



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

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

**Efektivnost fotovoltaiky na panelovém domě**

**Effectiveness of photovoltaic panels on block house**

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc.

**Daniel Miškovský**

## **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 21. 5. 2018*

---

*podpis*

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Miškovský** Jméno: **Daniel** Osobní číslo: **434995**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Efektivnost fotovoltaiky na panelovém domě**

Název bakalářské práce anglicky:

**Efectiveness of photovoltaic panels on block house**

Pokyny pro vypracování:

Popište silový rozvod v bytovém domě z pohledu vhodnosti instalace  
Sestavte varianty FVE konfigurace připojení k domovnímu rozvodu  
Odhadněte náklady a úspory  
Doporučte optimální variantu z hlediska projektu

Seznam doporučené literatury:

Haberle, G.: Elektrotechnické tabulky pro školu i praxi. Europa Sobotáles.cz, Praha 2006.  
Fencel, F.: Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. Skriptum ČVUT FEL, Praha 2006.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Miroslav Vítek, CSc., 13116**

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

Datum zadání bakalářské práce: **26.01.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.05.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

\_\_\_\_\_  
Ing. Miroslav Vítek, CSc.  
podpis vedoucího práce

\_\_\_\_\_  
podpis vedoucího katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Vítkovi, CSc. za vedení během práce, poskytnutí všech potřebných materiálů a za ochotu při konzultování nad prací.

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je porovnání dvou variant výstavby fotovoltaických elektráren. Teoretická část bakalářské práce se zabývá popisem panelového domu jeho specifik a možným zapojením fotovoltaické elektrárny. Praktická část bakalářské práce se zabývá dvěma návrhy fotovoltaických elektráren. V další části jsou rozebrány uvažované investiční a provozní výdaje jednotlivých variant. Poslední část je zaměřena na finanční hledisko a rentabilitu obou variant. Hlavním cílem fotovoltaické elektrárny je částečně snížit elektrický odběr provozních míst z distribuční sítě a tím snížit finanční výdaje za elektrický odběr. Tato práce může být v budoucnosti použita pro budoucí výstavbu elektrárny na panelovém domě.

## **Klíčová slova**

Fotovoltaika, fotovoltaický panel, bytový dům, efektivita FVE, Čistá současná hodnota

## **Annotation**

The aim of this paper is to compare two photovoltaic power stations. The theoretical part describes an apartment house and its electric power consumption. The practical part of the thesis describes two varieties of the photovoltaic power station on a building. The next section describes the detailed investment and operating expenses of the individual varieties. The last part focuses on the financial aspect and profitability of both varieties. The aim of photovoltaic power station is to reduce the expenses of electricity consumption. This thesis can be used for future construction of the photovoltaic power station on an apartment building.

## **Key Words**

Photovoltaics, photovoltaic panel, apartment building, PV system efficiency, Net present value

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| Úvod .....  | 7  |
| 1. Popis silového rozvodu v bytovém domě z pohledu vhodnosti elektroinstalace ..... | 8  |
| 1.1 Popis panelového domu .....   | 8  |
| 1.2 Možnosti připojení OZE z hlediska zákona .....                                  | 10 |
| 1.2.1 Možné varianty připojení k distribuční síti .....                             | 10 |
| 1.4 Rozvod v panelovém domě a připojení k domovnímu rozvodu .....                   | 11 |
| 1.5 Schéma zapojení fotovoltaické elektrárny .....                                  | 13 |
| 1.6 Zapojení fotovoltaických panelů .....   | 14 |
| 2. Varianty FVE konfigurace připojení k domovnímu rozvodu .....                     | 16 |
| 2.1 Spotřeba el. energie kotelny a ostatních odběrových míst .....                  | 16 |
| 2.2 Odhadování výroby fotovoltaické elektrárny .....                                | 18 |
| 2.3 Návrh variant FVE konfigurace připojení k domovnímu rozvodu .....               | 22 |
| 2.3.1 Střešní varianta .....  | 22 |
| 2.3.2 Varianta balkon .....   | 27 |
| 3. Náklady a úspory projektu .....  | 30 |
| 3.1 Náklady .....   | 30 |
| 3.2 Nová zelená úsporám .....   | 31 |
| 3.3 Náklady střešní a balkónové varianty .....                                      | 32 |
| 4. Doporučení optimální varianty projektu .....                                     | 34 |
| 4.1 Metody hodnocení investic .....   | 34 |
| 4.2 Nulová varianta .....   | 35 |
| 4.3 Hodnocení variant .....   | 35 |
| 4.3.1 Střešní varianta .....  | 36 |
| 4.3.2 Podvarianta střecha bez DPH .....   | 36 |
| 4.3.3 Varianta balkon .....   | 38 |
| 4.3.4 Podvarianta balkon bez DPH .....  | 39 |
| Závěr .....   | 40 |
| Seznam použitých zdrojů .....   | 41 |
| Seznam použité literatury .....   | 42 |
| Seznam obrázků .....  | 43 |
| Seznam tabulek .....  | 43 |
| Seznam grafů .....  | 43 |
| Seznam použitých zkratk .....   | 44 |
| Seznam příloh .....   | 44 |

# Úvod

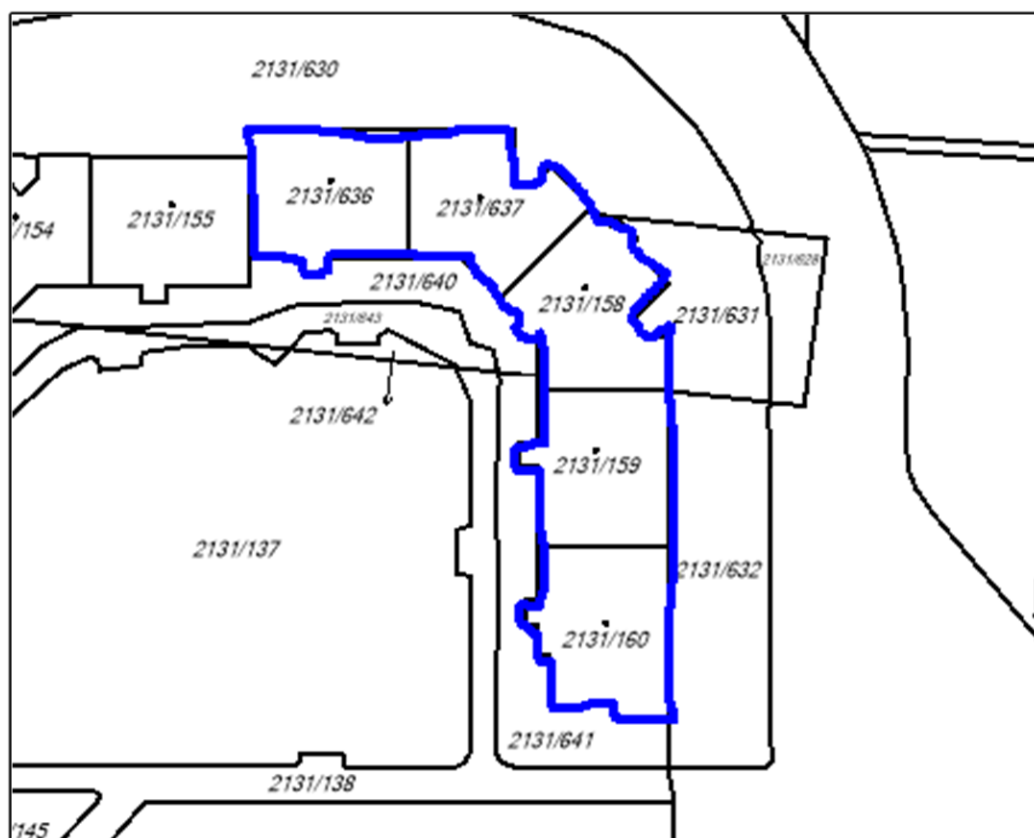
Výroba elektrické energie za pomoci fotovoltaických panelů je poslední dobou čím dál tím více doménou malým ostrovních systémů než velkých solárních elektráren uprostřed polí. Hlavním důvodem je zlepšující se dosažitelnost samotných fotovoltaických panelů.

Tato práce se zabývá myšlenkou, jak zařídit částečnou energetickou soběstačnost bytového družstva pomocí fotovoltaiky. V práci se budu zabývat dvěma možnostmi výstavby elektrárny na panelovém domě. Elektrárnu budu navrhovat tak, aby co nejvíce pokryla elektrickou spotřebu všech odběrových míst. Návrh bude respektovat nejnovější trendy, které ve fotovoltaice jsou a zjistíme, jestli dané varianty jsou pro situaci bytového domu výhodné a konstrukčně možné. U každé z variant bude popsána jejich energetická efektivnost, návrh součástí FVE, náklady, úspory a finanční rentabilita.

# 1. Popis silového rozvodu v bytovém domě z pohledu vhodnosti elektroinstalace

## 1.1 Popis panelového domu

Panelový dům se nachází ulici Zázvorkova v Pražských Řeporyjích. Celkem panelový dům čítá pět bytových objektů s vlastními vstupními vchody. Rozložení bytových i nebytových prostor je velmi různorodé. V suterénu domu existují společné prostory, jako jsou sušárny, jízdárna, chodby, kotelna, dílna, místnosti s technickým zázemím nebo další nebytové prostory k pronájmu. V přízemí jsou další místnosti, které jsou pronajímány živnostníkům od kadeřníka až po malé firmy. Zbytek domu je rozčleněn od garsoniér až po větší byty typu 3+ kk. Celkově se jedná o 156 obytných bytů a několik dalších nebytových prostor. Všechny objekty mají k dispozici vlastní schody a výtah, který zaručuje dopravu obyvatel do všech podlaží.



Obrázek 1 Vyznačení bytového družstva [1] -upraveno

Střecha domu je tvořena pěti obdélníky s celkovou plochou  $1281m^2$ , jak je vidět na obrázku číslo jedna. Na střeše je několik vzduchových ventilů viz. obrázek č.3., každá sekce má svou provozní místnost. U těchto míst by bylo nevhodné stavět fotovoltaické



panely z důvodu stínu, proto pro stavbu fotovoltaické elektrárny navrhuji využít jen polovinu plochy, tedy asi  $640\text{ m}^2$ . Budova má 12 pater a střecha se nachází ve výšce 40 m.



*Obrázek 2 satelitní pohled na budovu [2]-upraveno*



*Obrázek 3 umístění pro FVE na střeše*

## 1.2 Možnosti připojení OZE z hlediska zákona

Hlavním dokumentem, kterým se bude návrh řídit a který definuje možnosti připojení je energetický zákon a jeho novela § 3 odst. 3 zák. č. 458/2000 sb. Podle, které nemusí být fyzická osoba, podnikající ve výrobě elektřiny, vlastníkem licence udělené Energetickým regulačním úřadem, pokud plní následující podmínky:

- Instalovaný výkon elektrárny je maximálně do 10 kWp včetně a daný výkon je určený pro vlastní spotřebu
- V dané distribuční síti není jiná připojená výroba s licenci

### 1.2.1 Možné varianty připojení k distribuční síti

Když zůstaneme u základní myšlenky, že daná fotovoltaická elektrárna bude s instalovaným výkonem do 10 kW, tak máme několik možností, jak danou elektrárnu provozovat:

#### 1. Ostrovní systém (off-grid)

Ostrovní systém je takový systém, který není připojený na distribuční soustavu. Obvykle takový systém disponuje akumulátory. Je budovaný tam, kde nejsou přístupné energetické soustavy. V dnešní době jsou tyto systémy využívány od malých domů až po menší vesnice. Problémem je, že pokud tento zdroj energie vypadne, tak distribuční síť danou poptávku po energii nemůže zastoupit, protože není k místní síti připojena.

#### 2. Varianta mikrozdvoj

Podle zákona rozumíme pod pojmem mikrozdvoj „zdroj elektrické energie a všechna související zařízení pro výrobu elektřiny, určený pro paralelní provoz s distribuční soustavou nízkého napětí se jmenovitým střídavým fázovým proudem do 16 A na fázi včetně a celkovým maximálním instalovaným výkonem do 10 kW včetně“ [3]

Investor v tomto případě musí zainvestovat do zařízení, které zajistí, že nebude docházet k přetokům do distribuční sítě, které distributor elektrické energie penalizuje podle cenových tabulek Energetického regulačního úřadu (ERÚ). Pro připojení mikro zdroje stačí pouze dodatek ke stávající smlouvě s distributorem.

### **3. Výroba elektřiny za účelem podnikání**

Tato možnost je zde uvedena hlavně pro přehled všech možností, jak lze provozovat elektrárnu do 10 kW. Z ekonomického hlediska je tato varianta nevhodná a z pohledu návratnosti investice neekonomická. Pokud by však tento záměr, vybudovat elektrárnu za účelem prodeje veškeré energie do soustavy, byl uskutečněn, tak by vlastník musel být držitelem licence, mít smlouvu s distributorem energie o připojení el. zdroje a smlouvu s obchodníkem o prodeji el. energie.

### **4. Výroba elektřiny za účelem vlastní spotřeby**

Tato možnost je jedna z nejběžnějších variant výstavby fotovoltaických elektráren na střechách soukromých objektů v České republice. Fyzická osoba, která uzavře s distributorem smlouvu o připojení celkového instalovaného výkonu pak není vázána technickými podmínkami, jako u připojování mikrozdroje. Za přetoky nespotřebované elektřiny do sítě může provozovatel inkasovat tržní ceny sjednané s distributorem energie. Tyto příjmy se daní jako ostatní příjem. V konečném důsledku se jedná o zanedbatelné přetoky během velmi slunečných dní a výsledný příjem z prodeje této elektřiny je zanedbatelný.

