotřeba elektrické energie v průběhu jednoho týdne 24. - 31. 3. 2014

3.2.2 Spotřeba společného odběru elektrické energie

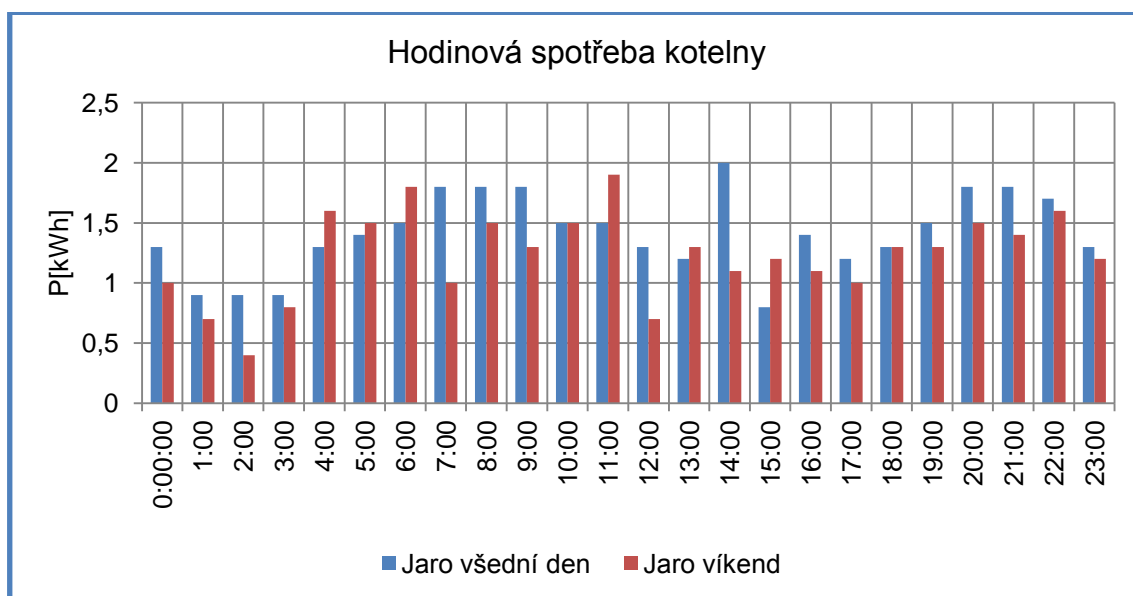
Za společný odběr bytového domu budu považovat výtahy, osvětlení domu, kotelnu a nebytové prostory. Celkovou roční spotřebu je v tomto případě obtížné přesně stanovit, proto jsem ji určil jednoduchým výpočtem. Jeden rok má 52 týdnů, to znamená 104 víkendových dnů a 261 všedních dnů, pokud tyto dny rozdělíme mezi 4 roční období, dostaneme se k číslům 26, 65 a den. Pokud tyto čísla vynásobíme s odběrem elektřiny a sečteme, dostaneme výslednou celkovou roční spotřebu.

Tabulka 2: Denní odběr elektrické energie v kWh

| Denní odběr elektrické energie v [kWh] | | | | |
|----------------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|
| Období 2013/2014 | Léto 13 | Podzim 13 | Zima 14 | Jaro 14 |
| Všední den | 91,95 | 124,69 | 121,81 | 114,39 |
| Víkendový den | 71,53 | 119,11 | | 93,4 |
| Celková roční spotřeba | 40 108,51 | | | |

3.2.3 Spotřeba elektrické energie v kotelně

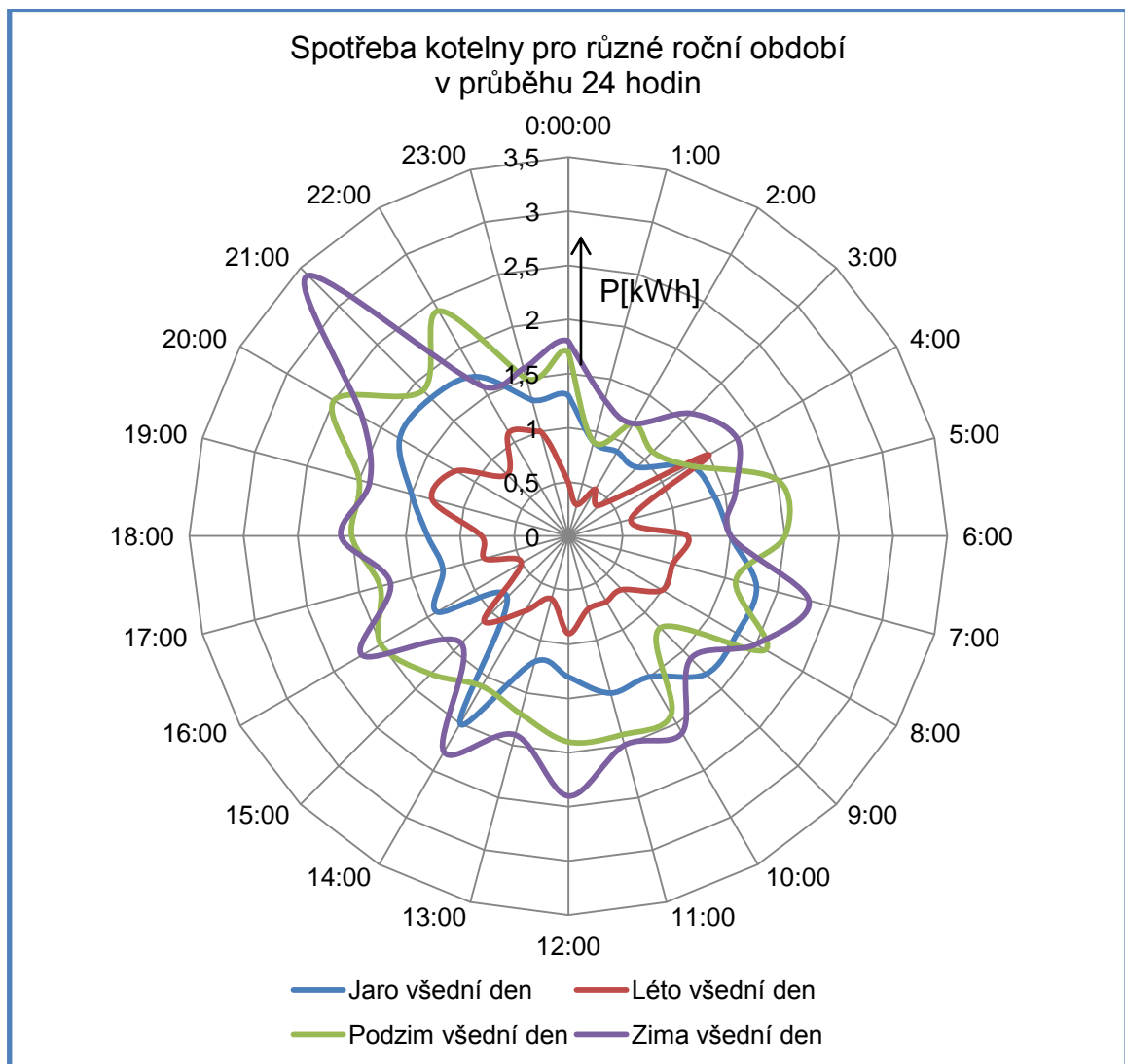
Spotřeba elektřiny v kotelně je specifická, nelze k ní přiřadit žádnou tarifní třídu. Pro následující graf jsem použil odečtené hodnoty z elektroměrů, které jsme naměřili ve všední den a víkend jarního období, den odečtu středa 26. 3. 2014 a poté od soboty do neděle 29. - 30. 3. 2014. Roční spotřeba je 12 580 kWh.



Graf 3: Denní spotřeba kotelný, jarní období

Z tohoto grafu je patrné, že největší spotřeba je ráno, poté následuje pokles a kolem 17:00 lze vyzorovat opět nárůst. Průběhy z tohoto grafu použijí dále při návrhu FVE pro variantu 2.

Na následujícím grafu lze dobře vidět rozdíly ve spotřebě během různých ročních období.



Graf 4: Spotřeba kotelny pro různé roční období v průběhu 24 hodin

3.3 Výběr modulů a jejich umístění

Nejvhodnějším výběrem pro tento typ střechy je polykrystalický modul, je srovnatelný s monokrystalickým modulem, který je podobně efektivní při přeměně slunečního záření na elektřinu. Polykrystalický modul lze pořídit při srovnatelném výkonu za lepší cenu než monokrystalický modul. Na rovné střeše můžeme docela snadno umístit panel tak, aby měl co možná nejvyšší účinnost. Pro tento případ by se panely daly nastavit na dvě různé polohy a to letní a zimní období. V letním období (březen – říjen) by byl sklon panelů od roviny střechy 35° a zimním období (říjen – březen) 50° . Je také důležité, aby byly panely orientovány na jižní světovou stranu. Střešní prostory mají plochu po zaokrouhlení 1300 m^2 . Pokud vezmeme v úvahu stinná místa, místa nevhodná pro umístění panelů a vzdálenost mezi fotovoltaickými panely tak, aby se vzájemně nestínily. Tyto prostory mohou tvořit 60% plochy střechy, 60% z 1300 m^2 je 780 m^2 , tuto plochu pojmenuji jako reálnou plochu pro výstavbu FVE.



Obrázek 3: Pohled na střechu družstevního domu po rekonstrukci, Zázvorkova 12, Praha 5

3.4 Návrh variant

Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce jsme se rozhodli o návrhu dvou hlavních variant, maximalistická a minimalistická. Každá z variant má dvě subvarianty.

Varianta 1

Pro maximalistickou variantu jsem navrhnul velikost maximálního vyrobeného výkonu 50 kWp. První subvarianta (*Varianta 1.1*) je taková, že všechna vyrobená elektrická energie bude spotřebována v bytovém domě a to tak, že bude prodávána jednotlivým bytům za výhodnější cenu. Tato subvarianta je náročnější na realizaci a počáteční investici, vyžaduje místnost, kde budou elektroměry pro všechny byty, nebytové prostory a výtahy. V této místnosti bude přívod z fotovoltaické elektrárny, dále z této místnosti povede elektrická instalace do všech bytů. Pro zjednodušení jsme se domluvili s vedoucím bakalářské práce na tom, že budeme brát bytové družstvo jako celek a vyrobená energie bude sloužit na snížení výdajů za odběr elektřiny od distributora. Druhá subvarianta (*Varianta 1.2*) by pokrývala spotřebu společných nebytových prostor jako je kotelna, výtahy a vnitřní osvětlení na chodbách. Přebytky by byly prodávány do sítě. Tato subvarianta je jednodušší na realizaci, vyžaduje také společnou místnost, do které bude přivedená vyrobená energie z fotovoltaiky. Ta bude dále rozvedena k jednotlivým výtahům, do nebytových prostor a do kotelny.

Varianta 2

Druhou možností (*Varianta 2.1*) je výstavba mnohem menší fotovoltaické elektrárny, která by pokrývala spotřebu čerpadel v kotelně. Velikost této FVE navrhuji po předchozí zkušenosti z individuálního projektu na 2 kWp, v letním období se však všechna vyrobená elektřina nespotřebuje. U této varianty by se vyrobený stejnosměrný proud přiváděl přímo do kotelny. Kotelna by se musela upravit tak, aby její spotřebiče odebíraly stejnosměrný proud. Nedostatky elektrické energie v noci nebo při poklesu intenzity slunečního záření by se poté dodávaly ze sítě. Střídavý proud by se usměrnil usměrňovačem, tím by se daly ušetřit finance za střídač. Pro tuto variantu vypracuji dále také dvě subvarianty, první nebude využívat akumulaci baterie, které by uchovávaly přebytky elektřiny. Druhá varianta (*Varianta 2.2*) využívá těchto baterií.