Pro můj návrh FVE se budu snažit jít čtvrtou cestou, tedy výrobou elektřiny za účelem vlastní spotřeby. Konečným provozovatelům nebudou během využívání FVE hrozit žádné sankce za případné přetoky. Oba návrhy budou do instalovaného výkonu 10 kWp a tím si provozovatelé nebudou muset zřizovat licenci o výrobě od ERÚ.

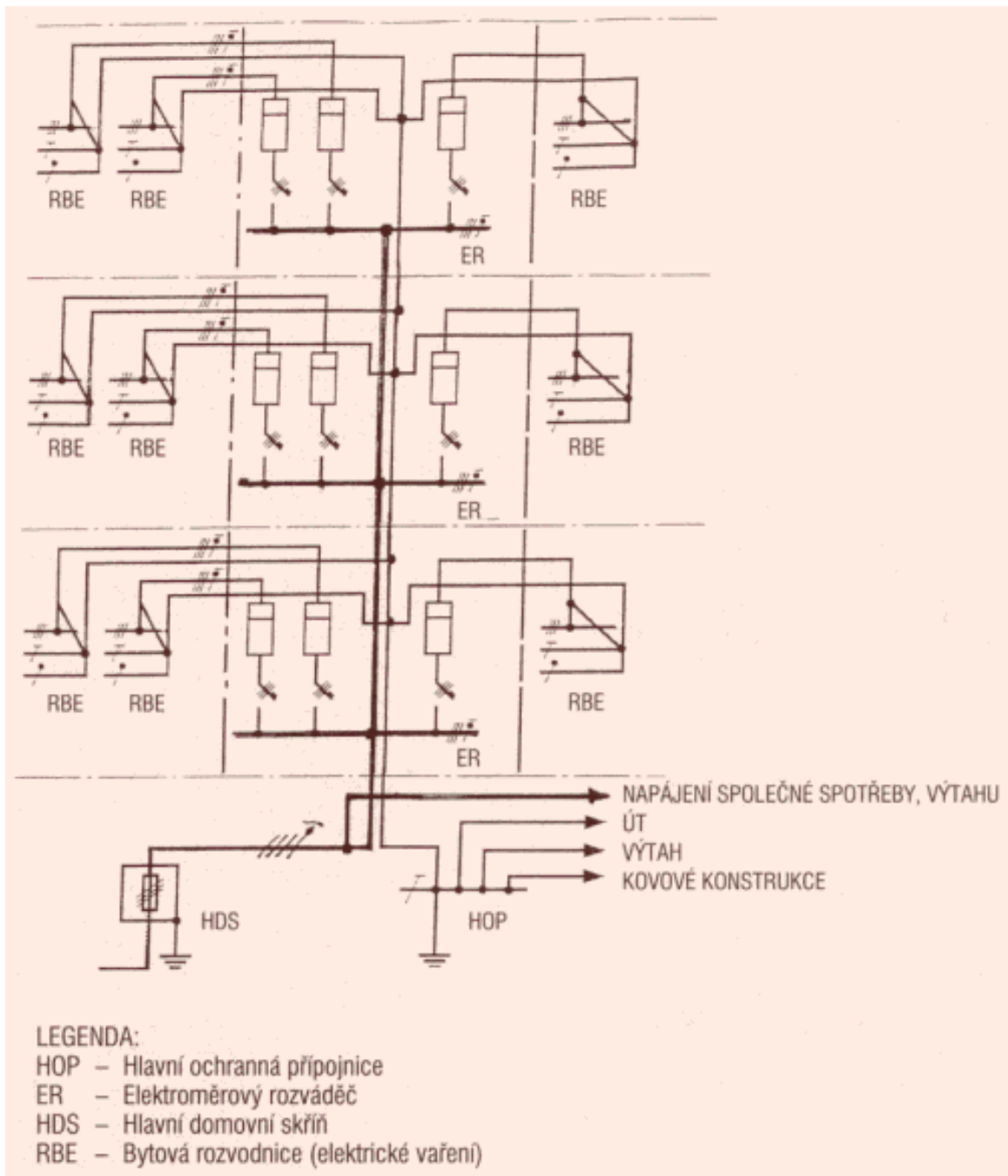
## **1.4 Rozvod v panelovém domě a připojení k domovnímu rozvodu**

Silový rozvod v panelovém domě začíná od hlavního domovního elektroměru a pokračuje do hlavního domovního jističe. Hlavní jistič je společný pro všechny byty a režijní odběry společných prostor. Kabelová trasa pak vede skrz všechna patra až ke střeše domu. V každém patře se trasa větví a je připojena k bytovým elektroměrům a rozvodnicím.

Silový rozvod k FVE bude veden odděleně po hlavní kabelové trase skrz všechna patra domu. To z toho důvodu, že FVE vyrábí jen stejnosměrný proud, který by se nemohl připojit rovnou na hlavní domovní rozvod. Tato trasa bude vedena až do suterénní části,

kde se bude nacházet měnič, který bude měnit vyrobený stejnosměrný proud na střídavý. Tento měnič bude připojen rovnou k režijním odběrům, které jsou umístěny také v suterénové části domu. Měnič bude stále připojen k hlavnímu jističi a v případě, kdy výroba FVE bude nižší než spotřeba, bude moci tento rozdíl kompenzovat.

Celý rozvod elektřiny v panelovém domě se plánuje v budoucnosti rekonstruovat. Rekonstrukce počítá s výstavbou a instalací FVE a jejího rozvodu.



Obrázek 4 Elektrorozvodné jádro vyhovující požadavkům ČSN 33 2000-3 [4]

## 1.5 Schéma zapojení fotovoltaické elektrárny

### **Solární panely**

Fotovoltaické panely přeměňují solární energii na energii elektrickou.

### **Přepět'ová ochrana a jistič DC**

Přepět'ové ochrany chrání systém před náhlým přepětím. Ochrany se dimenzují podle nejvyššího možného napětí naprázdno instalovaných fotovoltaických panelů. Napětí naprázdno je dáno intenzitou slunečního záření dopadajícího na články a na jejich teplotě. Dalším faktorem a důvodem k instalaci ochran je vyšší ochrana proti úderu blesku. Všechny přepět'ové ochrany se zpravidla instalují do blízkosti měniče.

### **Měnič**

Výkonové zařízení, které slouží ke změně parametrů proudu. V našem případě se bude jednat o zařízení, které bude měnit stejnosměrné napětí na napětí střídavé, které může být dále distribuováno do domovní elektrické soustavy.

### **Akumulátory**

Akumulátory jsou zařízení, které budou sloužit k opakovanému uchovávání energie. Díky svým vlastnostem uchovávají energii v době, kdy je energie přebytek a v případě nedostatku energií systém zpětně zásobují.

### **Přepět'ová ochrana a jistič AC**

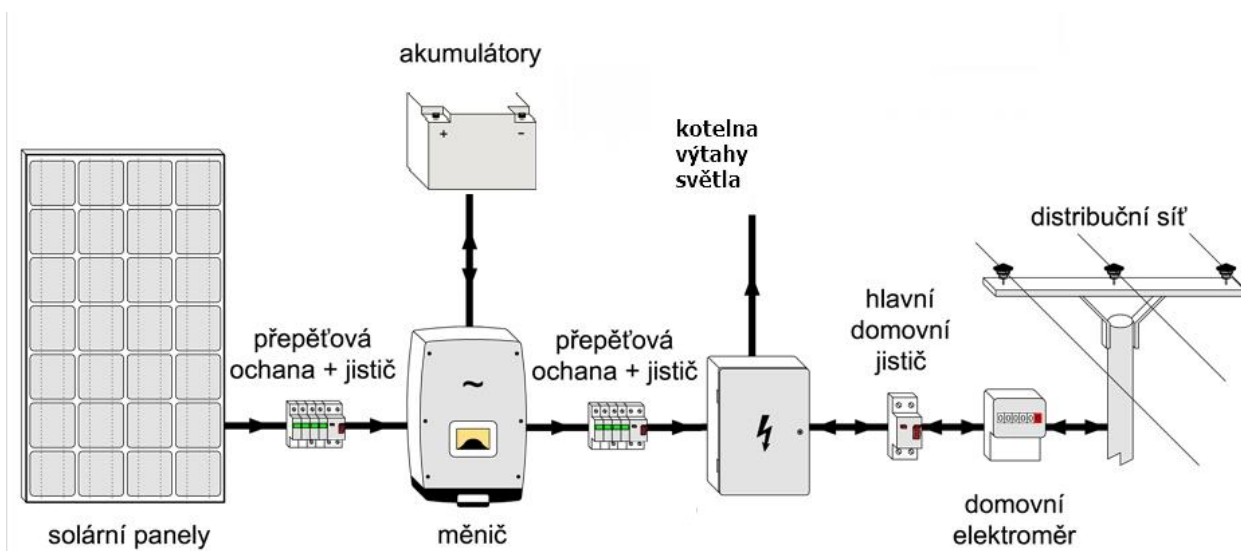
Přepět'ová ochrana je i na straně střídavého napětí. A to hlavně u větších instalací s delší kabeláží (nad 10 m). U těchto instalací může dojít ke zvýšení napětí z důvodu indukce do vedení.

### **Hlavní domovní jistič**

Přístroj, který při nadměrném elektrickém proudu automaticky odpojí objekt od napájení a chrání tím rozvodnou síť objektu před poškozením.

### **Domovní elektroměr**

Přístroj pro měření odebrané elektrické energie. V našem projektu bude muset být rozšířen o čtyř-kvadrantový elektroměr, který bude schopen zaznamenávat dodávky do distribuční sítě.



Obrázek 5 Schéma zapojení [5]

## 1.6 Zapojení fotovoltaických panelů

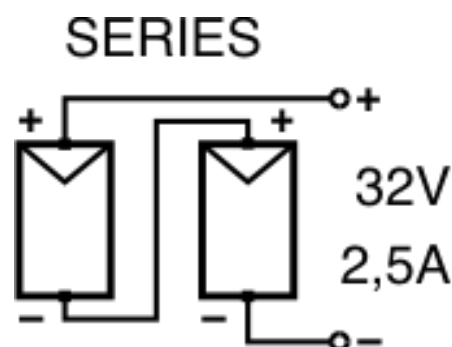
Solární panely se mohou propojit dvěma základními způsoby, a to sériově za sebou anebo paralelně. Obě zapojení mají svá specifika a své důsledky.

### Sériové zapojení

Při sériovém zapojení jsou panely zapojeny do série za sebou a vytvářejí takzvaný „string“. V sériovém zapojení bude všemi částmi protékat stejný proud, napětí se bude s každým připojeným panelem zvyšovat. Toto zapojení se však v praxi moc nepoužívá, a to z důvodu možného zastínění, poruchy atp. Při zastínění panelu panel ztratí vodivé vlastnosti a tím pádem proud skrz něj nebude protékat. V ten okamžik skrz žádný panel neprotéká proud a celá soustava přestane generovat výkon.

Výpočet maximálního množného napětí je důležitý údaj při navrhování FVE a stěžení údaj při výběru měniče.

$$U_m = \frac{P_m}{I_m} = \frac{80}{2,5} = 32 V$$

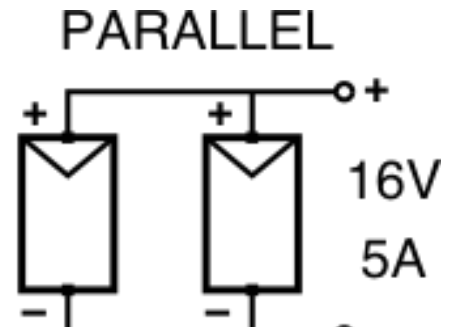


Obrázek 6 sériové zapojení panelů [6]-upraveno

## Paralelní zapojení

Panely jsou vzájemně zapojeny paralelně a napětí je stejné ve všech částech soustavy. Mění se však proud, který se v uzlech sčítá. Při navrhování FVE je důležitý údaj o nejvyšším možném proudu, protože podle tohoto údaje se navrhuje celá kabeláž elektrárny. Je pak logické, že při vyšších proudech je kabeláž silnější a tím pádem i finančně nákladnější.

$$I_{max} = \frac{P_m}{U_m} = \frac{80}{16} = 5 A$$

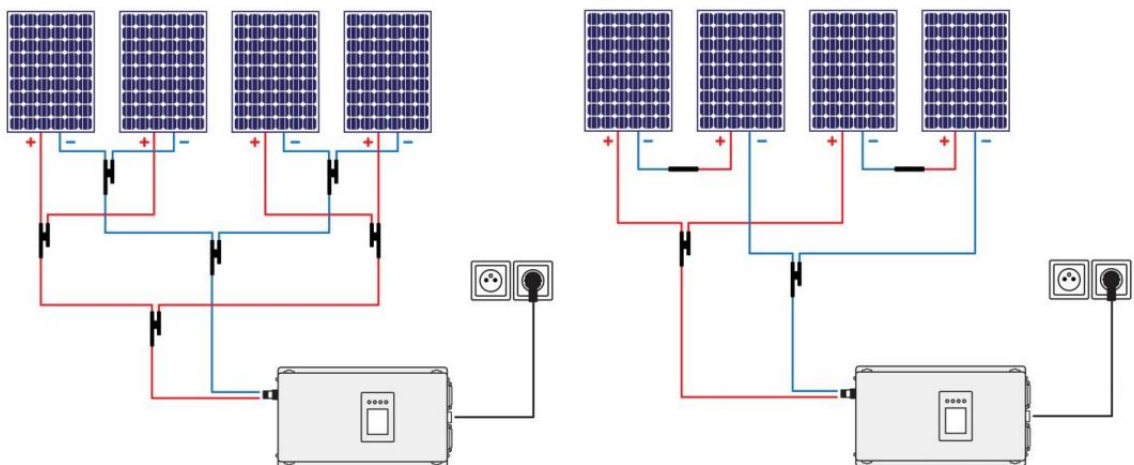


Obrázek 7 paralelní zapojení panelů [6] -upraveno

V praxi se používá kombinace sériového a paralelního zapojení. Jak už bylo zmíněno, důležitým faktorem pro návrh zapojení jsou parametry výkonového zařízení (měniče).

Na obrázku č.8 je doporučené zapojení solárního systému GridFree. Na obrázku vlevo je zobrazené zapojení panelů, které jsou k sobě zapojeny paralelně. Na obrázku vpravo je zas zobrazená možnost kombinace paralelního a sériového zapojení panelů.

Pokud budu srovnávat tyto dvě možnosti zapojení, tak vhodnější je možnost vpravo, a to právě proto, že první možnost vyžaduje silnější kabely pro větší stejnosměrný proud a tím i vyšší investice.



Obrázek 8 systém Gridfree možnosti zapojení [7]



## 2. Varianty FVE konfigurace připojení k domovnímu rozvodu

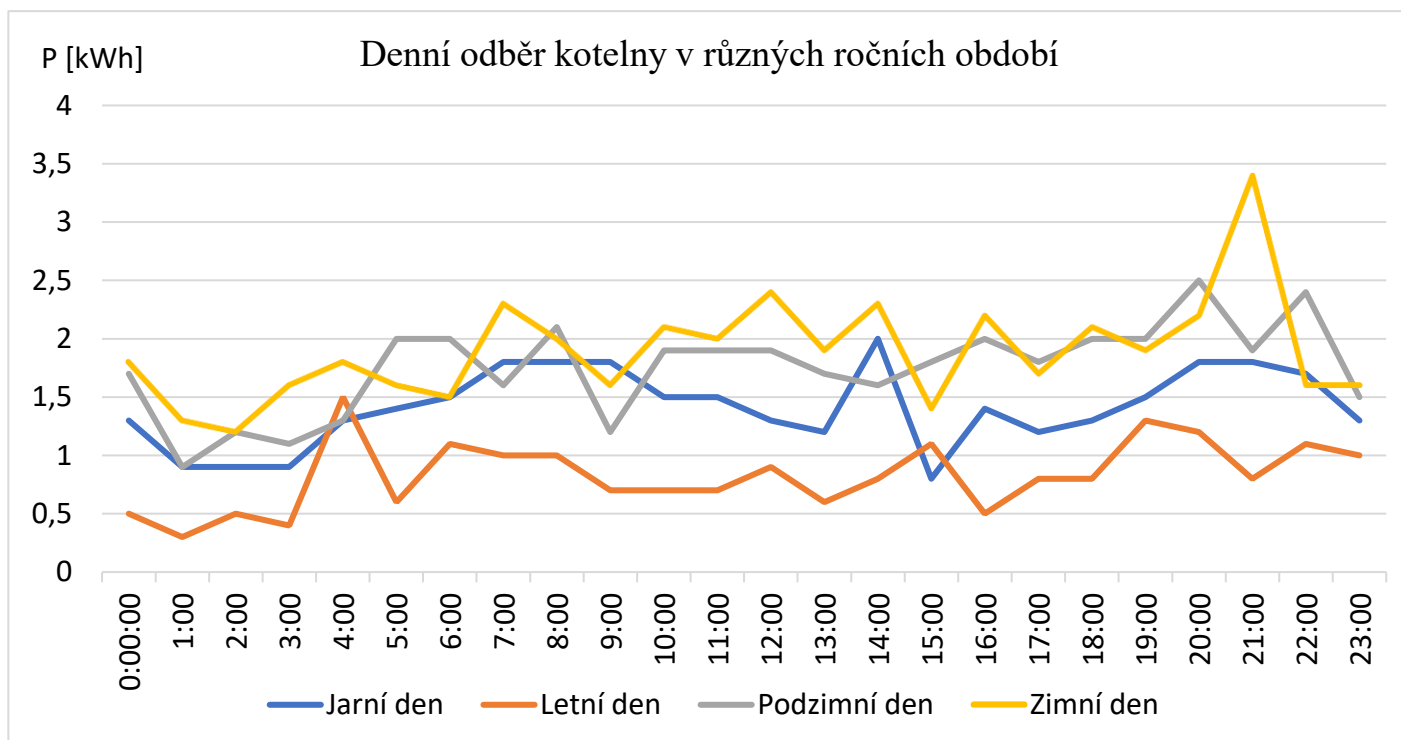
V této části se budu zabývat elektrickou spotřebou pouze některých částí domu. Zaobírat se celkovou spotřebou všech 156 bytů a dalších provozních zařízení by bylo z technického hlediska elektrárny velmi náročné, a proto bude řešit spotřebu kotelny, světel ve společných částech a spotřebu výtahu.

FVE bude navržena hlavně tak, aby snižovala náklady za energii, které družstvo platí za kotelnu. Během slunečných dní, kdy je energie nadbytek, bude systém připravený dodávat energii dalším odběrovým místům nebo akumulovat energii do baterií.

### 2.1 Spotřeba el. energie kotelny a ostatních odběrových míst

#### Kotelna

Kotelna je velmi specifické odběrové místo. Největší odběr je každé ráno a večer. Důvodem je pravděpodobně zvýšený odběr teplé vody v ranních a večerních hodinách. Ovšem odběr elektřiny se liší i během celého roku, kdy během zimních měsíců je kotelna více využívána než v měsících letních.



Graf 1 Denní odběr kotelny v různých ročních období



Celková roční spotřeba kotelny se pohybuje okolo 10,5 MWh. Z analýzy minulých let vyplývá, že se spotřeba kotelny během let nikterak zásadně nemění a nemusíme tedy uvažovat nad budoucím zvyšováním odběru. Denní spotřeba kotelny se pohybuje na úrovni 29,5 kWh. Z měření lze také říci, že průměrný odběr kotelny během roku se pohybuje okolo 1,5 kWh.

### **Ostatní odběrová místa**

Do ostatních odběrů bude zahrnut elektrický odběr výtahu, světel ve veřejných prostorách a odběr datového centra. Tyto odběry se podobně, jako u kotelny, mění v čase. Je to dáno především využíváním služeb obyvateli domu během dne. Největší odběry jsou především ráno a večer, kdy lidé výtahy používají nejčastěji. Dalším viditelnou změnou v odběru jsou také víkendy, kdy lidé vyjíždí mimo byt a tím se zařízení domu méně využívá.

Rozdíly nejsou závislé jen na využívání obyvateli domu, ale taky závisí na ročním období. Osvětlení se v zimních měsících využívají více, a proto i spotřeba v zimních měsících poroste. Některé odběry se však během roku téměř nemění. Výtahy jezdí v letních měsících stejné množství lidí, jako v měsících zimních.

Z důvodu zjednodušení budu zanedbávat rozdíl mezi letním a zimním elektrickým odběrem u světel, výtahu a datového centra. Budu uvažovat, že jejich odběr je po celou dobu roku konstantní. Na co budu brát zřetel je jejich denní charakteristika elektrického odběru.

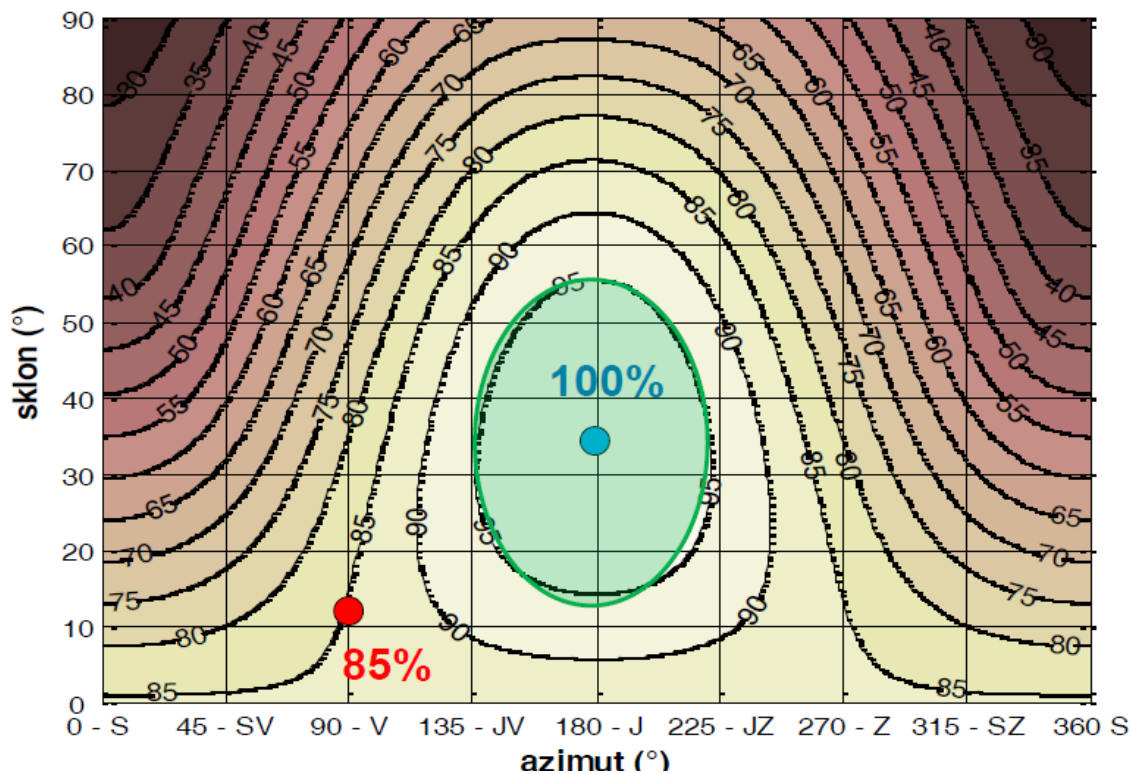
## 2.2 Odhadování výroby fotovoltaické elektrárny

K určení odhadované produkce energie, kterou bude elektrárna schopná dodat, vede několik cest. Já jsem použil webovou aplikaci PV-GIS. PV-GIS je veřejná webová aplikace, která se používá k odhadům a navrhování solárních elektráren. Aplikace čerpá data o dopadajícím záření z několika zdrojů. Ty hlavní jsou jednotlivá měření přímo na místech výstavby a dalším zdrojem jsou data ze satelitního měření družic. Uživatel aplikace se může rozhodnout, která databáze dat bude pro jeho potřebu vhodnější. U malých instalací, však rozdíly v datech nejsou významné. Rozdíl se bude projevovat až u velkých komerčních FVE.

Pro získání dat o solárním záření v dané lokalitě potřebuje aplikace znát několik vstupních parametrů, jako typ technologie fotovoltaického panelu, předpokládané ztráty v systému FVE, o jaký typ instalace FVE jde (volně stojící, na budově), pod jakým sklonem bude panel instalován a s jakým azimutem bude natočený vzhledem ke světovým stranám. Aplikace dokáže do výpočtu také zohlednit FVE, které se mohou za sluncem natáčet, a také specifický horizont v dané oblasti.

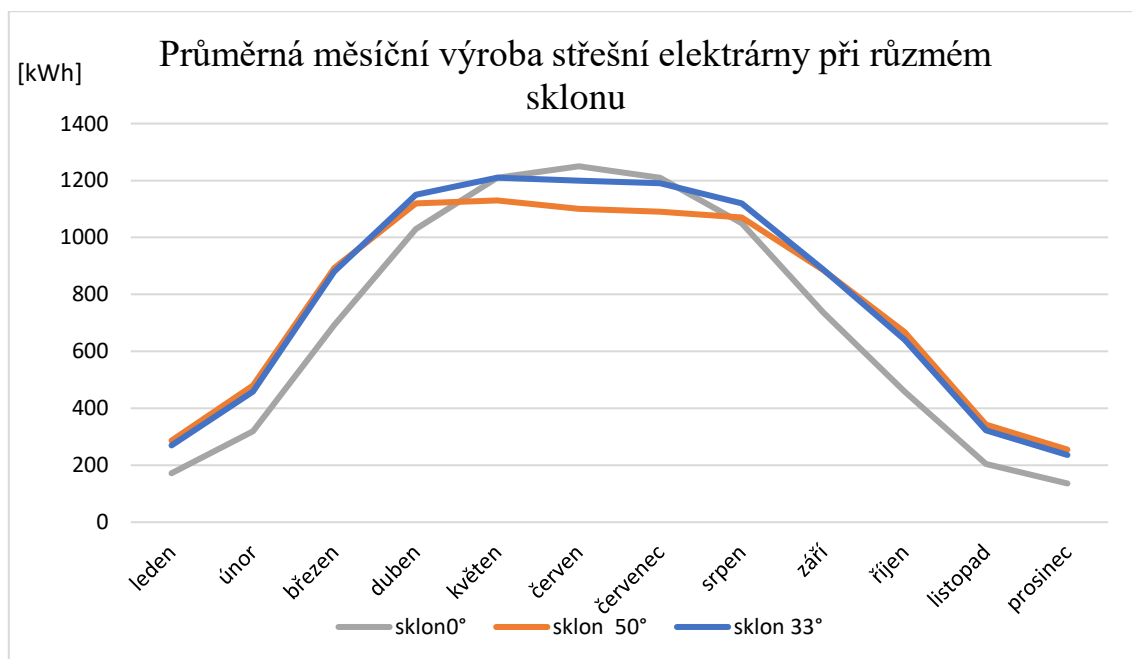
Ze získaných dat můžeme predikovat výrobu elektrárny během roku. Je logické, že nejvíce energie FVE vyrobí během letních měsíců a nejmenší výroba bude zase během těch zimních. Hlavními důvody jsou deklinace neboli úhel natočení země, tedy panelů, vůči slunci, v letních měsících je méně oblačno a neposledním důvodem je, že letní dny jsou delší, umožní tedy elektrárně déle vyrábět energii.