3.5 Dodávaný výkon fotovoltaické elektrárny

Každý rok má odlišný počet slunných dnů, a proto je velice složité odhadnout, kolik elektřiny přesně vyrobí FVE. Přes webovou stránku PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) lze zjistit průměrnou velikost vyrobeného výkonu.

3.5.1 Výroba FVE varianta 1

Zadané hodnoty:

Technologie fotovoltaické elektrárny je nastavena na krystalický křemík.

GPS souřadnice družstevního domu: 50°2'45", 14°19'57".

Nominální výkon fotovoltaické elektrárny 50 kWp.

Ztráty v systému jsem nastavil na 14%.

Úhel naklonění 35° v letním období, v zimním období 50°.

Orientace na jižní světovou stranu.

Po dosazení všech náležitostí program vygeneruje tabulku, ve které vypočítá průměrné denní a měsíční hodnoty vyrobené elektřiny, dále průměrný denní a měsíční úhrn slunečního záření.

Tabulka 3: Vygenerovaná tabulka webovým programem PVGIS pro 50 kWp

| Hodnoty při úhlu naklonění 35° | | | | | Hodnoty při úhlu naklonění 50° | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|--------------------------------|------|------|------|
| Měsíc | Ed | Em | Hd | Hm | Ed | Em | Hd | Hm |
| Leden | 46,7 | 1450 | 1,12 | 34,7 | 49,5 | 1540 | 1,19 | 36,9 |
| Únor | 87,8 | 2460 | 2,12 | 59,5 | 92 | 2580 | 2,23 | 62,6 |
| Březen | 138 | 4270 | 3,41 | 106 | 140 | 4330 | 3,46 | 107 |
| Duben | 196 | 5890 | 5,07 | 152 | 191 | 5720 | 4,93 | 148 |
| Květen | 200 | 6200 | 5,33 | 165 | 187 | 5780 | 4,97 | 154 |
| Červen | 202 | 6050 | 5,45 | 163 | 185 | 5540 | 4,99 | 150 |
| Červenec | 187 | 5800 | 5,11 | 158 | 173 | 5360 | 4,71 | 146 |
| Srpen | 181 | 5610 | 4,89 | 152 | 173 | 5360 | 4,67 | 145 |
| Září | 148 | 4450 | 3,88 | 116 | 148 | 4440 | 3,88 | 116 |
| Říjen | 101 | 3120 | 2,54 | 78,9 | 105 | 3250 | 2,65 | 82,2 |
| Listopad | 58,3 | 1750 | 1,43 | 42,8 | 62,3 | 1870 | 1,53 | 45,9 |
| Prosinec | 44,9 | 1390 | 1,09 | 33,9 | 47,3 | 1460 | 1,16 | 35,9 |

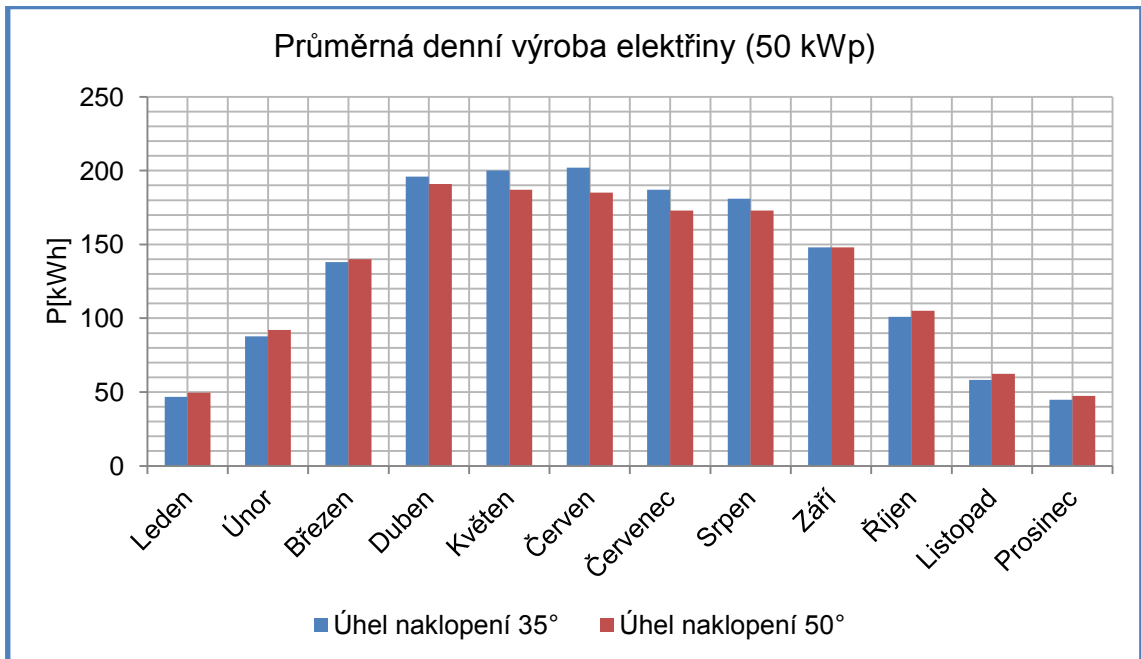
Ed: Průměrná denní výroba elektřiny z daného systému (kWh)

Em: Průměrná měsíční výroba elektřiny z daného systému (kWh)

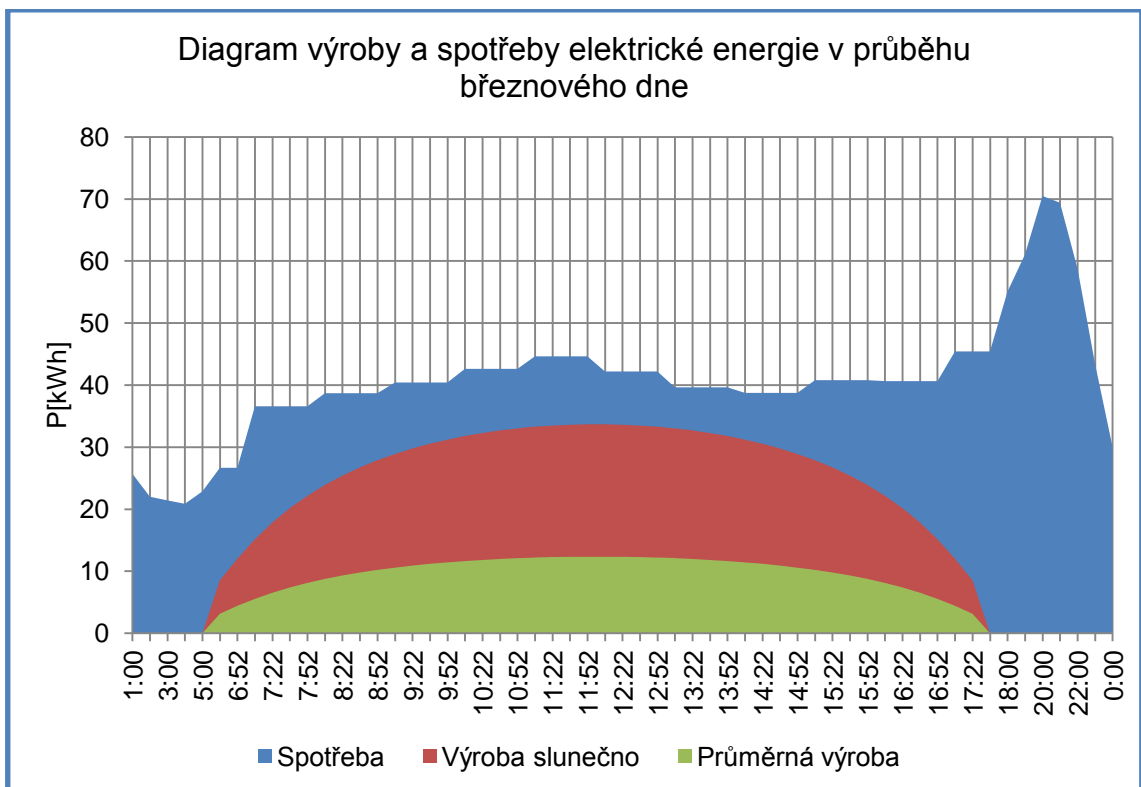
Hd: Průměrný denní úhrn globálního záření na metr čtvereční přijaté moduly daného systému (kWh/m²)

Hm: Průměrný součet globálního záření na metr čtvereční obdržené moduly daného systému (kWh/m²)

Následující graf zobrazuje průměrnou výrobu FVE v jednotlivých měsících pro různé úhly sklonění fotovoltaických panelů.



Graf 5: Denní výroba FVE pro jednotlivé měsíce



Graf 6: Diagram výroby a spotřeby pro březnový den, spotřeba bytového domu

3.5.2 Výroba FVE varianta 2

Zadané hodnoty:

Technologie fotovoltaické elektrárny je nastavena na krystalický křemík.

GPS souřadnice družstevního domu: 50°2'45", 14°19'57".

Nominální výkon fotovoltaické elektrárny 2 kWp.

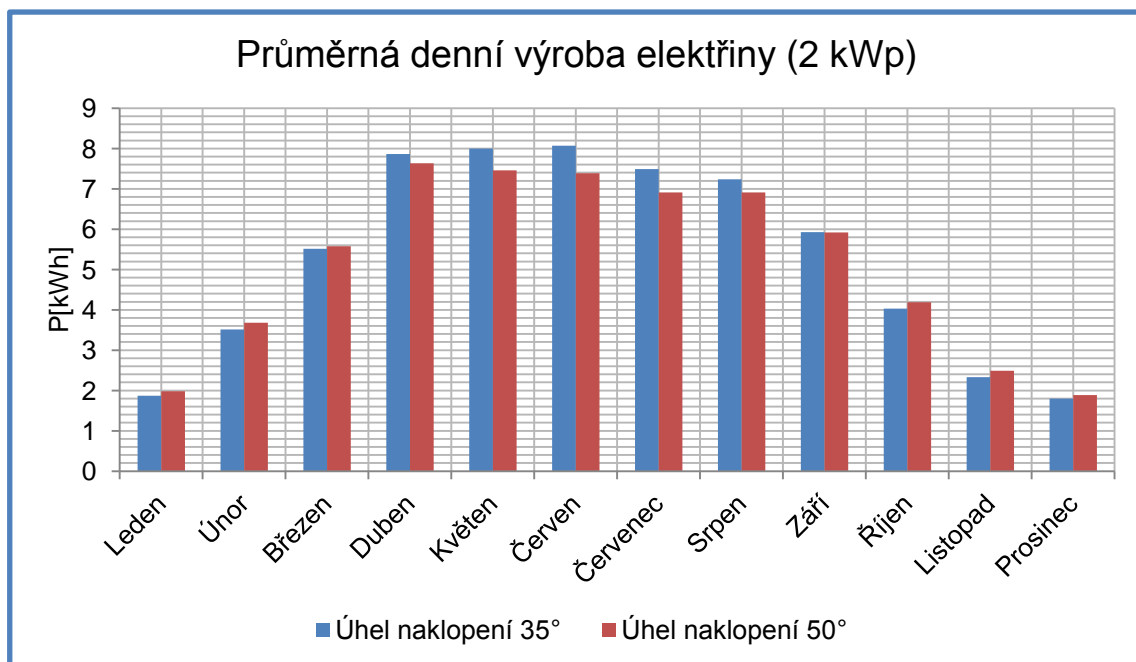
Ztráty v systému jsem nastavil na 14%.