Sklon a natočení panelu jsou tedy jedny z důležitých faktorů, které člověk může ovlivnit. V našich podmínkách se pokládá za nejlepší úhel sklonu panelu  $35^\circ$  a natočení panelu na jih. Každou odchylkou od tohoto natočení ztrácí panel optimální ozáření a tím bude výroba během roku méně efektivní. Jak je však vidět z obrázku č.9. nejedná se o zásadní rozdíly. Při instalaci s  $10^\circ$  sklonem s natočením na východ bude roční výroba energie snížena o 15 %. Dokonce i při vodorovném položení panelu do vodorovné polohy je snížení celoroční výroby pouze o 10 %.



Obrázek 9 vliv sklonu a orientace na produkci [8]

Při rozhodování, pod jakým sklonem panelů elektrárnu navrhnout, jsem došel k závěru, že neoptimálnější sklon panelu je  $33^\circ$  s azimutem  $-2^\circ$ . Některá další natočení jsou výhodnější v podzimních/jarních měsících, ale celková roční výroba není, tak efektivní. Proto jsem se rozhodl, že budu navrhovat střešní variantu elektrárny dle neoptimálnějších parametrů.



Graf 2 Průměrná měsíční výroba střešní elektrárny v ulici Zázvorkova

## Zadané hodnoty v aplikaci PV-GIS:

Typ databáze: CM-SAF – PVGIS

Typ technologie panelu Technologie fotovoltaické elektrárny je nastavena na krystalický křemík.

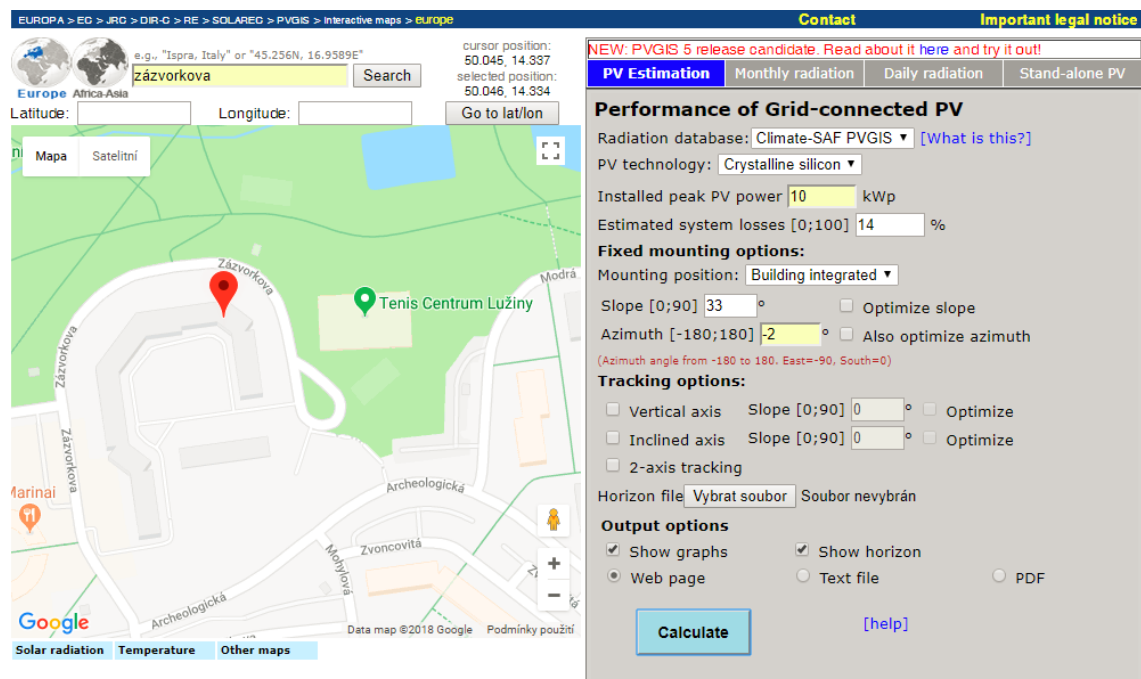
GPS souřadnice bytového domu domu: 50°2'47" North, 14°20'1" East.

Instalovaný výkon FVE 10 kWp.

Ztráty v systému jsem nastavil na 14 %.

Úhel naklonění 33° v letním období

Azimut -2° (orientace na jižní světovou stranu s odchylkou 2° na východ)



The screenshot displays the PVGIS web application interface. On the left, a map shows the location of Zázvorkova, with a red pin marking the site. The map includes labels for 'Zázvorkova', 'Tenis Centrum Lužiny', 'Archeologická', 'Zvoncovitá', 'Mobylova', and 'Marinai'. The interface includes a search bar with 'zázvorkova' entered, and a 'Go to lat/lon' button. The right-hand panel, titled 'Performance of Grid-connected PV', contains the following settings:

- NEW: PVGIS 5 release candidate. Read about it here and try it out!**
- PV Estimation** (selected), Monthly radiation, Daily radiation, Stand-alone PV
- Performance of Grid-connected PV**
- Radiation database: Climate-SAF PVGIS [What is this?]
- PV technology: Crystalline silicon
- Installed peak PV power: 10 kWp
- Estimated system losses [0;100]: 14 %
- Fixed mounting options:**
- Mounting position: Building integrated
- Slope [0;90]: 33 °  Optimize slope
- Azimuth [-180;180]: -2 °  Also optimize azimuth
- (Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)
- Tracking options:**
- Vertical axis Slope [0;90]: 0 °  Optimize
- Inclined axis Slope [0;90]: 0 °  Optimize
- 2-axis tracking
- Horizon file: Vybrat soubor Soubor nevybrán
- Output options**
- Show graphs  Show horizon
- Web page  Text file  PDF
- Calculate** [help]

Obrázek 9 PV – GIS [9]

## Získaná data z PV-GIS

| <b>Měsíc</b>        | <b>Ed (kWh)</b> | <b>Em (kWh)</b> | <b>Hd (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Hm (kWh/m<sup>2</sup>)</b> |
|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>leden</b>        | 8,70            | 270             | 1,05                          | 32,5                          |
| <b>únor</b>         | 16,40           | 459             | 1,98                          | 55,4                          |
| <b>březen</b>       | 28,40           | 880             | 3,55                          | 110                           |
| <b>duben</b>        | 38,30           | 1150            | 4,98                          | 149                           |
| <b>květen</b>       | 39,20           | 1210            | 5,21                          | 162                           |
| <b>červen</b>       | 40,00           | 1200            | 5,43                          | 163                           |
| <b>červenec</b>     | 38,30           | 1190            | 5,26                          | 163                           |
| <b>srpen</b>        | 36,30           | 1120            | 4,92                          | 153                           |
| <b>září</b>         | 29,60           | 888             | 3,89                          | 117                           |
| <b>říjen</b>        | 20,70           | 641             | 2,62                          | 81,1                          |
| <b>listopad</b>     | 10,70           | 322             | 1,33                          | 39,9                          |
| <b>prosinec</b>     | 7,62            | 236             | 0,93                          | 28,7                          |
| <b>roční průměr</b> | 26,20           | 798             | 3,44                          | 105                           |

*Tabulka 1 Výstup z aplikace PV-GIS*

Ed: Průměrná denní výroba elektřiny (kWh)

Em: Průměrná měsíční výroba elektřiny (kWh)

Hd: Průměrný denní úhrn celkového záření na metr přijaté moduly daného systému (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Průměrný součet celkového záření na metr čtvereční (kWh/m<sup>2</sup>)

## 2.3 Návrh variant FVE konfigurace připojení k domovnímu rozvodu

V této kapitole se budu zabírat vhodnými variantami FVE s ohledem na specifický odběr bytového domu. S vedoucím bakalářské práce jsme se shodli na dvou variantách fotovoltaických elektráren. První z variant bude instalována na střeše panelového domu. Druhá varianta elektrárny bude instalována na některé balkóny domu.

Dále jsme se s vedoucím bakalářské práce dohodli, že obě varianty budou navrženy maximálně na 10 kW instalovaného výkonu.

### 2.3.1 Střešní varianta

Pro střešní variantu fotovoltaické elektrárny jsem si vybral polykrystalický fotovoltaický panel od kanadské firmy Canadian Solar, která se pohybuje na trhu už od 2001 a je jednou z největších společností, jenž se zabírají fotovoltaikou. Výrobce garantuje, že po 12 letech si panel si udrží výkon na 90 % a po 25 letech může výkon klesnout na 85 %. Samotný panel je připravený na povětrnostní podmínky na střeších domů (větrem 2500 Pa) i na zatížení sněhem (cca 550 kg/m<sup>2</sup>). Garantovaná účinnost je 16,8 %.

Elektrárna bude umístěna na střeše domu, kde panely budou mít své nosné konstrukce, které umožní libovolné umístění a jejich natočení, tak aby měly nejlepší podmínky pro výrobu energie.



Obrázek 10 Možná instalace solárního panelu Canadian Solar 280 Wp [10]

## Parametry fotovoltaického panelu

Solární panel Canadian Solar CS6K 275Wp

Výkon 275Wp

Jmenovité napětí 31,00V

Jmenovitý proud 8,88A

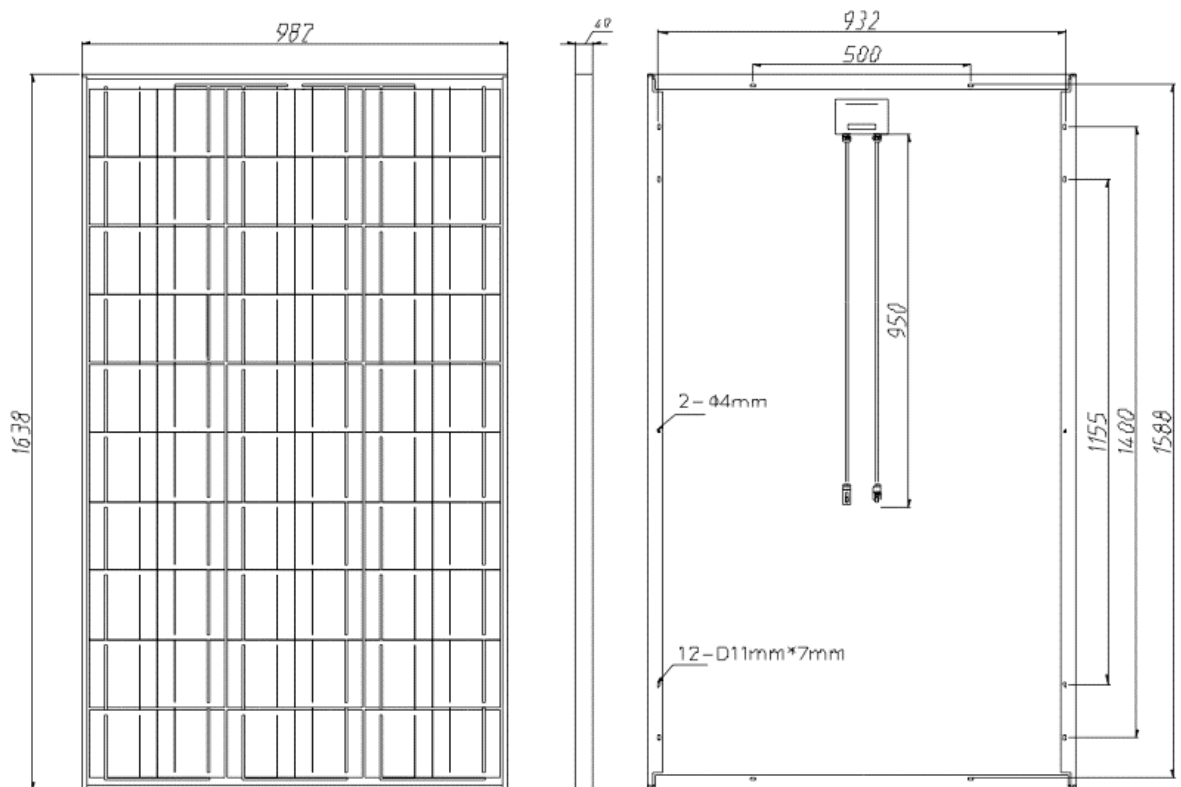
Účinnost modulu 16,80%

Záruka na produkt 10 let

Garance lineárního výkonu 12let na 90 %, 25let na 85 %

Rozměry 1638 x 982 x 40 mm

Hmotnost 18 kg

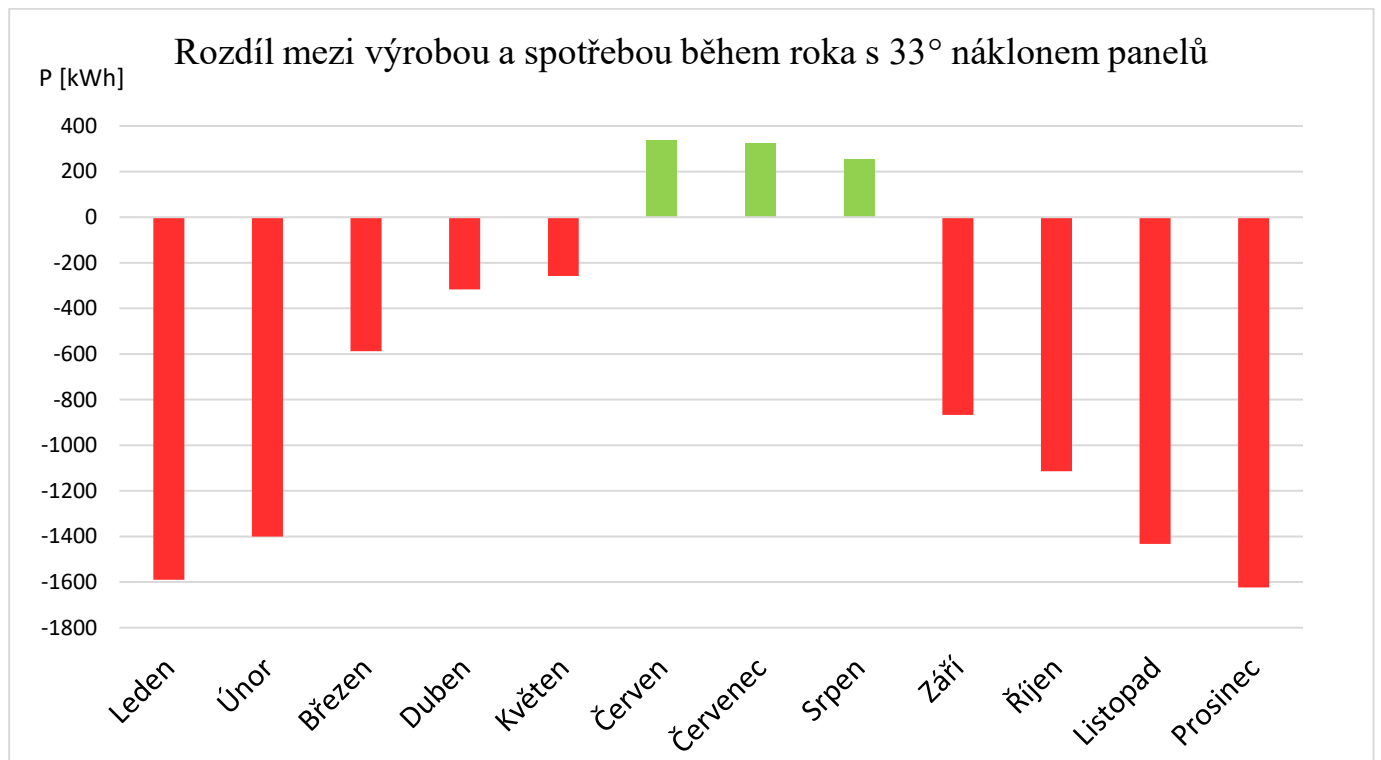


Obrázek 11 Rozměry panelu Canadian Solar CS6K 275 poly [11]

Sřešní varianta elektrárny bude navrhovaná na instalovaný výkonu 10 kWp. Bude to z několika důvodů. Jednak výše instalovaného výkonu splňuje jednu z podmínek

k dosáhnutí na případné dotace, další z důvodů jsou rozměry a váhové zatížení střechy elektrárnou.

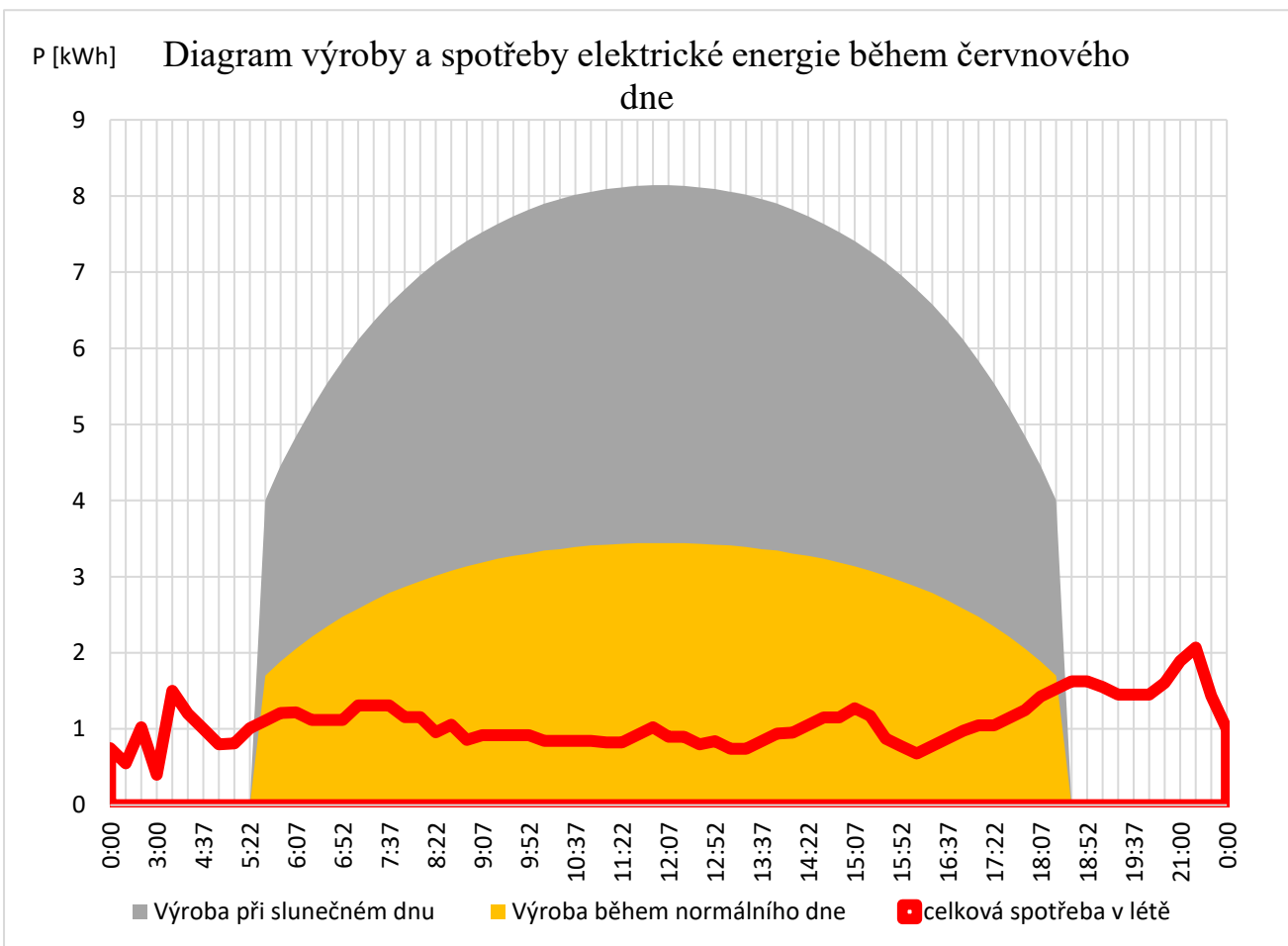
Ze získaných dat z PV-GISu můžeme teoreticky porovnat rozdíl mezi předpokládanou vyrobenou energií střešní elektrárny a spotřebou kotelny, výtahu a osvětlení. Jak je vidět z grafu č.2., tak elektrárna nebude schopna pokrýt spotřebu během celého roku a družstvo bude muset daný rozdíl energie po větši část roku stále odebírat od distributora.



Graf 3 Rozdíl mezi výrobou a spotřebou – střecha

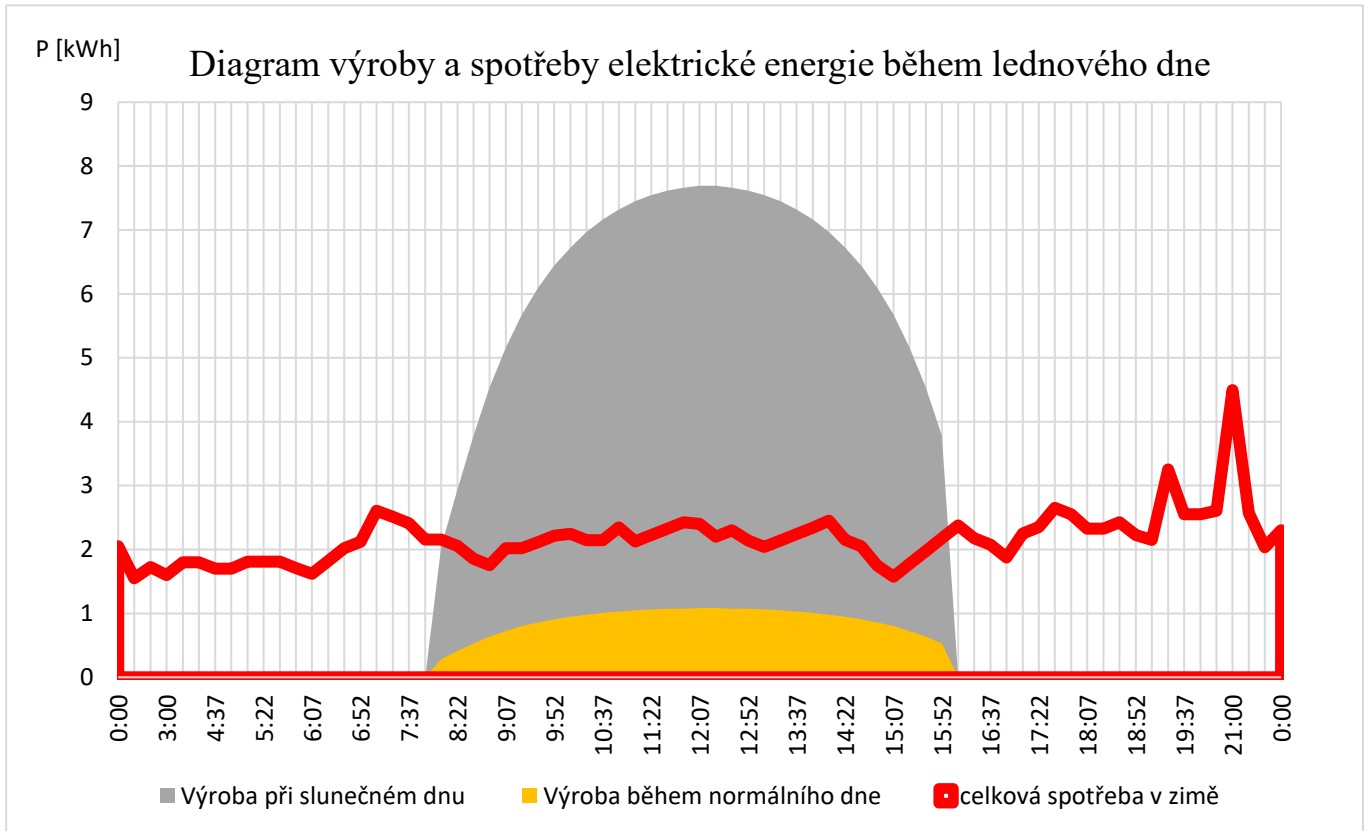


Graf č.4 zobrazuje denní výrobu a spotřebu, která může nastat během letních dní. Předpokládám, že během slunečního i průměrného dne bude výroba silně převyšovat spotřebu. Přebytečná energie se ještě může uplatnit u výtahu, avšak i s tímto odběrem bude systém generovat vysoký přebytek energie. Střešní FVE bude navrhovaná s bateriemi, které budou instalovány tak, aby v době přebytku akumulovaly energii a v době bez slunečního osvětlení zpět energii do systému vracely. Energií, kterou nedokáže využít ani jeden odběr a nebude ji moc už ani akumulovat baterie, bude „přetékat“ do distribuční sítě.



Graf 4 Denní výroba a spotřeba v červnu – střecha

V případě zimních dní (graf 5) bude výkon FVE nedostačující. Denní průměrná výroba FVE v lednu by se měla pohybovat kolem 8,7 kWh a denní spotřeba kotelny v lednu se pohybuje kolem 48 kWh.

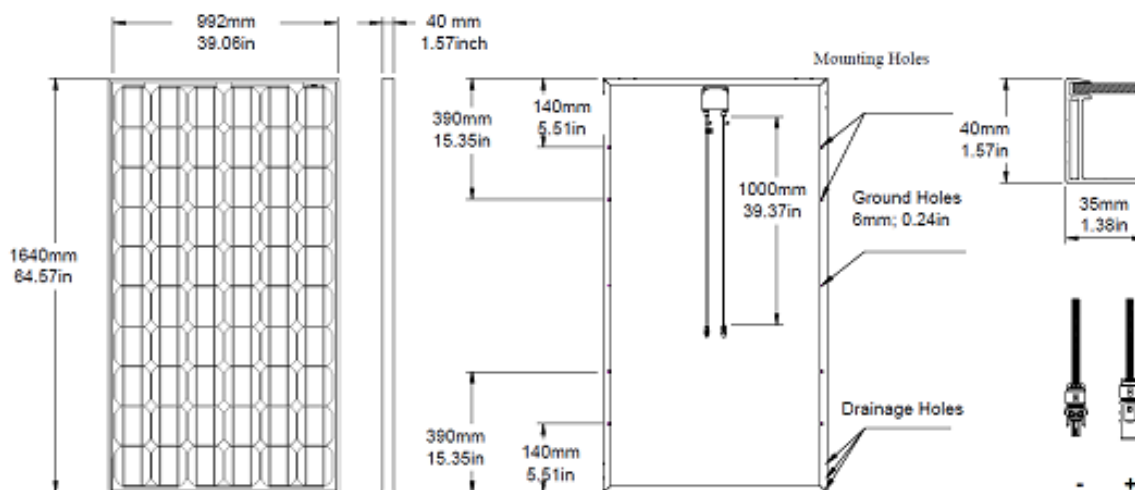


Graf 5 Denní výroba a spotřeba v lednu – střecha

## 2.3.2 Varianta balkon

Druhá varianta fotovoltaické elektrárny se bude nacházet na balkónech posledních tří pater panelového domu. Pouze tato patra jsou osvětlena sluncem v průměru minimálně 8 hodin denně a z toho důvodu se další panely do nižších pater nebudou instalovat. Panely budou ukotveny na zábradlích balónů a tím nebudou narušovat další užívání balkónu obyvateli. Z důvodu velikosti panelů budou panely instalovány po dvojicích na jeden balón. Tři balkony, na kterých bude FVE instalována, jsou situovány přímo na jih a další tři balkony jsou pootočený o 45° směrem na západ. V této variantě počítám s tím, že panel bude ve svislé poloze a tím bude výtěžek ze sluneční energie ještě menší. Balkónní varianta FVE bude navržena s instalovaným výkonem 3,6 kWp.