Úhel naklonění 35° v letním období, v zimním období 50°.

Orientace na jižní světovou stranu.

Tabulka 4: Vygenerovaná tabulka webovým programem PVGIS pro 2 kWp

| Měsíc | Hodnoty při úhlu naklonění 35° | | | | Hodnoty při úhlu naklonění 50° | | | |
|----------|--------------------------------|------|------|------|--------------------------------|------|------|------|
| | Ed | Em | Hd | Hm | Ed | Em | Hd | Hm |
| Leden | 1,87 | 58 | 1,12 | 34,7 | 1,98 | 61,4 | 1,19 | 36,9 |
| Únor | 3,51 | 98,3 | 2,12 | 59,5 | 3,68 | 103 | 2,23 | 62,6 |
| Březen | 5,51 | 171 | 3,41 | 106 | 5,58 | 173 | 3,46 | 107 |
| Duben | 7,86 | 236 | 5,07 | 152 | 7,63 | 229 | 4,93 | 148 |
| Květen | 8 | 248 | 5,33 | 165 | 7,46 | 231 | 4,97 | 154 |
| Červen | 8,07 | 242 | 5,45 | 163 | 7,39 | 222 | 4,99 | 150 |
| Červenec | 7,49 | 232 | 5,11 | 158 | 6,91 | 214 | 4,71 | 146 |
| Srpen | 7,24 | 224 | 4,89 | 152 | 6,91 | 214 | 4,67 | 145 |
| Září | 5,93 | 178 | 3,88 | 116 | 5,92 | 177 | 3,88 | 116 |
| Říjen | 4,03 | 125 | 2,54 | 78,9 | 4,19 | 130 | 2,65 | 82,2 |
| Listopad | 2,33 | 70 | 1,43 | 42,8 | 2,49 | 74,7 | 1,53 | 45,9 |
| Prosinec | 1,8 | 55,7 | 1,09 | 33,9 | 1,89 | 58,6 | 1,16 | 35,9 |



Graf 7: Denní výroba FVE pro jednotlivé měsíce

3.6 Parametry fotovoltaického panelu

ReneSola POLY 250Wp

Specifikace: Články 156* 156mm Počet článků 60(6*10)

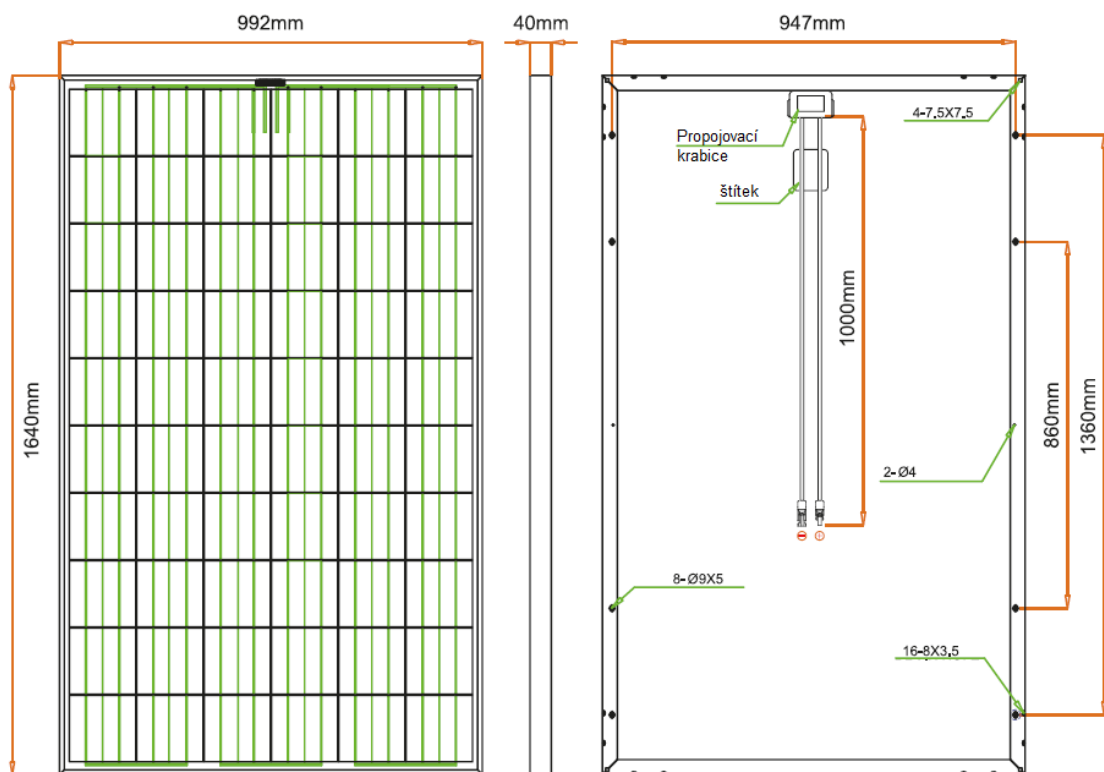
Typické napětí systému 24V DC

Maximální napětí 1000V DC

Rozměry 1640(L) x 992(W) x 40(H) mm

Váha 19Kg

Výrobce u těchto panelů garantuje výkonnostní pokles 20% během 25 let, Wp je jednotka špičkového výkonu fotovoltaického panelu.



Obrázek 4: Rozměry polykrystalického panelu ReneSola 250

3.7 Závěrečné zhodnocení návrhu

Pro obě navrhované varianty bude použit polykrystalický modul ReneSola 250 Wp. Pro první variantu 200 modulů, pro druhou variantu 8 modulů. Tyto fotovoltaické panely lze pořídit od 5 000 Kč bez DPH za kus. Plocha jednoho fotovoltaického panelu je po zaokrouhlení 1,63 m². Plocha střechy, od které se odečte 60% její velikosti (stinná místa a místa nevhodná ke konstrukci) měří 780 m². Na plochu této střechy lze umístit 478 fotovoltaických panelů, lze tedy při plném rozmístění panelů vyrobit 119,5 kWp. Při návrhu musíme brát ohledy na nosnost střechy, ta by nemusela vydržet váhu fotovoltaických panelů.

4. Investiční a provozní výdaje variant, kvantifikace efektů

V této kapitole jsou podrobněji rozepsány investiční a provozní výdaje variant. Po domluvě s vedoucím bakalářské práce budou všechny ceny uvedeny bez daně z přidané hodnoty.

4.1 Jednotlivé prvky fotovoltaické elektrárny

4.1.1 Investiční výdaje

a) Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely přeměňují sluneční světlo na stejnosměrný elektrický proud. Ceny fotovoltaických panelů rostou s velikostí vyrobeného špičkového výkonu. Pro hodnotu špičkového výkonu 250 Wp se panely pohybují v cenové relaci od 5 000 Kč až 9 000 Kč za jeden kus.

b) Měnič

Stejnoseměrný proud vyrobený fotovoltaickými panely se v měniči mění na střídavý proud. Cena zařízení roste s velikostí trvalého výstupního výkonu měniče. Cena měniče s maximálním výkonem 17,7 kW se pohybuje kolem 70 000 Kč.

c) Elektroměr pro měření dodávky do sítě

Elektroměr měří vyrobenou elektrickou energii z fotovoltaické elektrárny. Ceny elektroměrů se pohybují od 800 Kč až po 2 600 Kč za kus.

d) Čtyřkvadrantový elektroměr

Tento elektroměr vždy instaluje distributor, do sítě kde je fotovoltaická elektrárna připojena. Elektroměr zaznamenává přetoky do sítě a odběry ze sítě. Cena za jeden kus je kolem 10 400 Kč.

e) Akumulátorové baterie

Akumulátorové baterie v sobě hromadí elektrickou energii v době, kdy fotovoltaické panely vyrábějí nadbytek energie. Z baterií je odebírána energie přes noc nebo v období, kdy fotovoltaické moduly nejsou schopny dodávat potřebný výkon. Ceny baterií rostou s velikostí proudu v ampér-hodinách, který je baterie schopna dodávat. Například pro 80 Ah se ceny pohybují kolem 5 200 Kč, pro 250 Ah je cena kolem 12 000 Kč.

f) Vodiče pro rozvod vyrobené elektrické energie, přípojovací konektor, rozvaděč, přepěťová ochrana a jističe

Ceny kabelů jsou závislé na průměru vodiče a pohybují se od 50 Kč (10 mm²) do 500 Kč (150 mm²), cena je za jeden metr jednožilového kabelu. Ochranná kabelová trubka stojí 50 Kč za metr délky. Přípojovací konektor 160 Kč za kus. Slučovací konektor 550 Kč za kus. Rozváděcí skříňe můžeme rozdělit podle umístění na zděné, závěsné a venkovní. Cena rozvaděče závisí na velikosti, ceny se pohybují od 250 Kč až do 1 200 Kč. Cena jističů roste s velikostí jistícího proudu, jističe se dělají jednofázové nebo třífázové. Cena se pohybuje od 60 Kč až 100 Kč pro jednofázové a 200 Kč až 500 Kč pro třífázové jističe. Střešní kabelová průchodka stojí kolem 300 Kč.

g) Nosná konstrukce

Konstrukce na rovnou střechu u obchodníka vychází na 1 600 Kč pro jeden panel. Tato konstrukce má však standardizovaný sklon 30°. Pro návrh kde se počítá se sklony 35° a 50° je tato konstrukce nevhodná. Pokud bychom nechali zhotovit konstrukci firmou, mohla by se odhadovaná cena pohybovat v rozmezí 2 000 Kč až 5 000 Kč za jeden kus.

h) Projekt, administrativa, revize, licence, práce a doprava

Další nemalou částkou, která musí být brána v potaz, jsou výdaje na vypracování projektu, administrativní řízení, revize, udělení licencí, práce dělníku při montáži a doprava zařízení na místo určení.

Firmy, které se zabývají stavbou fotovoltaické elektráren, mají ze svých zkušeností dobře propočítané ceny pro zákazníky, proto zde uvedené částky budou nadhodnocené.

Cena za tyto položky je variabilní podle velikosti vyráběné elektrické energie. Pro výkon 50 kWp odhaduji cenu za projekt, administrativu, revizi a licenci na 35 000 Kč, práce a doprava může stát 90 000 Kč až 165 000 Kč. Pro výkon 2 kWp odhaduji cenu za projekt, administrativu, revizi a licenci na 15 000 Kč až 20 000 Kč, práce a doprava může stát 18 000 Kč až 25 000 Kč.

i) Kontrola zařízení – Monitoring

Jedná se o doplňkovou službu. Pomocí monitoringu se dá sledovat výroba fotovoltaické elektrárny na PC. Někteří výrobci střídačů nabízí zdarma software, přes který lze monitoring provozovat. Výrobci: SMA , Kostal Piko, Fronius.

j) Centralizace společných odběrů

Záměrem je soustředit všechny rezie a výtahy do jednoho rozvaděče v č. p. 1998, umístěném v chodbě ke kotelně. Výdaje na rekonstrukci odhaduji na 20 000 Kč.