Pro tuto variantu budou použity panely Sunny Mono 300Wp 60 cells. Jedná se o monokrystalický panel s výkonem 300 Wp a účinností 18,35 %.

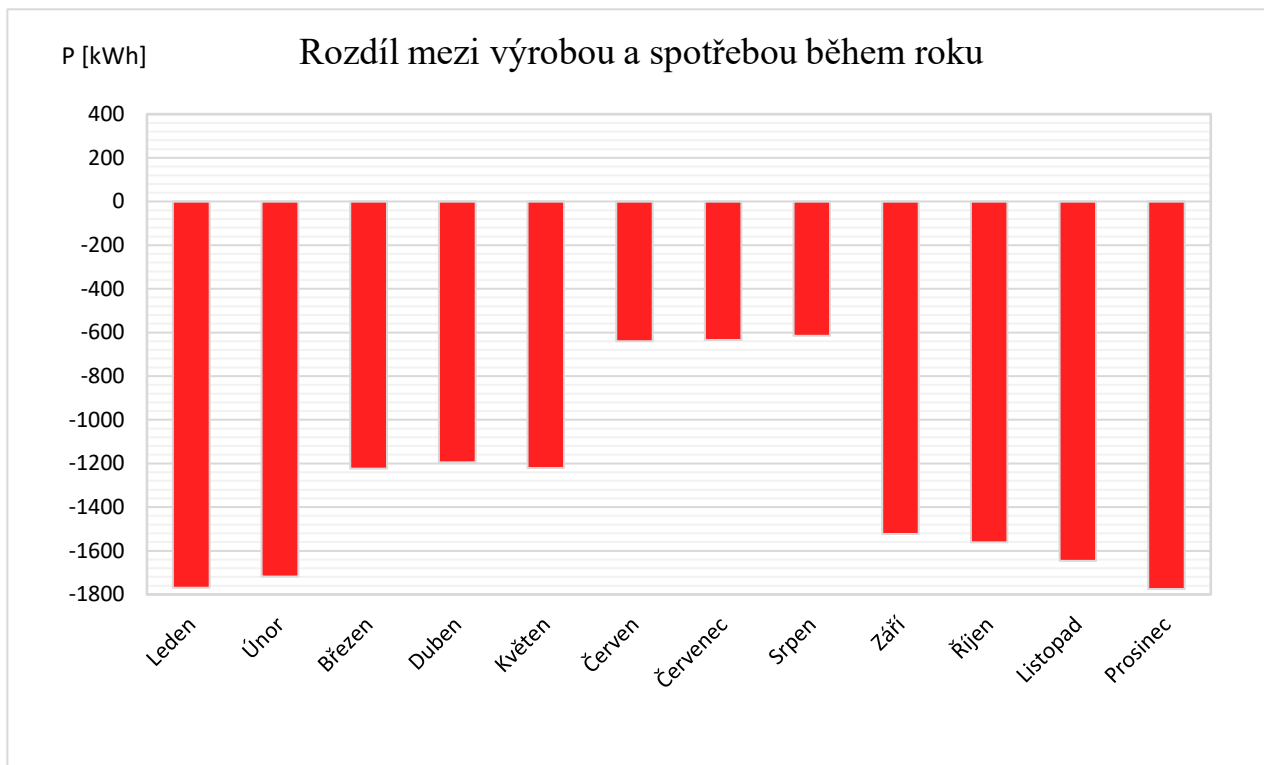


Obrázek 12 Rozměry panelu Sunny Mono 300 Wp [12]

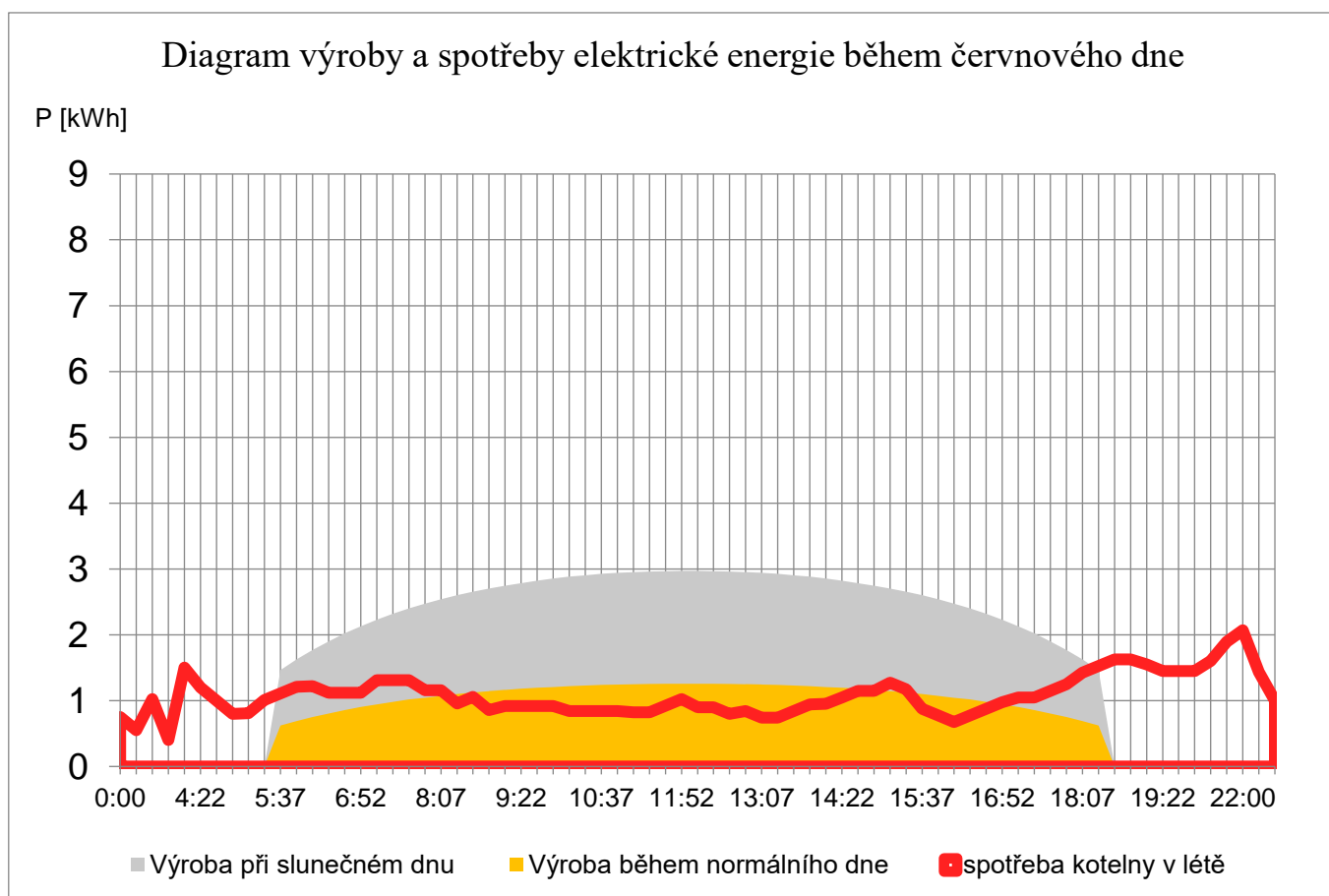
Další důležitou součástí bude GridFree 2 kW. Jedná se o měnič s výkonem 1800 W, který pracuje se vstupním napětím 45-90 V (DC). Měnič díky vestavěnému MPPT regulátoru dokáže využít maximum vyrobené energie na 230 V AC. Díky své proudové sondě dokáže ochránit systém od přetoku do sítě, když je elektrárna schopna vyrobit více energie, než spotřebiče vyžadují. Další výhodou je možnost kombinování s dalšími GridFree měniči a možnost budoucího rozšíření FVE.



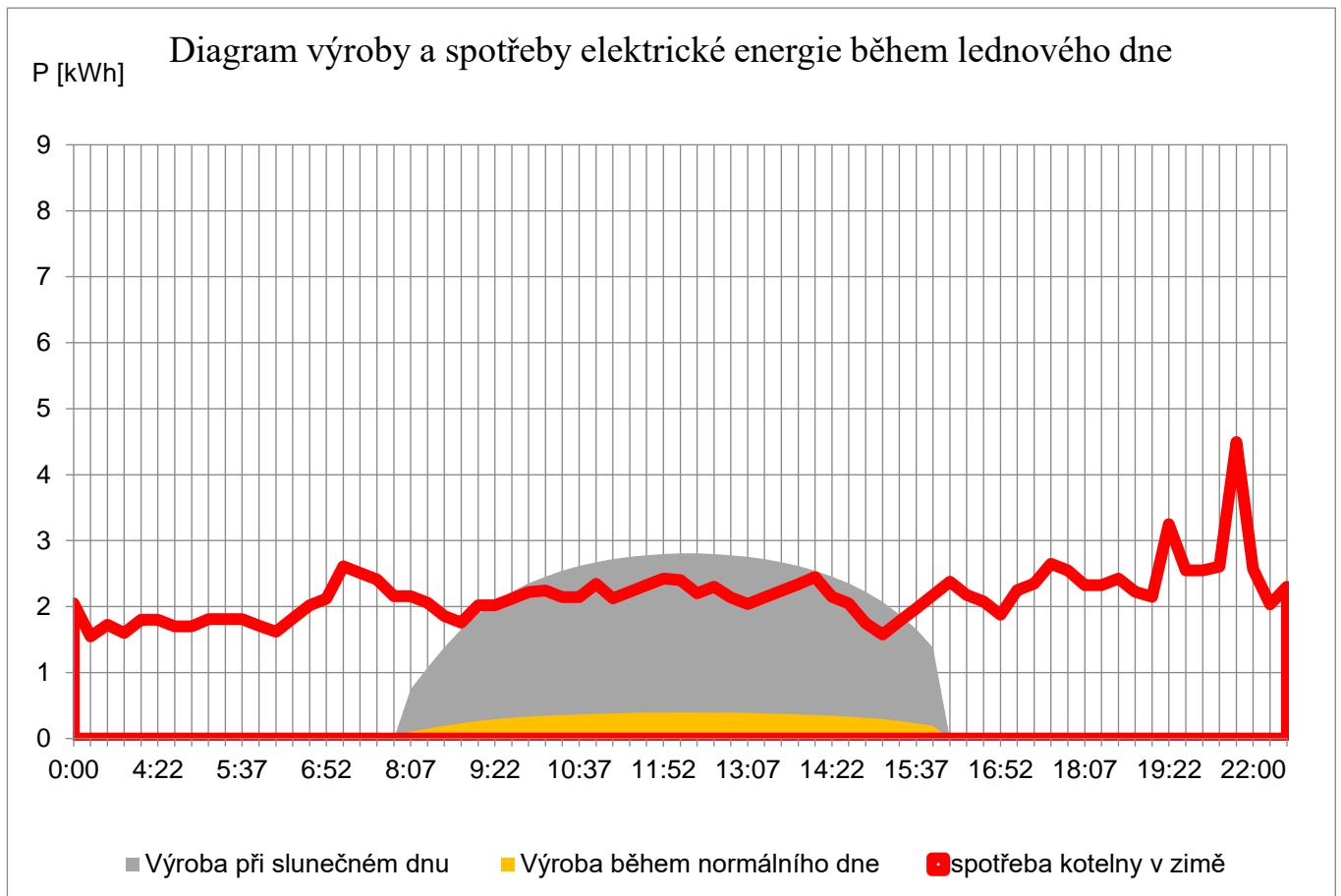
Obrázek 13 GridFree 2kW měnič 230V [13]



Graf 7 Rozdíl mezi výrobou a spotřebou – balkon



Graf 6 Denní výroba a spotřeba v červnu – balkon



Graf 8 Denní výroba a spotřeba v lednu – balkon

Z grafu č.7 je patrné, že v případě balkónové varianty v zimních měsících bude energie chybět téměř stále. Hlavním důvodem je menší instalovaný výkon elektrárny ne příliš vhodné podmínky výstavby a umístění FVE. Elektrárna bude schopna ročně vyrobit 2,32 MWh s průměrnou denní výrobou 6,34 kWh.

## 3. Náklady a úspory projektu

### 3.1 Náklady

- **Investiční výdaje**

Do investičních výdajů spadají všechny náklady, které se týkají výstavby a realizace FVE. Jedná se o největší výdaj.

- a) Fotovoltaické panely + nosné konstrukce
- b) Měníč
- c) Jističe a napěťové ochrany
- d) Baterie
- e) Kabeláž
- f) Elektroměr
- g) Technická dokumentace
- h) Instalace a doprava

- **Provozní výdaje**

Pod tyto výdaje spadá hlavně údržba a oprava fotovoltaických panelů. Jde hlavně o čištění článků a na samotný dohled a kontrolu stavu elektrárny. Provozní výdaje nejsou stejné a během let se mohou měnit. Jedním z plánovaných výdajů je výměna starých baterií, které se po vypršení životnosti vyměňují za nové.

V našem případě bude počítáno s revizí panelů a kontrolou, která vyjde na 1000 Kč ročně. S dalšími provozními náklady projekty nepočítají.

- **Likvidační výdaje**

Při pořizování solárních panelů si majitel u většiny panelů platí i budoucí likvidaci. V České republice je tento krok podpořen i legislativou, která nařizuje přispívat do takzvaných recyklačních fondů. V některých případech může být likvidace dokonce výdělečná, protože nosné konstrukce elektráren jsou z pozinkované oceli, či hliníku. Kabeláž je tvořena měděnými dráty, takže by majitel při likvidaci mohl dokonce z prodeje druhotných surovin profitovat.

V našem případě, však se tímto výdělkem nebudu zabírat, protože nedokáži kvalifikovaně odhadnout výdaj za demontáž a odvoz samotné elektrárny. Dále budu předpokládat, že náklady na demontáž a odvoz budou stejné jako výnos z prodeje druhotných surovin.