4.1.2 Provozní výdaje

a) Údržba a oprava fotovoltaické elektrárny

Dvakrát v roce se musí upravit naklopení fotovoltaických panelů, nelze přesně určit kolik a v jakém časovém rozmezí napadne sníh v jednotlivých letech provozu FVE, proto roční výdaje budou variabilní. V každém roce vyhradím na údržbu a opravy částku 12 200 Kč pro variantu 1 a 2 200 Kč pro variantu 2.

b) Výměna akumulčních baterií

Baterie mají různou dobu životnosti, doba životnosti se pohybuje mezi pěti až dvanácti lety podle způsobu nabíjení a vybíjení. Pro jednu ze subvariant zvolím dobu životnosti 11 let.

c) Vlastní spotřeba měniče

Vlastní spotřeba měničů je 40 W až 60 W, roční spotřeba přepočítaná na peníze je asi 2000 Kč.

4.2 Investiční a provozní výdaje variant

V následující podkapitole budou uvedeny investiční a provozní výdaje v neúplné podobě. Kompletní podrobný přehled se nachází v příloze na konci této práce nebo v elektronické podobě na cd. Všechny ceny jsou bez daně z přidané hodnoty.

4.2.1 Investiční a provozní výdaje varianty 1.1

Prodej elektřiny bytům, všechna vyrobená elektřina je spotřebována. FVE velikosti 50 kWp.

Tabulka 5: Investiční výdaje varianty 1.1

| Zařízení a množství | Typ | Cena celkem |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| FV panel, 200x | ReneSola POLY 250Wp | 1 000 000,00 Kč |
| Nosné konstrukce, 200x | Výroba na zakázku | 480 000,00 Kč |
| Ochrana na vodiče, 500m | | 25 000,00 Kč |
| Konektor připojovací, 200x | | 32 000,00 Kč |
| Konektor slučovací, 200x | | 70 000,00 Kč |
| Střešní kabeláž | | 70 000,00 Kč |
| Střešní průchodka | | 300,00 Kč |
| Frekvenční měnič, 2x | Danfoss TLX15k | 120 000,00 Kč |
| Frekvenční měnič, 2x | Danfoss TLX10k | 90 000,00 Kč |
| Elektroměr | Čtyřkvadrantový elektroměr ACE SL7000 | 10 600,00 Kč |
| Elektroměr | Elektroměr MANELER 9902M | 850,00 Kč |
| Rozvaděč | Rozvaděč WS, 250x250x155, krytí IP66 | 1 240,00 Kč |
| Jistič | Jistič BM018332T | 490,00 Kč |
| Projekt, administrativa, revize a licence | | 32 000,00 Kč |
| Práce a doprava | | 462 000,00 Kč |
| Jistič, 10x | 3x20A | 5 500,00 Kč |
| Elektroměr, 10x | 3F | 8 500,00 Kč |
| Jistič, 3x | 3x16A | 1 500,00 Kč |
| Elektroměr, 3x | 3F | 2 550,00 Kč |
| Jistič | 1x6A | 400,00 Kč |
| Jistič | 1x16A | 450,00 Kč |
| Kabel, 297m | CYKY 4x4mm ² | 11 286,00 Kč |
| Kabel, 40m | CYKY 4x2mm ² | 1 000,00 Kč |
| Kabel, 90m | CYKY 4x2,5mm ² | 2 430,00 Kč |
| Jistič, 36x | 3x16A | 18 000,00 Kč |
| Kabel, 800m | CYKY 4x4mm ² | 30 400,00 Kč |
| Elektroměr, 36x | 3f | 30 600,00 Kč |
| Jistič, 36x | 3x16A | 18 000,00 Kč |
| Kabel, 800m | CYKY 4x4mm ² | 30 400,00 Kč |
| Elektroměr, 36x | 3f | 30 600,00 Kč |
| Jistič, 24 x | 3x16A | 12 000,00 Kč |
| Kabel, 500m | CYKY 4x4mm ² | 19 000,00 Kč |
| Elektroměr, 24x | 3f | 20 400,00 Kč |
| Jistič, 24x | 3x16A | 12 000,00 Kč |
| Kabel, 500m | CYKY 4x4mm ² | 19 000,00 Kč |
| Elektroměr, 24x | 3f | 20 400,00 Kč |
| Jistič, 36x | 3x16A | 18 000,00 Kč |
| Kabel, 800m | CYKY 4x4mm ² | 30 400,00 Kč |
| Elektroměr, 36x | 3f | 30 600,00 Kč |
| Celkové investiční výdaje | | 2 767 896,00 Kč |

Tabulka 6: Provozní výdaje varianty 1.1

| | |
|-----------------|------------------|
| Údržba FVE | 12 400,00 Kč/rok |
| Spotřeba měniče | 2 000,00 Kč/rok |

4.2.2 Investiční a provozní výdaje varianty 1.2

Vyrobená elektrická energie je spotřebována v nebytech, přebytky jsou prodávány do sítě prostřednictvím obchodníka. FVE velikosti 50 kWp.

Tabulka 7: Investiční výdaje varianty 1.2

| Zařízení a množství | Typ | Cena celkem |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| FV panel, 200x | ReneSola POLY 250Wp | 1 000 000,00 Kč |
| Nosné konstrukce, 200x | Výroba na zakázku | 480 000,00 Kč |
| Ochrana na vodiče, 500m | | 25 000,00 Kč |
| Konektor připojovací, 200x | | 32 000,00 Kč |
| Konektor slučovací, 200x | | 70 000,00 Kč |
| Střešní kabeláž | | 70 000,00 Kč |
| Střešní průchodka | | 300,00 Kč |
| Frekvenční měnič, 2x | Danfoss TLX15k | 120 000,00 Kč |
| Frekvenční měnič, 2x | Danfoss TLX10k | 90 000,00 Kč |
| Elektroměr | Čtyřkvadrantový elektroměr ACE SL7000 | 10 600,00 Kč |
| Elektroměr | Elektroměr MANELER 9902M | 850,00 Kč |
| Rozvaděč | Rozvaděč WS, 250x250x155, krytí IP66 | 1 240,00 Kč |
| Jistič | Jistič BM018332T | 490,00 Kč |
| Projekt, administrativa, revize a licence | | 32 000,00 Kč |
| Práce a doprava | | 162 000,00 Kč |
| Jistič, 10x | 3x20A | 5 500,00 Kč |
| Elektroměr, 10x | 3F | 8 500,00 Kč |
| Jistič, 3x | 3x16A | 1 500,00 Kč |
| Elektroměr, 3x | 3F | 2 550,00 Kč |
| Jistič | 1x6A | 400,00 Kč |
| Jistič | 1x16A | 450,00 Kč |
| Kabel, 297m | CYKY 4x4mm ² | 11 286,00 Kč |
| Kabel, 40m | CYKY 4x2mm ² | 1 000,00 Kč |
| Kabel, 90m | CYKY 4x2,5mm ² | 2 430,00 Kč |
| Celkové investiční výdaje | | 2 128 096,00 Kč |

Tabulka 8: Investiční výdaje varianty 1.2

Tabulka 9: Provozní výdaje varianty 1.2

| | |
|-----------------|------------------|
| Údržba FVE | 12 400,00 Kč/rok |
| Spotřeba měniče | 2 000,00 Kč/rok |

4.2.3 Investiční a provozní výdaje varianty 2.1

Využití vyrobené elektřiny v kotelně bez použití baterií. FVE velikosti 2 kWp.

Tabulka 10: Investiční výdaje varianty 2.1

| Zařízení a množství | Typ | Cena celkem |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| FV panel | ReneSola POLY 250Wp | 40 000,00 Kč |
| Konstrukce | Nosné konstrukce | 24 000,00 Kč |
| Kabeláž | | 10 000,00 Kč |
| Ochrana | Ochrana na vodiče | 5 000,00 Kč |
| Konektor | Konektor připojovací | 1 920,00 Kč |
| Konektor | Konektor slučovací | 3 300,00 Kč |
| Průchodka | Střešní průchodka | 300,00 Kč |
| Elektroměr | Čtyřkvadrantový, ACE SL7000 | 10 600,00 Kč |
| Elektroměr | Elektroměr MANELER 9902M | 850,00 Kč |
| Rozvaděč | Rozvaděč WS, 250x250x155, krytí IP66 | 1 240,00 Kč |
| Jistič | Jistič BM018332T | 490,00 Kč |
| Projekt, administrativa, revize a licence | | 18 000,00 Kč |
| Práce a doprava | | 25 000,00 Kč |
| Změna rozvodů v kotelně z AC na DC | | 8 000,00 Kč |
| Celkové investiční výdaje | | 148 700,00 Kč |

Tabulka 11: Investiční výdaje varianty 2.1

| | |
|------------|-----------------|
| Údržba FVE | 2 200,00 Kč/rok |
|------------|-----------------|

4.2.3 Investiční a provozní výdaje varianty 2.2

Využití vyrobené elektřiny v kotelně s použitím baterií. FVE velikosti 2 kWp.

Tabulka 12: Investiční výdaje varianty 2.2

| Zařízení a množství | Typ | Cena celkem |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| FV panel | ReneSola POLY 250Wp | 40 000,00 Kč |
| Konstrukce | Nosné konstrukce | 24 000,00 Kč |
| Kabeláž | | 10 000,00 Kč |
| Ochrana | Ochrana na vodiče | 5 000,00 Kč |
| Konektor | Konektor připojovací | 1 920,00 Kč |
| Konektor | Konektor slučovací | 3 300,00 Kč |
| Průchodka | Střešní průchodka | 300,00 Kč |
| Elektroměr | Čtyřkvadrantový, ACE SL7000 | 10 600,00 Kč |
| Elektroměr | Elektroměr MANELER 9902M | 850,00 Kč |
| Rozvaděč | Rozvaděč WS, 250x250x155, krytí IP66 | 1 240,00 Kč |
| Jistič | Jistič BM018332T | 490,00 Kč |
| Baterie | Hoppecke Solar Bloc 200Ah, 12V | 27 450,00 Kč |
| Projekt, administrativa, revize a licence | | 18 000,00 Kč |
| Práce a doprava | | 25 000,00 Kč |
| Změna rozvodů v kotelně z AC na DC | | 8 000,00 Kč |
| Celkové investiční výdaje | | 148 700,00 Kč |

Tabulka 13: Provozní výdaje varianty 2.2

| | |
|-------------------------------------|-----------------|
| Údržba FVE | 2 200,00 Kč/rok |
| Výměna baterií v 11 roce životnosti | 27 450,00 Kč |

5. Vyhodnocení variant z hlediska projektu

Tato kapitola popisuje nulovou variantu, čistou současnou hodnotou, dále se zabývá vyhodnocením variant z hlediska projektu.

5.1 Odhadovaný vývoj ceny elektrické energie

Je velice obtížné předpovídat budoucí cenu elektrické energie, tuto cenu ovlivňuje mnoho faktorů. Evropské státy v propojené elektrizační soustavě, mají různé zdroje pro výrobu elektrické energie, vlády těchto států mají odlišný pohled na dotace pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů. Dotace mají neblahý vliv na vývoj cen elektrické energie na trhu. Pro vyhodnocení variant tedy použijí několik modelů růstů cen elektřiny.

5.2 Čistá současná hodnota NPV

Čistá současná hodnota je ekonomický ukazatel efektivnosti investičních projektů, která za efekt z investice považuje peněžní příjem z projektu. Pokud se $NPV = 0$, lze říct že, investice splnila naše očekávání. Kladná hodnota NPV potom říká, o kolik investice předčí naše očekávání.

Čistá současná hodnota: NPV [Kč]

Kapitálová investice v roce 0: CF_0 [Kč]

Doba životnosti: T_z [roky]

Požadovaná výnosnost: i [%/100]

Peněžní příjem v jednotlivých letech $CF_{1,2,\dots,T_z}$ [Kč]

$$NPV = \sum_{n=1}^{T_z} \frac{CF_n}{(1+i)^n} - CF_0 \quad (2)$$

Diskont

Pro výpočet čisté současné hodnoty je hodnota diskontu stěžejní, diskont zahrnuje hodnotu alternativní investice, riziko investice a časovou hodnotu peněz. Diskontní míru lze pro tento ty projektu určit z úroků dlouhodobých dluhopisů ČR, ty se pohybují kolem 4%.

5.3 Nulová varianta

Nulová varianta je taková varianta, kdy se nerealizuje ani jedna z navrhovaných možností výstavby FVE. Zajímá nás tedy, kolik zaplatíme distributorovi za roční odběr elektřiny. Cena elektřiny od PRE (Komfort klasik) je 5 038 Kč za odebranou MWh. Roční příjmy jednotlivých variant jsou uvedeny v příloze.

Bytový dům

Celkový roční odběr bytového domu je 362 000 kWh, přepočteno na peníze 1 823 756 Kč.

Společný odběr výtahy, režie, nebytové prostory

Společný odběr výtahů, osvětlení a nebytových prostorů je 40 108,51 kWh za jeden rok, přepočteno na peníze 202 066 Kč.

Kotelna

Roční spotřeba kotelny je 12 580 kWh, přepočteno na peníze 78 492 Kč.

5.4 Vyhodnocení variant

Pro porovnání variant jsem použil ekonomický ukazatel NPV popsany v kapitole 5.2 *Čistá současná hodnota NPV*, s diskontní mírou 4%. Dále budu uvažovat 1% roční nárůst cen elektřiny a 1% pokles výroby FVE vlivem stárnutí, doba životnosti je 20 let. Hotovostní toky pro každý rok jsou podrobně rozepsány v příloze.

5.4.1 Vyhodnocení varianty 1.1

Všechna vyrobená elektrická energie bude spotřebována v bytovém domě a to tak, že bude prodávána jednotlivým bytům za výhodnější cenu 4 500 Kč za MWh. Prodejem je myšleno přerozdělování nákladů za odběr elektrické energie. Výpočet čisté současné hodnoty pro diskontní sazbu 4% a roční 1% růst cen elektřiny je 17 276,4 Kč, o tuto sumu investice předčila naše očekávání. Tato varianta se nabízí jako vhodná k realizaci

Tabulka 14: Citlivostní analýza NPV varianty 1

| NPV [Kč] | | Diskont [%] | | | |
|------------------------|----|-------------|------------|------------|--------------|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Růst cen elektřiny [%] | -1 | 21 540,9 | -416 214,7 | -756 285,0 | -1 024 273,7 |
| | 0 | 285 302,9 | -211 245,8 | -594 857,7 | -895 486,6 |
| | 1 | 580 684,9 | 17 276,4 | -415 686,8 | -753 184,5 |
| | 2 | 911 833,1 | 272 363,9 | -216 562,6 | -595 730,4 |

5.4.2 Vyhodnocení varianty 1.2

Vyrobená elektrická energie je spotřebována v nebytech, přebytky jsou prodávány do sítě.

V tomto případě fotovoltaická elektrárna vyrobí více elektřiny, než se spotřebuje. Je velice komplikované předem konstatovat, kolik procent se spotřebuje v bytovém domě a kolik se prodá obchodníkovi. Z naměřených hodnot spotřeby elektřiny v těchto prostorách jsem se rozhodl rozdělit výrobu rovným dílem, 50% výroby z FVE vlastní spotřeba domu a 50% prodej obchodníkovi 1 000 Kč za kWh. Výpočet čisté současné hodnoty pro diskontní sazbu 4% a roční 1% růst cen elektřiny je 11 163,5 Kč, o tuto sumu investice předčila naše očekávání. Tato varianta se nabízí jako vhodná k realizaci

Tabulka 15: Citlivostní analýza NPV varianty 2

| NPV [Kč] | | Diskont [%] | | | |
|------------------------|----|-------------|------------|------------|------------|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Růst cen elektřiny [%] | -1 | 131 424,6 | -231 495,2 | -512 380,7 | -732 910,4 |
| | 0 | 279 072,7 | -116 758,1 | -422 017,3 | -660 818,3 |
| | 1 | 444 421,0 | 11 163,5 | -321 721,4 | -581 160,7 |
| | 2 | 629 790,3 | 153 955,8 | -210 256,1 | -493 021,4 |

5.4.3 Vyhodnocení varianty 2.1

Využití vyrobené elektřiny v kotelně bez použití baterií. U této varianty se v letním období nespotřebuje všechna vyrobená elektřina. Pro porovnání s variantou, která využívá baterie, jsem výrobu v tomto případě snížil o 30%. Výpočet čisté současné hodnoty pro diskontní sazbu 4% a roční 1% růst cen elektřiny je -84 025,6 Kč. Pro zajímavost jsem zkusil vypočítat, kdy se NPV dostane do kladných čísel, při ročním 6,3% růstu cen elektřiny a 2% diskontu je čistá současná hodnota kladná. Tato varianta není vhodná k realizaci.

Tabulka 16: Citlivostní analýza NPV varianty 3

| NPV [Kč] | | Diskont [%] | | | |
|------------------------|----|-------------|-----------|------------|------------|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Růst cen elektřiny [%] | -1 | -88 697,7 | -97 611,0 | -104 582,5 | -110 113,6 |
| | 0 | -80 431,5 | -91 187,4 | -99 523,4 | -106 077,5 |
| | 1 | -71 174,4 | -84 025,6 | -93 908,3 | -101 617,8 |
| | 2 | -60 796,3 | -76 031,3 | -87 667,8 | -96 683,3 |

5.4.4 Vyhodnocení varianty 2.2

Využití vyrobené elektřiny v kotelně bez použití baterií. Výpočet čisté současné hodnoty pro diskontní sazbu 4% a roční 1% růst cen elektřiny je -90 423,6 Kč. Pro tuto variantu jsem také zkoušel vypočítat, kdy se NPV dostane do kladných čísel. Při ročním 5,2% růstu cen elektřiny a 2% diskontu je čistá současná hodnota kladná. Tato varianta není vhodná k realizaci.

Tabulka 17: Citlivostní analýza NPV varianty 4

| NPV [Kč] | | Diskont [%] | | | |
|------------------------|----|-------------|------------|------------|------------|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Růst cen elektřiny [%] | -1 | -98 773,1 | -109 831,4 | -118 388,0 | -125 129,6 |
| | 0 | -86 964,2 | -100 654,7 | -111 160,8 | -119 363,7 |
| | 1 | -73 739,7 | -90 423,6 | -103 139,2 | -112 992,7 |
| | 2 | -58 914,0 | -79 003,2 | -94 224,2 | -105 943,4 |

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, zda je výhodné investovat do výstavby fotovoltaické elektrárny, řešil jsem návrh čtyř různých variant pro výstavbu fotovoltaické elektrárny. Bylo by velmi jednoduché nyní konstatovat, pomocí výpočtů čisté současné hodnoty, které varianty jsou výhodné či nevýhodné. Příjmy z fotovoltaické elektrárny majoritně ovlivňují dva faktory, roční výroba FVE a růst ceny elektrické energie. Předpověď budoucího vývoje těchto faktorů je téměř nemožná. Pokud by byla některá z variant realizována, dostali bychom přesné částky počáteční investice. V následujících letech bychom měli k dispozici cenná data výroby FVE a také změny cen elektřiny. Z těchto dat bychom mohli přesněji přepočítat budoucí peněžní toky, výsledkem by byl mnohem přesnější výpočet čisté současné hodnoty.

Pokud bych porovnával dvě hlavní varianty maximalistickou a minimalistickou, přiklonil bych se určitě k variantě, která navrhuje instalovat vyšší výkon 50 kWp. Tato varianta nabízí dále dvě subvarianty, z těchto subvariant je velice složité vybrat, protože výpočet čisté současné hodnoty je u obou dost podobný. Varianta 1.1 je více závislá na ceně elektrické energie. Varianta 1.2 je závislá na výkupní ceně elektrické energie od obchodníka.

Na úplný závěr bych dodal, že tato práce může sloužit jako možný podklad pro budoucí realizaci výstavby fotovoltaické elektrárny na bytovém domě.

Seznam použitých zdrojů

1) Energetický zákon

Legislativní dokument

Česká republika. Energetický zákon. In: 458/2000. 28.11.2000. Dostupné z: http://www.cr-sei.cz/458_cz.htm

2) Zdanění fotovoltaické energie

Akademická práce

JIŘINCOVÁ, Eva. *Zdanění fotovoltaické energie*. Brno, 2012. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

3) Efektivnost kogenerace v bytovém domě

Akademická práce

HORA, Jan. *Efektivnost kogenerace v bytovém domě*. Praha, 2011. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Fakulta elektrotechnická.
Vedoucí práce Ing. Miroslav Vítek, CSc.

4) Fotovoltaika, elektřina ze slunce

Kniha

MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMESŠ. *Fotovoltaika, elektřina ze slunce*. 2. vyd. Brno: ERA, 2008, vii, 81 s. ISBN 978-80-7366-133-5.

5) Investiční rozhodování a dlouhodobé financování

Kniha

VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2010, 465 s. ISBN 978-80-86929-71-2.

6) Mapy Google

Web » Webová stránka

Mapy Google. *Satelitní snímek* [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/place/Z%C3%A1zvorkova/@50.0461777,14.334244,308m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x470b95fb6bac17af:0xb517cc39ef0eb23a>

7) OTE a.s.

Web » Webová stránka

OTE a.s. <https://www.ote-cr.cz/> [online]. [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/normalizovane-tdd>

8) Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps

Web » Webová stránka

Photovoltaic Geographical Information System. *PVGIS* [online]. 2014 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

9) Fotovoltaika pro budovy

STANĚK, Kamil. Fotovoltaika pro budovy. Praha, 21. 06. 2013. ISBN 978-80-247-4278-6.