## 3.2. Nová zelená úsporám

Jedním z možných zdrojů financování zmíněných projektů je program Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR zaměřený na úspory energie a obnovitelné zdroje, jak v rodinných, tak i v bytových domech. Jedná se o program, který se snaží zlepšit životní prostředí snížením produkce emisí, které jsou produkovány elektrárnami, od kterých si obyvatelé kupují energie. Program pomáhá se snižováním energetické náročnosti budov například podporou výměny oken, zlepšení zateplení budov, podporou výstavby ekologických zdrojů energie atp.

### Podmínky k získání podpory

- a) Maximální celkový instalovaný výkon systému nesmí být vyšší než 30kWp na číslo popisné daného bytového domu.
- b) FVE musí být propojená s distribuční sítí
- c) Účinnost mono – a poly-krytalických panelů musí být minimálně 16 % a účinnost u tenkovrstvých amorfních panelů musí být minimálně 10%
- d) 70 % vyrobené energie se musí spotřebovat v místě výroby, tedy maximálně 30 % vyrobené energie může přetéct do distribuční sítě

Finanční podpora se pak odvíjí od celkového instalovaného výkonu FVE. V případě střešní varianty můžeme získat dotaci až ve výši 125 000 Kč. V případě balkónové varianty možná dotace činí 45 000 Kč.

| Podoblast podpory | Typ systému           | Jednotková výše podpory [Kč/kW <sub>p</sub> ] |
|-------------------|-----------------------|---|
| C.3.2             | Fotovoltaické systémy | 12 500  |

Obrázek 14 Výše podpory na instalaci fotovoltaických systémů [14]

### 3.3 Náklady střešní a balkónové varianty

| Finanční náklady návrhu elektrárny na střeše |   |  |                    |                       |                     |                             |                             |
|--|---|--|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| číslo položky                                | název   | typ zařízení                             | počet kusů / metrů | cena za kus (bez DPH) | cena za kus (s DPH) | cena bez DPH                | cena (s DPH)                |
| 1  | Solární panel   | Canadian Solar CS6K 275Wp                | 36                 | 3 966,94 Kč           | 4 800,00 Kč         | 142 809,84 Kč               | 172 800,00 Kč               |
| 2  | střešní konstrukce a kotvení                            |  | 36                 | 1 239,67 Kč           | 1 500,00 Kč         | 44 628,12 Kč                | 54 000,00 Kč                |
| 3  | kabeláž + ochrana vodiče                                |  | 250                | 61,98 Kč              | 75,00 Kč            | 15 495,00 Kč                | 18 750,00 Kč                |
| 4  | konektor  | MC4 SunPulse                             | 36                 | 90,08 Kč              | 109,00 Kč           | 3 242,88 Kč                 | 3 924,00 Kč                 |
| 5  | Rozvaděč  | Rozvaděč WS, 250x250x155                 | 1                  | 1 017,36 Kč           | 1 231,00 Kč         | 1 017,36 Kč                 | 1 231,00 Kč                 |
| 6  | střešní průchodka                                       |  | 1                  | 176,86 Kč             | 214,00 Kč           | 176,86 Kč                   | 214,00 Kč                   |
| 7  | centrální elektroměr                                    |  | 1                  | 8 264,46 Kč           | 10 000,00 Kč        | 8 264,46 Kč                 | 10 000,00 Kč                |
| 8  | střídač   | VE EASYSOLAR 48V/3000VA                  | 1                  | 50 682,00 Kč          | 61 325,00 Kč        | 50 682,00 Kč                | 61 325,00 Kč                |
| 11   | Baterie   | Solární baterie Victron Energy GEL 220Ah | 1                  | 13 105,79 Kč          | 15 858,00 Kč        | 13 105,79 Kč                | 15 858,00 Kč                |
| 12   | Jističe   | DC jistič 10A Moeller                    | 1                  | 563,91 Kč             | 834,00 Kč           | 563,91 Kč                   | 834,00 Kč                   |
| 13   | Přepěťová ochrana                                       | Přepěťová ochrana DC 500V                | 1                  | 1 818,18 Kč           | 2 200,00 Kč         | 1 818,18 Kč                 | 2 200,00 Kč                 |
| 14   | Technická dokumentace projektu, licence, administrativa |  | 1                  | 18 000,00 Kč          | 18 000,00 Kč        | 18 000,00 Kč                | 18 000,00 Kč                |
| 15   | práce a doprava   |  | 1                  | 25 000,00 Kč          | 25 000,00 Kč        | 25 000,00 Kč                | 25 000,00 Kč                |
|  |   |  |                    |                       | <b>Celkem</b>       | <b><u>324 804,40 Kč</u></b> | <b><u>384 136,00 Kč</u></b> |
| roční údržba                                 |   |  |                    | 1 000,00 Kč           |                     |                             |                             |
| výměna baterií                               |   |  |                    | 15 858,00 Kč          |                     |                             |                             |



### Finanční náklady návrhu elektrárny na balkónech

| číslo položky | název   | typ zařízení                                | počet kusů / metrů | cena bez DPH | cena za kus (s DPH) | cena bez DPH                | cena (s DPH)                |
|---------------|---|---|--------------------|--------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1             | Solární panel   | Solární panel GWL/Sunny Mono 300Wp 60 cells | 12                 | 4 077,69 Kč  | 4 934,00 Kč         | 48 932,28 Kč                | 59 208,00 Kč                |
| 2             | konstrukce a kotvení                                    |   | 12                 | 826,45 Kč    | 1 000,00 Kč         | 9 917,40 Kč                 | 12 000,00 Kč                |
| 3             | kabeláž + ochrana vodiče                                |   | 1                  | 3 942,15 Kč  | 3 257,98 Kč         | 3 942,15 Kč                 | 3 257,98 Kč                 |
| 4             | měníč   | GridFree 2kW měnič 230V                     | 2                  | 9 039,67 Kč  | 10 938,00 Kč        | 18 079,34 Kč                | 21 876,00 Kč                |
| 6             | Jističe   | DC jistič 10A Moeller                       | 1                  | 563,91 Kč    | 834,00 Kč           | 563,91 Kč                   | 834,00 Kč                   |
| 7             | Přepěťová ochrana                                       | Přepěťová ochrana DC 500V                   | 1                  | 1 818,18 Kč  | 2 200,00 Kč         | 1 818,18 Kč                 | 2 200,00 Kč                 |
| 8             | Technická dokumentace projektu, licence, administrativa |   | 1                  | 18 000,00 Kč | 18 000,00 Kč        | 18 000,00 Kč                | 18 000,00 Kč                |
| 9             | práce a doprava   |   | 1                  | 10 000,00 Kč | 10 000,00 Kč        | 10 000,00 Kč                | 10 000,00 Kč                |
| <b>Celkem</b> |   |   |                    |              |                     | <b><u>111 253,26 Kč</u></b> | <b><u>127 375,98 Kč</u></b> |
|               | roční údržba  |   |                    | 0,00 Kč      |                     |                             |                             |

## 4. Doporučení optimální varianty projektu

V této kapitole se budu zabývat samotnými investicemi a jejich rentabilitou

### 4.1 Metody hodnocení investic

Pro ohodnocení efektivity investic použiji metody Čisté současné hodnoty (Net Present Value). Tato metoda hodnocení investice popisuje všechny peněžní toky a jejím výsledkem je absolutní hodnota. Výsledek může být trojího typu. Pokud je výsledek, kladný, tak nám říká, jak investice byla úspěšná a kolik peněz investorovi přinese. Pokud bude výsledek záporný, tak je investice ztrátová a nevyplatí se do ní investovat. Výsledek také může být nulový. V takovém případě nám z pohledu toku peněz (cash flow) investice nic nepřinese ani nesebere.

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

NPV – čistá současná hodnota

CF<sub>t</sub> – peněžní tok během roku t

T – doba životnosti investice projektu

t – jednotlivé roky životnosti

r – úroková míra

#### Diskont

Diskont zavádím, protože jsem si vědom, že peněžní prostředky dnes mají jinou kupní sílu než ty samé peněžní prostředky v budoucnosti. Proto se budoucí peněžní toky takzvaně diskontují, tedy poníží o diskont. K diskontu budu přistupovat jako k roční úrokové míře (p. a.).

## 4.2 Nulová varianta

Nulová varianta je taková varianta, která by nastala, kdyby se žádný z projektů výstavby FVE nerealizoval. Nulová varianta, tedy zohledňuje, kolik celkem družstvo platí distributorovi za dodávanou energii včetně všech poplatků, které se k jednotlivým odběrům váží.

### Kotelna

Roční spotřeba kotelny se pohybuje okolo 10,682 MWh ročně. Družstvo za celkový odběr kotelny, za samostatné odběrové místo kotelny a za další nedílné poplatky, které se k odběru elektrické energie kotelny váží, platí ročně 42 558 Kč (s DPH). Z toho platí distributorovi za odběrové místo 614 Kč ročně.

### Výtah a světla

Roční spotřeba výtahu a světel se pohybuje okolo 3,81 MWh. Za celkovou roční spotřebu včetně všech dalších poplatků družstvo platí 18 782 Kč. Výtah i světla mají však svá odběrová místa. Za každé odběrové místo družstvo platí 576 Kč ročně.

## 4.3 Hodnocení variant

Při porovnávání variant střešní a balkónové varianty jsem použil metody Čisté současné hodnoty, která je popsána v předešlé kapitole. Po domluvě s vedoucím práce jsem se rozhodl pro 4 % diskontní sazbu. Dále družstvo s výstavbou FVE převede všechna odběrová místa režijních odběrů pod jeden odběr a tím ušetří na fixních poplatcích, které dnes za každé odběrové místo platí.

Zohlednil jsem možný 1 % nárůst cen elektřiny. Také jsem ve výpočtech zohlednil stárnutí fotovoltaických panelů a jejich klesající účinnost, kterou jsem odhadl podle činnostních tabulek panelů, které garantuje výrobce. Po dohodě s vedoucím práce jsem se rozhodl, že cena za kWh bude 2,99 Kč.

Každá varianta bude mít ještě svou podvariantu. Jedná se o možnost, kdy by družstvo bylo plátcem DPH a tím by celá výstavba a provoz FVE byla provedena bez DPH. Jednotlivé hotovostní toky všech variant budou přiloženy v příloze.

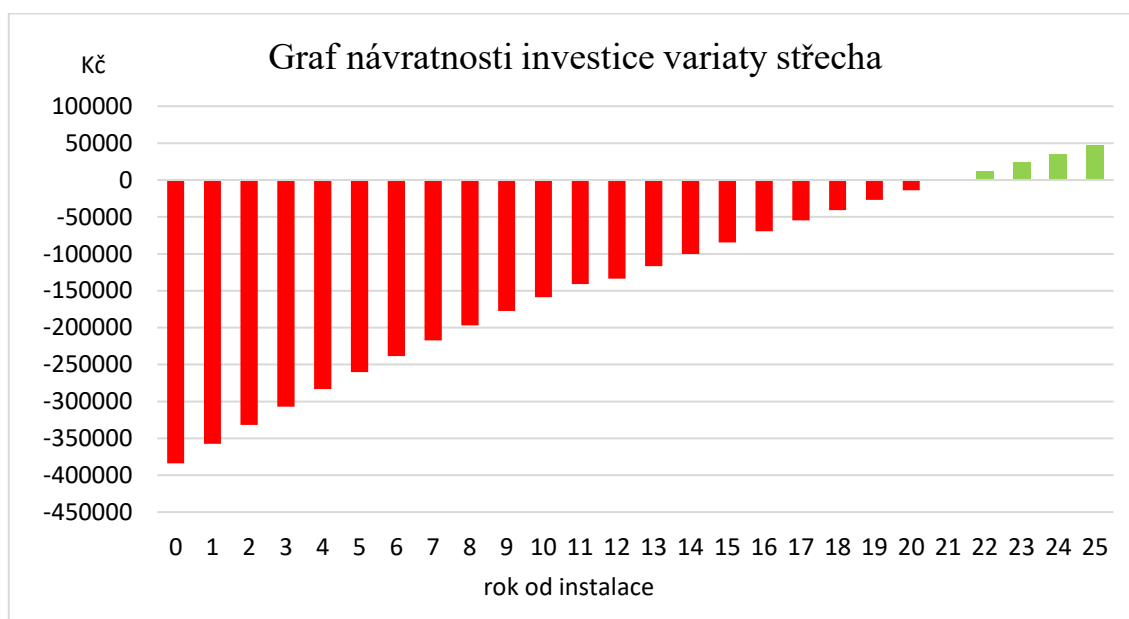
### 4.3.1 Střešní varianta

Návrh střešní FVE předpokládá, že elektrárna ročně vyrobí 9566 kWh. Tato varianta uvažuje, že všechna energie, kterou FVE vyrobí se využije a žádná energie nebude přetékat do distribuční sítě. Výpočet čisté současné hodnoty s diskontní sazbou 4 % a ročním 1 % růstem cen elektřiny je 46 201Kč. O tuto částku investice předčila naše očekávání. Tato investice je vhodná pro realizaci.