10) Energetické regulační úřad

Web » Webová stránka

Energetické regulační úřad. *ERU* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/>

11) Katalog FV panelů ReneSola

Web » Webová stránka

Katalog FV panelů ReneSola. *ReneSola* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: http://www.eurosol.eu/en/produktliste_renesola

12) Výkupní ceny FVE pro rok 2013

Web » Webová stránka

Výkupní ceny FVE pro rok 2013. *CSE-PRO* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.csepro.cz/stranka-2/vykupni-ceny-fve.html>

13) Výkup přebytků z FVE

Web » Webová stránka

Výkup přebytků z FVE. *HQ Line* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.hqline.com/novinky/vykup-prebytku-z-fve>

14) Elektromateriál pro výstavbu FVE

Web » Webová stránka

Elektromateriál pro výstavbu FVE. [Http://www.moje-elektro.cz](http://www.moje-elektro.cz) [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.moje-elektro.cz/elektromaterial/jistice-chranice-stykace>

Seznam grafů

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Graf 1: Denní spotřeba elektřiny v průběhu jednoho roku..... | 15 |
| Graf 2: Týdenní spotřeba elektrické energie v průběhu jednoho týdne | 15 |
| Graf 3: Denní spotřeba kotelny, jarní období | 16 |
| Graf 4: Spotřeba kotelny pro různé roční období v průběhu 24 hodin | 17 |
| Graf 5: Denní výroba FVE pro jednotlivé měsíce | 21 |
| Graf 6: Diagram výroby a spotřeby pro březnový den..... | 21 |
| Graf 7: Denní výroba FVE pro jednotlivé měsíce | 22 |

Seznam tabulek

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1: Denní odběr elektrické energie v kWh | 14 |
| Tabulka 2: Denní odběr elektrické energie v kWh | 16 |
| Tabulka 3: Vygenerovaná tabulka webovým programem PVGIS pro 50 kWp | 20 |
| Tabulka 4: Vygenerovaná tabulka webovým programem PVGIS pro 2 kWp | 22 |
| Tabulka 5: Investiční výdaje varianty 1.1 | 29 |
| Tabulka 6: Provozní výdaje varianty 1.1 | 30 |
| Tabulka 7: Investiční výdaje varianty 1.2 | 30 |
| Tabulka 8: Investiční výdaje varianty 1.2 | 30 |
| Tabulka 9: Provozní výdaje varianty 1.2 | 30 |
| Tabulka 10: Investiční výdaje varianty 2.1 | 31 |
| Tabulka 11: Investiční výdaje varianty 2.1 | 31 |
| Tabulka 12: Investiční výdaje varianty 2.2 | 32 |
| Tabulka 13: Provozní výdaje varianty 2.2 | 32 |
| Tabulka 14: Citlivostní analýza NPV varianty 1 | 35 |
| Tabulka 15: Citlivostní analýza NPV varianty 2 | 35 |
| Tabulka 16: Citlivostní analýza NPV varianty 3 | 36 |
| Tabulka 17: Citlivostní analýza NPV varianty 4 | 36 |

Seznam obrázků

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1: Satelitní pohled na bytový komplex, Zázvorkova 12, Praha 13..... | 12 |
| Obrázek 2: Vyznačení bytového družstva Zázvorkova 12 | 13 |
| Obrázek 3: Pohled na střechu družstevního domu po rekonstrukci | 18 |
| Obrázek 4: Rozměry polykrystalického panelu ReneSola 250..... | 23 |

40

Seznam použitých zkratek

EU – Evropská unie

FVE – Fotovoltaická elektrárna

NPV – Net present value, čistá současná hodnota

OTE – Operátor trhu s elektřinou

PVGIS – Photovoltaic geographical information system

GPS – Global positioning system

DPH – Daň z přidané hodnoty

Seznam příloh

Příloha 1: Investiční a provozní výdaje varianta 1.1

Příloha 2: Investiční a provozní výdaje varianta 1.2

Příloha 3: Investiční a provozní výdaje varianta 2.1

Příloha 4: Investiční a provozní výdaje varianta 2.2

Příloha 5: Peněžní toky varianty 1.1

Příloha 6: Peněžní toky varianty 1.2

Příloha 7: Peněžní toky varianty 2.1

Příloha 8: Peněžní toky varianty 2.2

Příloha 1: Investiční a provozní výdaje varianta 1.1

| | Zařízení | Typ | Počet kusů/metrů | cena za kus | Cena celkem |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| INVESTIČNÍ VÝDAJE | | | | | |
| Střešní část: | | | | | |
| | FV panel | ReneSola POLY 250Wp | 200 | 5 000,00 Kč | 1 000 000,00 Kč |
| | Nosné konstrukce | na zakázku | 200 | 2 400,00 Kč | 480 000,00 Kč |
| | Ochrana na vodiče | | 500 | 50,00 Kč | 25 000,00 Kč |
| | Konektor připojovací | | 200 | 160,00 Kč | 32 000,00 Kč |
| | Konektor slučovací | | 200 | 350,00 Kč | 70 000,00 Kč |
| | Střešní kabeláž | | 1 | 70 000,00 Kč | 70 000,00 Kč |
| | Střešní průchodka | | 1 | 300,00 Kč | 300,00 Kč |
| Centrální rozvaděč: | | | | | |
| | Frekvenční měnič | Danfoss TLX15k | 2 | 60 000,00 Kč | 120 000,00 Kč |
| | Frekvenční měnič | Danfoss TLX10k | 2 | 45 000,00 Kč | 90 000,00 Kč |
| | Elektroměr, 4 kvadrantový | ACE SL7000 | 1 | 10 600,00 Kč | 10 600,00 Kč |
| | Elektroměr | MANELER 9902M | 1 | 850,00 Kč | 850,00 Kč |
| | Rozvaděč | WS, 250x250x155, krytí IP66 | 1 | 1 240,00 Kč | 1 240,00 Kč |
| | Jistič | BM018332T | 1 | 490,00 Kč | 490,00 Kč |
| | Projekt, administrativa, revize a licence | | 1 | 32 000,00 Kč | 32 000,00 Kč |
| | Práce a doprava | | 1 | 462 000,00 Kč | 462 000,00 Kč |
| Společné rozvody revizí, nebytů a výtahů | | | | | |
| | Jistič | 3x20A | 10 | 550,00 Kč | 5 500,00 Kč |
| | Elektroměr | 3F | 10 | 850,00 Kč | 8 500,00 Kč |
| | Jistič | 3x16A | 3 | 500,00 Kč | 1 500,00 Kč |
| | Elektroměr | 3F | 3 | 850,00 Kč | 2 550,00 Kč |
| | Jistič | 1x6A | 1 | 400,00 Kč | 400,00 Kč |
| | Jistič | 1x16A | 1 | 450,00 Kč | 450,00 Kč |

| | | | | | |
|-----------------------|------------|---------------|-----|-----------|--------------|
| | Kabel | CYKY 4x4mm2 | 297 | 38,00 Kč | 11 286,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x2mm2 | 40 | 25,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x2,5mm2 | 90 | 27,00 Kč | 2 430,00 Kč |
| Rozvod do bytů | | | | | |
| 1995 | Jistič | 3x16A | 36 | 500,00 Kč | 18 000,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x4mm2 | 800 | 38,00 Kč | 30 400,00 Kč |
| | elektroměr | 3f | 36 | 850,00 Kč | 30 600,00 Kč |
| 1996 | Jistič | 3x16A | 36 | 500,00 Kč | 18 000,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x4mm2 | 800 | 38,00 Kč | 30 400,00 Kč |
| | elektroměr | 3f | 36 | 850,00 Kč | 30 600,00 Kč |
| 1997 | Jistič | 3x16A | 24 | 500,00 Kč | 12 000,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x4mm2 | 500 | 38,00 Kč | 19 000,00 Kč |
| | elektroměr | 3f | 24 | 850,00 Kč | 20 400,00 Kč |
| 1998 | Jistič | 3x16A | 24 | 500,00 Kč | 12 000,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x4mm2 | 500 | 38,00 Kč | 19 000,00 Kč |
| | elektroměr | 3f | 24 | 850,00 Kč | 20 400,00 Kč |
| 1999 | Jistič | 3x16A | 36 | 500,00 Kč | 18 000,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x4mm2 | 800 | 38,00 Kč | 30 400,00 Kč |
| | elektroměr | 3f | 36 | 850,00 Kč | 30 600,00 Kč |

Počáteční investice

2 767 896,00 Kč

PROVOZNÍ VÝDAJE

| | |
|-----------------|-----------|
| Údržba FVE | 12400/rok |
| Spotřeba měniče | 2000/rok |

Příloha 2: Investiční a provozní výdaje varianta 1.2

| | Zařízení | Typ | Počet kusů/metrů | Cena za kus | Cena celkem |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| INVESTIČNÍ VÝDAJE | | | | | |
| Střešní část: | | | | | |
| | FV panel | ReneSola POLY 250Wp | 200 | 5 000,00 Kč | 1 000 000,00 Kč |
| | Nosné konstrukce | na zakázku | 200 | 2 400,00 Kč | 480 000,00 Kč |
| | Ochrana na vodiče | | 500 | 50,00 Kč | 25 000,00 Kč |
| | Konektor připojovací | | 200 | 160,00 Kč | 32 000,00 Kč |
| | Konektor slučovací | | 200 | 350,00 Kč | 70 000,00 Kč |
| | Střešní kabeláž | | 1 | 70 000,00 Kč | 70 000,00 Kč |
| | Střešní průchodka | | 1 | 300,00 Kč | 300,00 Kč |
| Centrální rozvaděč: | | | | | |
| | Frekvenční měnič | Danfoss TLX15k | 2 | 60 000,00 Kč | 120 000,00 Kč |
| | Frekvenční měnič | Danfoss TLX10k | 2 | 45 000,00 Kč | 90 000,00 Kč |
| | Elektroměr čtyřkvadrantový | ACE SL7000 | 1 | 10 600,00 Kč | 10 600,00 Kč |
| | Elektroměr | MANELER 9902M | 1 | 850,00 Kč | 850,00 Kč |
| | Rozvaděč | WS, 250x250x155, krytí IP66 | 1 | 1 240,00 Kč | 1 240,00 Kč |
| | Jistič | Jistič BM018332T | 1 | 490,00 Kč | 490,00 Kč |
| | Projekt, administrativa, revize a licence | | 1 | 32 000,00 Kč | 32 000,00 Kč |
| | Práce a doprava | | 1 | 162 000,00 Kč | 162 000,00 Kč |
| Společné rozvody revizí, nebytů a výtahů | | | | | |
| | Jistič | 3x20A | 10 | 550,00 Kč | 5 500,00 Kč |
| | Elektroměr | 3F | 10 | 850,00 Kč | 8 500,00 Kč |
| | Jistič | 3x16A | 3 | 500,00 Kč | 1 500,00 Kč |
| | Elektroměr | 3F | 3 | 850,00 Kč | 2 550,00 Kč |
| | Jistič | 1x6A | 1 | 400,00 Kč | 400,00 Kč |
| | Jistič | 1x16A | 1 | 450,00 Kč | 450,00 Kč |

| | | | | | |
|--|-------|---------------------------|-----|----------|--------------|
| | Kabel | CYKY 4x4mm ² | 297 | 38,00 Kč | 11 286,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x2mm ² | 40 | 25,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| | Kabel | CYKY 4x2,5mm ² | 90 | 27,00 Kč | 2 430,00 Kč |

Počáteční investice

2 128 096,00 Kč

PROVOZNÍ VÝDAJE

| | |
|-----------------|-----------|
| Údržba | 12400/rok |
| Spotřeba měniče | 2000/rok |

Příloha 3: Investiční a provozní výdaje varianta 2.1

| Umístění | Zařízení | Typ | Počet kusů | cena za kus | Cena celkem |
|----------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|------------|--------------|--------------|
| INVESTIČNÍ VÝDAJE | | | | | |
| Střešní část: | | | | | |
| | FV panel | ReneSola POLY 250Wp | 8 | 5 000,00 Kč | 40 000,00 Kč |
| | Konstrukce | Nosné konstrukce | 8 | 3 000,00 Kč | 24 000,00 Kč |
| | Kabeláž | | 1 | 10 000,00 Kč | 10 000,00 Kč |
| | Ochrana | Ochrana na vodiče | 100m | 50,00 Kč | 5 000,00 Kč |
| | Konektor | Konektor připojovací | 12 | 160,00 Kč | 1 920,00 Kč |
| | Konektor | Konektor slučovací | 6 | 550,00 Kč | 3 300,00 Kč |
| | Průchodka | Střešní průchodka | 1 | 300,00 Kč | 300,00 Kč |
| Centrální rozvaděč: | | | | | |
| | Elektroměr | Čtyřkvadrantový elektroměr ACE SL7000 | 1 | 10 600,00 Kč | 10 600,00 Kč |
| | Elektroměr | Elektroměr MANELER 9902M | 1 | 850,00 Kč | 850,00 Kč |
| | Rozvaděč | Rozvaděč WS, 250x250x155, krytí IP66 | 1 | 1 240,00 Kč | 1 240,00 Kč |
| | Jistič | Jistič BM018332T | 1 | 490,00 Kč | 490,00 Kč |
| | Projekt, administrativa, revize a licence | | 1 | 18 000,00 Kč | 18 000,00 Kč |
| | Práce a doprava | | 1 | 25 000,00 Kč | 25 000,00 Kč |
| | Změna rozvodů v kotelně z AC na DC | | 1 | 8 000,00 Kč | 8 000,00 Kč |

Počáteční investice 148 700,00 Kč

PROVOZNÍ VÝDAJE

| | | | |
|---------------------|----------|-------------|-------------|
| Roční údržba | 1 | 2200 | 2200 |
|---------------------|----------|-------------|-------------|

Příloha 4: Investiční a provozní výdaje varianta 2.2

| Umístění | Zařízení | Typ | Počet kusů | cena za kus | Cena celkem |
|----------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|------------|--------------|--------------|
| INVESTIČNÍ VÝDAJE | | | | | |
| Střešní část: | | | | | |
| | FV panel | ReneSola POLY 250Wp | 8 | 5 000,00 Kč | 40 000,00 Kč |
| | Konstrukce | Nosné konstrukce | 8 | 3 000,00 Kč | 24 000,00 Kč |
| | Kabeláž | | 1 | 10 000,00 Kč | 10 000,00 Kč |
| | Ochrana | Ochrana na vodiče | 100m | 50,00 Kč | 5 000,00 Kč |
| | Konektor | Konektor přípojovací | 12 | 160,00 Kč | 1 920,00 Kč |
| | Konektor | Konektor slučovací | 6 | 550,00 Kč | 3 300,00 Kč |
| | Průchodka | Střešní průchodka | 1 | 300,00 Kč | 300,00 Kč |
| Centrální rozvaděč: | | | | | |
| | Elektroměr | Čtyřkvadrantový elektroměr ACE SL7000 | 1 | 10 600,00 Kč | 10 600,00 Kč |
| | Elektroměr | Elektroměr MANELER 9902M | 1 | 850,00 Kč | 850,00 Kč |
| | Rozvaděč | Rozvaděč WS, 250x250x155, krytí IP66 | 1 | 1 240,00 Kč | 1 240,00 Kč |
| | Baterie | Hoppecke Solar Bloc 200Ah, 12V | 3 | 9 150,00 Kč | 27 450,00 Kč |
| | Jistič | Jistič BM018332T | 1 | 490,00 Kč | 490,00 Kč |
| | Projekt, administrativa, revize a licence | | 1 | 18 000,00 Kč | 18 000,00 Kč |
| | Práce a doprava | | 1 | 25 000,00 Kč | 25 000,00 Kč |
| | Změna rozvodů v kotelně z AC na DC | | 1 | 8 000,00 Kč | 8 000,00 Kč |

Počáteční investice 176 150,00 Kč

PROVOZNÍ VÝDAJE

| | | | | |
|----------------|-------------------------------------|---|------|-------|
| | Roční údržba | 1 | 2200 | 2200 |
| Výměna baterií | Po 11 letech; 1x za dobu životnosti | 3 | 9150 | 27450 |

Příloha 5: Peněžní toky varianty 1.1

| Rok | Výroba FVE [kWh] | Účinnost FVE | Růst elektřiny | Peněžní příjem [Kč] | Peněžní výdaj [Kč] | Peněžní tok CF [Kč] | Diskontovaný CF [Kč] | Kumulovaný CF [Kč] |
|-----|------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 0 | 0 | | | - Kč | 2 767 896,00 Kč | - 2 767 896,00 Kč | - 2 767 896,00 Kč | - 2 767 896,00 Kč |
| 1 | 49030 | 1 | 4,5 Kč | 220 635,0 Kč | 14 400,0 Kč | 206 235,0 Kč | 198 302,88 Kč | - 2 569 593,12 Kč |
| 2 | 48539,7 | 0,99 | 4,5 Kč | 220 612,9 Kč | 14 400,0 Kč | 206 212,9 Kč | 190 655,45 Kč | - 2 378 937,66 Kč |
| 3 | 48049,4 | 0,98 | 4,6 Kč | 220 568,4 Kč | 14 400,0 Kč | 206 168,4 Kč | 183 282,93 Kč | - 2 195 654,74 Kč |
| 4 | 47559,1 | 0,97 | 4,6 Kč | 220 500,8 Kč | 14 400,0 Kč | 206 100,8 Kč | 176 175,87 Kč | - 2 019 478,87 Kč |
| 5 | 47068,8 | 0,96 | 4,7 Kč | 220 409,9 Kč | 14 400,0 Kč | 206 009,9 Kč | 169 325,14 Kč | - 1 850 153,73 Kč |
| 6 | 46578,5 | 0,95 | 4,7 Kč | 220 295,1 Kč | 14 400,0 Kč | 205 895,1 Kč | 162 721,91 Kč | - 1 687 431,82 Kč |
| 7 | 46088,2 | 0,94 | 4,8 Kč | 220 156,0 Kč | 14 400,0 Kč | 205 756,0 Kč | 156 357,64 Kč | - 1 531 074,18 Kč |
| 8 | 45597,9 | 0,93 | 4,8 Kč | 219 992,0 Kč | 14 400,0 Kč | 205 592,0 Kč | 150 224,09 Kč | - 1 380 850,09 Kč |
| 9 | 45107,6 | 0,92 | 4,9 Kč | 219 802,8 Kč | 14 400,0 Kč | 205 402,8 Kč | 144 313,28 Kč | - 1 236 536,81 Kč |
| 10 | 44617,3 | 0,91 | 4,9 Kč | 219 587,8 Kč | 14 400,0 Kč | 205 187,8 Kč | 138 617,51 Kč | - 1 097 919,30 Kč |
| 11 | 44127 | 0,9 | 5,0 Kč | 219 346,5 Kč | 14 400,0 Kč | 204 946,5 Kč | 133 129,32 Kč | - 964 789,98 Kč |
| 12 | 43636,7 | 0,89 | 5,0 Kč | 219 078,4 Kč | 14 400,0 Kč | 204 678,4 Kč | 127 841,51 Kč | - 836 948,46 Kč |
| 13 | 43146,4 | 0,88 | 5,1 Kč | 218 783,0 Kč | 14 400,0 Kč | 204 383,0 Kč | 122 747,13 Kč | - 714 201,33 Kč |
| 14 | 42656,1 | 0,87 | 5,1 Kč | 218 459,8 Kč | 14 400,0 Kč | 204 059,8 Kč | 117 839,45 Kč | - 596 361,89 Kč |
| 15 | 42165,8 | 0,86 | 5,2 Kč | 218 108,2 Kč | 14 400,0 Kč | 203 708,2 Kč | 113 111,96 Kč | - 483 249,93 Kč |
| 16 | 41675,5 | 0,85 | 5,2 Kč | 217 727,8 Kč | 14 400,0 Kč | 203 327,8 Kč | 108 558,39 Kč | - 374 691,54 Kč |
| 17 | 41185,2 | 0,84 | 5,3 Kč | 217 318,0 Kč | 14 400,0 Kč | 202 918,0 Kč | 104 172,67 Kč | - 270 518,87 Kč |
| 18 | 40694,9 | 0,83 | 5,3 Kč | 216 878,2 Kč | 14 400,0 Kč | 202 478,2 Kč | 99 948,92 Kč | - 170 569,95 Kč |
| 19 | 40204,6 | 0,82 | 5,4 Kč | 216 407,8 Kč | 14 400,0 Kč | 202 007,8 Kč | 95 881,49 Kč | - 74 688,46 Kč |
| 20 | 39714,3 | 0,81 | 5,4 Kč | 215 906,4 Kč | 14 400,0 Kč | 201 506,4 Kč | 91 964,89 Kč | 17 276,43 Kč |

| | | | |
|---------------|---------|--------------------|-------|
| Cena kWh [Kč] | 4,50 Kč | Růst elektřiny [%] | 101% |
| Diskont [%] | 4% | Výroba FVE [kWh] | 49030 |

Příloha 6: Peněžní toky varianty 1.2

| Rok | Výroba FVE [kWh] | Účinnost FVE | Růst elektřiny | Peněžní příjem [Kč] | Peněžní výdaj [Kč] | Peněžní tok CF [Kč] | Diskontovaný CF [Kč] | Kumulovaný CF [Kč] |
|-----|------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 0 | 0 | | | - Kč | 2 128 096,00 Kč | - 2 128 096,00 Kč | - 2 128 096,00 Kč | - 2 128 096,00 Kč |
| 1 | 24515 | 1 | 5,04 Kč | 172 536,6 Kč | 14 400,0 Kč | 158 136,6 Kč | 152 054,4 Kč | - 1 976 041,6 Kč |
| 2 | 24269,85 | 0,99 | 5,09 Kč | 172 524,2 Kč | 14 400,0 Kč | 158 124,2 Kč | 146 194,7 Kč | - 1 829 846,9 Kč |
| 3 | 24024,7 | 0,98 | 5,14 Kč | 172 499,3 Kč | 14 400,0 Kč | 158 099,3 Kč | 140 549,7 Kč | - 1 689 297,2 Kč |
| 4 | 23779,55 | 0,97 | 5,19 Kč | 172 461,5 Kč | 14 400,0 Kč | 158 061,5 Kč | 135 111,6 Kč | - 1 554 185,6 Kč |
| 5 | 23534,4 | 0,96 | 5,24 Kč | 172 410,6 Kč | 14 400,0 Kč | 158 010,6 Kč | 129 873,2 Kč | - 1 424 312,4 Kč |
| 6 | 23289,25 | 0,95 | 5,29 Kč | 172 346,3 Kč | 14 400,0 Kč | 157 946,3 Kč | 124 827,3 Kč | - 1 299 485,1 Kč |
| 7 | 23044,1 | 0,94 | 5,35 Kč | 172 268,4 Kč | 14 400,0 Kč | 157 868,4 Kč | 119 967,0 Kč | - 1 179 518,1 Kč |
| 8 | 22798,95 | 0,93 | 5,40 Kč | 172 176,7 Kč | 14 400,0 Kč | 157 776,7 Kč | 115 285,9 Kč | - 1 064 232,3 Kč |
| 9 | 22553,8 | 0,92 | 5,46 Kč | 172 070,7 Kč | 14 400,0 Kč | 157 670,7 Kč | 110 777,4 Kč | - 953 454,9 Kč |
| 10 | 22308,65 | 0,91 | 5,51 Kč | 171 950,4 Kč | 14 400,0 Kč | 157 550,4 Kč | 106 435,4 Kč | - 847 019,5 Kč |
| 11 | 22063,5 | 0,9 | 5,57 Kč | 171 815,3 Kč | 14 400,0 Kč | 157 415,3 Kč | 102 254,0 Kč | - 744 765,6 Kč |
| 12 | 21818,35 | 0,89 | 5,62 Kč | 171 665,2 Kč | 14 400,0 Kč | 157 265,2 Kč | 98 227,4 Kč | - 646 538,2 Kč |
| 13 | 21573,2 | 0,88 | 5,68 Kč | 171 499,9 Kč | 14 400,0 Kč | 157 099,9 Kč | 94 350,1 Kč | - 552 188,1 Kč |
| 14 | 21328,05 | 0,87 | 5,73 Kč | 171 318,9 Kč | 14 400,0 Kč | 156 918,9 Kč | 90 616,8 Kč | - 461 571,3 Kč |
| 15 | 21082,9 | 0,86 | 5,79 Kč | 171 122,2 Kč | 14 400,0 Kč | 156 722,2 Kč | 87 022,2 Kč | - 374 549,0 Kč |
| 16 | 20837,75 | 0,85 | 5,85 Kč | 170 909,2 Kč | 14 400,0 Kč | 156 509,2 Kč | 83 561,5 Kč | - 290 987,5 Kč |
| 17 | 20592,6 | 0,84 | 5,91 Kč | 170 679,8 Kč | 14 400,0 Kč | 156 279,8 Kč | 80 229,9 Kč | - 210 757,6 Kč |
| 18 | 20347,45 | 0,83 | 5,97 Kč | 170 433,6 Kč | 14 400,0 Kč | 156 033,6 Kč | 77 022,6 Kč | - 133 735,1 Kč |
| 19 | 20102,3 | 0,82 | 6,03 Kč | 170 170,3 Kč | 14 400,0 Kč | 155 770,3 Kč | 73 935,2 Kč | - 59 799,9 Kč |
| 20 | 19857,15 | 0,81 | 6,09 Kč | 169 889,6 Kč | 14 400,0 Kč | 155 489,6 Kč | 70 963,4 Kč | 11 163,5 Kč |

| | |
|---------------|---------|
| Cena kWh [Kč] | 5,04 Kč |
| Diskont [%] | 4% |

| | | | |
|--------------------|-------|-------------------------|---------|
| Růst elektřiny [%] | 101% | Odběr elektřiny [kWh] | 40109 |
| Výroba FVE [kWh] | 49030 | Výkup u obchodníka [Kč] | 1,00 Kč |

Příloha 7: Peněžní toky varianty 2.1

| Rok | Výroba FVE [kWh] | Účinnost FVE | Růst elektřiny | Peněžní příjem [Kč] | Peněžní výdaj [Kč] | Peněžní tok CF [Kč] | Diskontovaný CF [Kč] | Kumulovaný CF [Kč] |
|-----|------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 0 | 0 | | | - Kč | 148 700,00 Kč | - 148 700,00 Kč | - 148 700,00 Kč | - 148 700,00 Kč |
| 1 | 1372,49 | 1 | 5,0 Kč | 6 914,6 Kč | 1 000,0 Kč | 5 914,6 Kč | 5 687,12 Kč | - 143 012,88 Kč |
| 2 | 1358,7651 | 0,99 | 5,1 Kč | 6 913,9 Kč | 2 200,0 Kč | 4 713,9 Kč | 4 358,28 Kč | - 138 654,60 Kč |
| 3 | 1345,0402 | 0,98 | 5,1 Kč | 6 912,5 Kč | 2 200,0 Kč | 4 712,5 Kč | 4 189,41 Kč | - 134 465,19 Kč |
| 4 | 1331,3153 | 0,97 | 5,2 Kč | 6 910,4 Kč | 2 200,0 Kč | 4 710,4 Kč | 4 026,47 Kč | - 130 438,72 Kč |
| 5 | 1317,5904 | 0,96 | 5,2 Kč | 6 907,6 Kč | 2 200,0 Kč | 4 707,6 Kč | 3 869,26 Kč | - 126 569,46 Kč |
| 6 | 1303,8655 | 0,95 | 5,3 Kč | 6 904,0 Kč | 2 200,0 Kč | 4 704,0 Kč | 3 717,60 Kč | - 122 851,86 Kč |
| 7 | 1290,1406 | 0,94 | 5,3 Kč | 6 899,6 Kč | 2 200,0 Kč | 4 699,6 Kč | 3 571,30 Kč | - 119 280,55 Kč |
| 8 | 1276,4157 | 0,93 | 5,4 Kč | 6 894,5 Kč | 2 200,0 Kč | 4 694,5 Kč | 3 430,19 Kč | - 115 850,36 Kč |
| 9 | 1262,6908 | 0,92 | 5,5 Kč | 6 888,5 Kč | 2 200,0 Kč | 4 688,5 Kč | 3 294,09 Kč | - 112 556,27 Kč |
| 10 | 1248,9659 | 0,91 | 5,5 Kč | 6 881,8 Kč | 2 200,0 Kč | 4 681,8 Kč | 3 162,85 Kč | - 109 393,42 Kč |
| 11 | 1235,241 | 0,9 | 5,6 Kč | 6 874,2 Kč | 2 200,0 Kč | 4 674,2 Kč | 3 036,29 Kč | - 106 357,13 Kč |
| 12 | 1221,5161 | 0,89 | 5,6 Kč | 6 865,8 Kč | 2 200,0 Kč | 4 665,8 Kč | 2 914,26 Kč | - 103 442,88 Kč |
| 13 | 1207,7912 | 0,88 | 5,7 Kč | 6 856,6 Kč | 2 200,0 Kč | 4 656,6 Kč | 2 796,61 Kč | - 100 646,26 Kč |
| 14 | 1194,0663 | 0,87 | 5,7 Kč | 6 846,4 Kč | 2 200,0 Kč | 4 646,4 Kč | 2 683,20 Kč | - 97 963,06 Kč |
| 15 | 1180,3414 | 0,86 | 5,8 Kč | 6 835,4 Kč | 2 200,0 Kč | 4 635,4 Kč | 2 573,88 Kč | - 95 389,18 Kč |
| 16 | 1166,6165 | 0,85 | 5,8 Kč | 6 823,5 Kč | 2 200,0 Kč | 4 623,5 Kč | 2 468,52 Kč | - 92 920,66 Kč |
| 17 | 1152,8916 | 0,84 | 5,9 Kč | 6 810,7 Kč | 2 200,0 Kč | 4 610,7 Kč | 2 366,98 Kč | - 90 553,67 Kč |
| 18 | 1139,1667 | 0,83 | 6,0 Kč | 6 796,9 Kč | 2 200,0 Kč | 4 596,9 Kč | 2 269,14 Kč | - 88 284,53 Kč |
| 19 | 1125,4418 | 0,82 | 6,0 Kč | 6 782,1 Kč | 2 200,0 Kč | 4 582,1 Kč | 2 174,87 Kč | - 86 109,66 Kč |
| 20 | 1111,7169 | 0,81 | 6,1 Kč | 6 766,4 Kč | 2 200,0 Kč | 4 566,4 Kč | 2 084,05 Kč | - 84 025,61 Kč |

| | |
|---------------|---------|
| Cena kWh [Kč] | 5,04 Kč |
| Diskont [%] | 4% |

| | |
|--------------------|--------|
| Růst elektřiny [%] | 101% |
| Výroba FVE [kWh] | 1960,7 |

Příloha 8: Peněžní toky varianty 2.2

| Rok | Výroba FVE [kWh] | Účinnost FVE | Růst elektřiny | Peněžní příjem [Kč] | Peněžní výdaj [Kč] | Peněžní tok CF [Kč] | Diskontovaný CF [Kč] | Kumulovaný CF [Kč] |
|-----|------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 0 | 0 | | | - Kč | 176 150,00 Kč | - 176 150,00 Kč | - 176 150,00 Kč | - 176 150,00 Kč |
| 1 | 1960,7 | 1 | 5,0 Kč | 9 878,0 Kč | 2 200,0 Kč | 7 678,0 Kč | 7 382,70 Kč | - 168 767,30 Kč |
| 2 | 1941,093 | 0,99 | 5,1 Kč | 9 877,0 Kč | 2 200,0 Kč | 7 677,0 Kč | 7 097,84 Kč | - 161 669,47 Kč |
| 3 | 1921,486 | 0,98 | 5,1 Kč | 9 875,0 Kč | 2 200,0 Kč | 7 675,0 Kč | 6 823,07 Kč | - 154 846,40 Kč |
| 4 | 1901,879 | 0,97 | 5,2 Kč | 9 872,0 Kč | 2 200,0 Kč | 7 672,0 Kč | 6 558,06 Kč | - 148 288,34 Kč |
| 5 | 1882,272 | 0,96 | 5,2 Kč | 9 867,9 Kč | 2 200,0 Kč | 7 667,9 Kč | 6 302,48 Kč | - 141 985,86 Kč |
| 6 | 1862,665 | 0,95 | 5,3 Kč | 9 862,8 Kč | 2 200,0 Kč | 7 662,8 Kč | 6 056,01 Kč | - 135 929,85 Kč |
| 7 | 1843,058 | 0,94 | 5,3 Kč | 9 856,6 Kč | 2 200,0 Kč | 7 656,6 Kč | 5 818,36 Kč | - 130 111,49 Kč |
| 8 | 1823,451 | 0,93 | 5,4 Kč | 9 849,2 Kč | 2 200,0 Kč | 7 649,2 Kč | 5 589,21 Kč | - 124 522,28 Kč |
| 9 | 1803,844 | 0,92 | 5,5 Kč | 9 840,7 Kč | 2 200,0 Kč | 7 640,7 Kč | 5 368,29 Kč | - 119 153,99 Kč |
| 10 | 1784,237 | 0,91 | 5,5 Kč | 9 831,1 Kč | 2 200,0 Kč | 7 631,1 Kč | 5 155,31 Kč | - 113 998,68 Kč |
| 11 | 1764,63 | 0,9 | 5,6 Kč | 9 820,3 Kč | 29 650,0 Kč | - 19 829,7 Kč | - 12 880,98 Kč | - 126 879,66 Kč |
| 12 | 1745,023 | 0,89 | 5,6 Kč | 9 808,3 Kč | 2 200,0 Kč | 7 608,3 Kč | 4 752,13 Kč | - 122 127,53 Kč |
| 13 | 1725,416 | 0,88 | 5,7 Kč | 9 795,1 Kč | 2 200,0 Kč | 7 595,1 Kč | 4 561,41 Kč | - 117 566,11 Kč |
| 14 | 1705,809 | 0,87 | 5,7 Kč | 9 780,6 Kč | 2 200,0 Kč | 7 580,6 Kč | 4 377,62 Kč | - 113 188,50 Kč |
| 15 | 1686,202 | 0,86 | 5,8 Kč | 9 764,9 Kč | 2 200,0 Kč | 7 564,9 Kč | 4 200,51 Kč | - 108 987,98 Kč |
| 16 | 1666,595 | 0,85 | 5,8 Kč | 9 747,9 Kč | 2 200,0 Kč | 7 547,9 Kč | 4 029,86 Kč | - 104 958,13 Kč |
| 17 | 1646,988 | 0,84 | 5,9 Kč | 9 729,5 Kč | 2 200,0 Kč | 7 529,5 Kč | 3 865,44 Kč | - 101 092,68 Kč |
| 18 | 1627,381 | 0,83 | 6,0 Kč | 9 709,8 Kč | 2 200,0 Kč | 7 509,8 Kč | 3 707,05 Kč | - 97 385,63 Kč |
| 19 | 1607,774 | 0,82 | 6,0 Kč | 9 688,8 Kč | 2 200,0 Kč | 7 488,8 Kč | 3 554,48 Kč | - 93 831,15 Kč |
| 20 | 1588,167 | 0,81 | 6,1 Kč | 9 666,3 Kč | 2 200,0 Kč | 7 466,3 Kč | 3 407,52 Kč | - 90 423,62 Kč |

| | |
|---------------|---------|
| Cena kWh [Kč] | 5,04 Kč |
| Diskont [%] | 4% |

| | |
|--------------------|--------|
| Růst elektřiny [%] | 101% |
| Výroba FVE [kWh] | 1960,7 |