Je vidět, že i při vyšších diskontních sazbách by investice byla stále rentabilní.

| NPV [Kč]               |    | Diskont [%] |                |                |                |
|------------------------|----|-------------|----------------|----------------|----------------|
|                        |    | 3           | 4              | 5              | 6              |
| Růst cen elektřiny [%] | -1 | 2 977       | - 33 668,96 Kč | - 65 119,29 Kč | - 92 255,97 Kč |
|                        | 0  | 46 277      | 3 530          | - 33 003,68 Kč | - 64 394,36 Kč |
|                        | 1  | 96 124      | 46 201         | 3 703          | - 32 665,05 Kč |
|                        | 2  | 153 636     | 95 261         | 45 758         | 3 559          |

Tabulka 2 citlivostní analýza NPV střecha



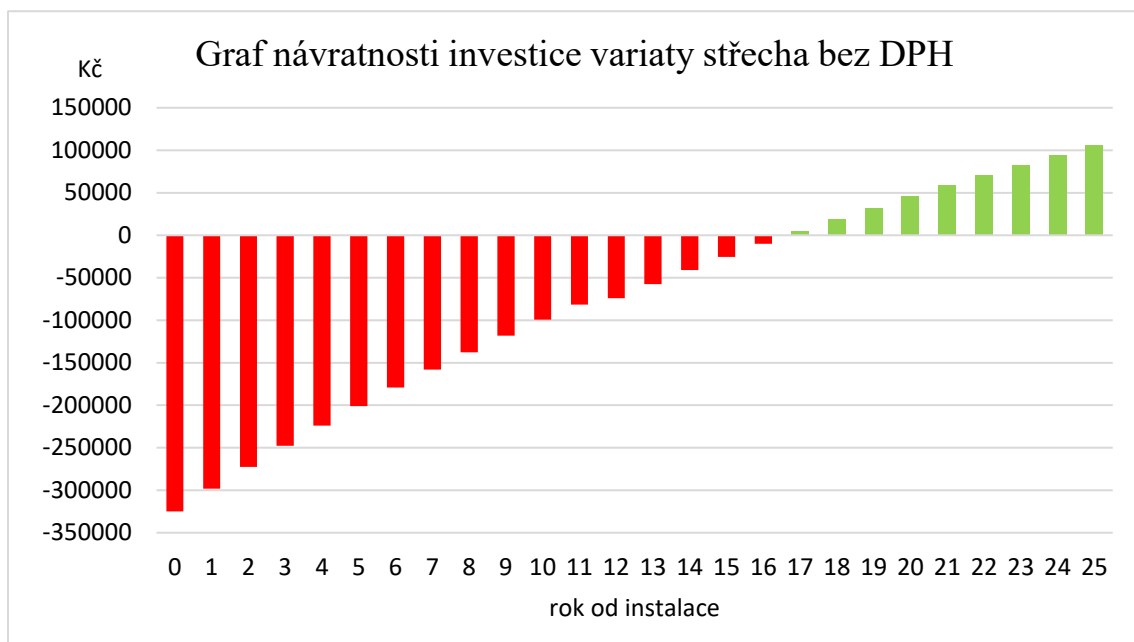
Graf 9 kumulovaný diskontový tok var. střecha s DPH

### 4.3.2 Podvarianta střecha bez DPH

Tato varianta uvažuje s tím, že bytové družstvo bude plátcem DPH. V takovém případě by se DPH v investici nepromítlo jako náklad a tím by tedy byla celková počáteční investice nižší. Výpočet NPV bez DPH by byl opět s diskontní sazbou 4 % a s předpokládaným 1 % růstem cen elektřiny. Jak je vidět z grafu, tak doba návratnosti je 17 let. Tato investice je vhodná k realizování.

| NPV [Kč]               |    | Diskont [%] |         |            |             |
|------------------------|----|-------------|---------|------------|-------------|
|                        |    | 3           | 4       | 5          | 6           |
| Růst cen elektřiny [%] | -1 | 155 817     | 25 663  | - 5 788 Kč | - 32 924 Kč |
|                        | 0  | 105 608     | 62 862  | 26 328     | - 5 063 Kč  |
|                        | 1  | 155 456     | 105 532 | 63 035     | 26 667      |
|                        | 2  | 212 968     | 154 592 | 105 089    | 62 890      |

Tabulka 3 citlivostní analýza NPV střecha bez DPH



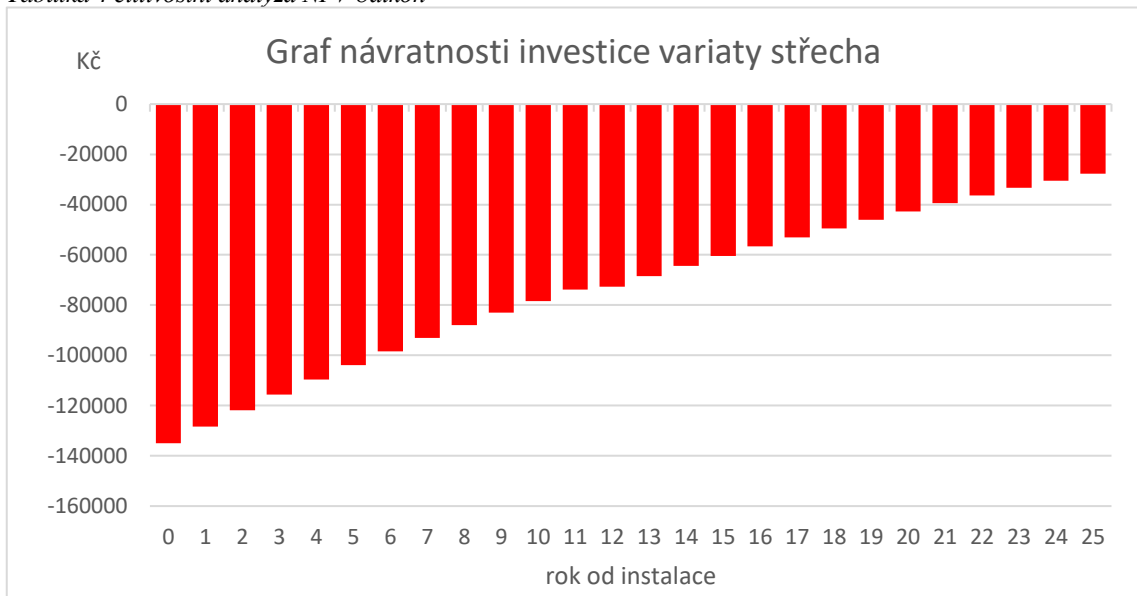
Graf 10 kumulovaný diskontový tok var. střecha bez DPH

### 4.3.3 Varianta balkon

Jak již bylo zmíněno balkonní instalace FVE bude schopna vyrobit za rok až 2317 kWh. Tato varianta také počítá s tím, že všechna energie, která se vyrobí se také spotřebuje místními odběry a žádná energie nebude přetékat do distribuční sítě. Výpočet NPV byl proveden s 4 % diskontní sazbou a 1 % ročním růstem cen elektřiny. Jak je vidět z grafu návratnosti, tak se investice při těchto podmínkách ani do 25 let nevrátí. Z citlivostní analýzy je dále vidět, že ani při nižší diskontní sazbě nebude projekt rentabilní.

| NPV [Kč]               |    | Diskont [%] |             |             |             |
|------------------------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        |    | 3           | 4           | 5           | 6           |
| Růst cen elektřiny [%] | -1 | - 37 817 Kč | - 47 034 Kč | - 54 940 Kč | - 61 758 Kč |
|                        | 0  | - 27 315 Kč | - 38 012 Kč | - 47 151 Kč | - 55 001 Kč |
|                        | 1  | - 15 226 Kč | - 27 664 Kč | - 38 249 Kč | - 47 306 Kč |
|                        | 2  | - 1 278 Kč  | - 15 765 Kč | - 28 050 Kč | - 38 521 Kč |

Tabulka 4 citlivostní analýza NPV balkon



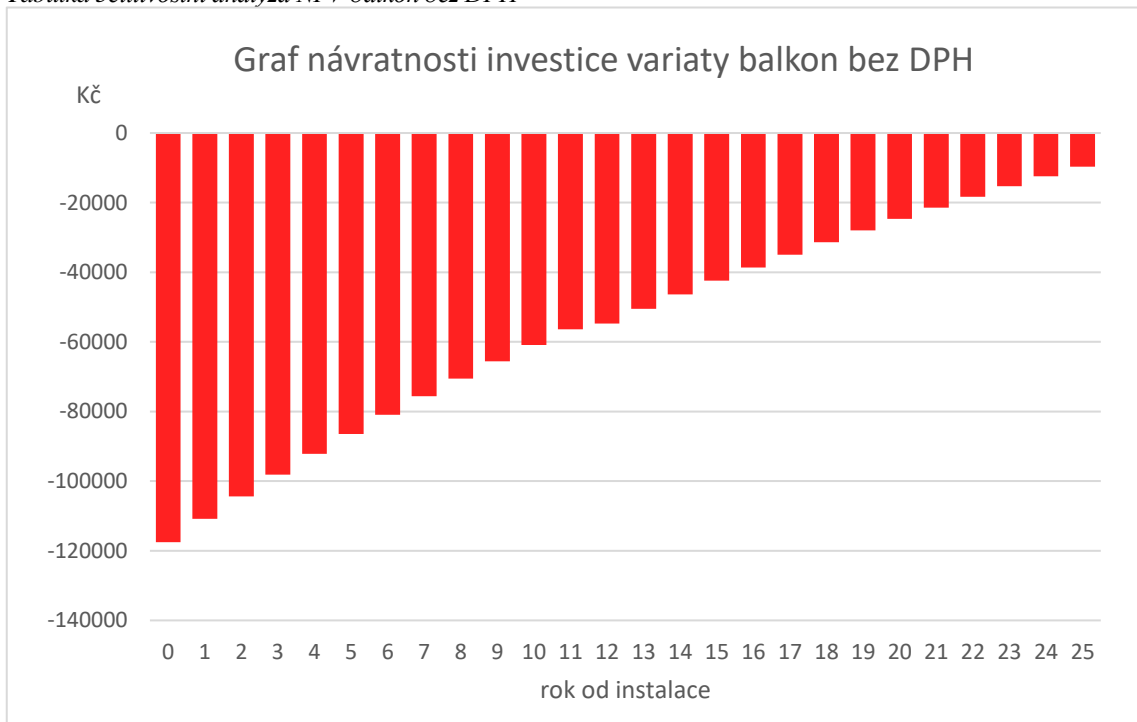
Graf 11 Kumulovaný diskontový tok var. balkon bez DPH

#### 4.3.4 Podvarianta balkon bez DPH

Přestože by družstvo bylo plátcem DPH a tím by mohlo investici realizovat s nižšími náklady, balkonová varianta by nebyla rentabilní. Výpočet NPV byl znovu proveden s 4 % diskontní sazbou a 1% růstem cen energie.

| NPV [Kč]               |    | Diskont [%] |             |             |             |
|------------------------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        |    | 3           | 4           | 5           | 6           |
| Růst cen elektřiny [%] | -1 | - 19 707 Kč | - 28 996 Kč | - 36 964 Kč | - 43 837 Kč |
|                        | 0  | - 9 206 Kč  | - 19 974 Kč | - 29 175 Kč | - 37 080 Kč |
|                        | 1  | 2 884 Kč    | - 9 625 Kč  | - 20 273 Kč | - 29 385 Kč |
|                        | 2  | 16 832 Kč   | 2 273 Kč    | - 10 074 Kč | - 20 600 Kč |

Tabulka 5citlivostní analýza NPV balkon bez DPH



Graf 12 Kumulovaný diskontový tok var. střecha bez DPH

# Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo porovnání dvou variant výstavby fotovoltaických elektráren na panelovém domě a porovnání ekonomické analýzy, zda je výhodné do některé z těchto variant investovat. Uvažoval jsem se čtyři modelové varianty výstavby. První varianta FVE by se nacházela na střeše panelového domu, druhá varianta by předpokládala instalaci na balkónech s dostatečným osvitem. Každá varianta výstavby FVE má svou alternativu, která počítá se sníženými náklady o DPH.

Investorovo rozhodnutí, jestli do projektu investovat, bude záležet hlavně na třech faktorech a tím jsou počáteční investice projektu, roční produkce elektřiny elektrárny a vývoj cen elektřiny na trhu. Je těžké odhadnout výrobu samotné elektrárny. Všechny varianty předpokládají, že výroba elektrárny se během její životnosti nebude skokově měnit a výroba bude ovlivněna jen klesající účinností samotných panelů. Vývoj ceny elektřiny jsem odhadl. Předpokládám, že by se v budoucnu mohla každým rokem o 1 % zvyšovat. Všechny tyto výpočty jsou jen teoretické a k přesnějšímu predikování vývoje bych mohl dospět v případě, že by se varianta realizovala a tím bych výpočty mohl opírat o reálné náklady a o data o výrobě FVE.

Pokud by se v budoucnosti realizovala některá z variant výstavby fotovoltaické elektrárny, tak podle NPV a podle samotného účelu výstavby, tedy snížení elektrického odběru provozních míst, bych se klonil ke střešní variantě fotovoltaické elektrárny (4.2.1). Z grafu návratnosti je vidět, že by se investice vrátila na začátku 22. roku od zahájení výroby. Samozřejmě podvarinata střešní instalace FVE (4.3.2) je ještě výhodnější a investice by se vrátila již v 17. roce. Jak jsem již uvedl v kapitole 3.2. Nová zelená úsporám nabízí částečnou podporu, která by při střešní variantě výstavby mohla být až ve výši 125 000 Kč. V tom případě by se investice mohla vrátit dříve. U střešní varianty v 13. roce od výstavby a u její podvarinty bez nákladů DPH již v 9. roce od výstavby.

Tato práce může být použita jako podklad pro návrh a instalaci budoucí fotovoltaické elektrárny na panelovém domě v Zázvorkově ulici v Praze.



## Seznam použitých zdrojů

- [1] *Ulice Zázvorkova, Praha • Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.3334192&y=50.0457425&z=17&source=stre&id=125128>
- [2] *Výběr parcely | Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://nahliznidokn.cuzk.cz/VyberParcelu.aspx>
- [3] *VYHLÁŠKA č. 16/2016 Sb.* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/documents/10540/463080/Vyhl%C3%A1ka+o+podm%C3%ADnk%C3%A1ch+p%C5%99ipojen%C3%AD%20k+elektriza%C4%8Dn%C3%AD%20soustav%C4%9B/e40a8453-37b6-4b06-848e-c4eac97a886a>
- [4] *Rekonstrukce a opravy elektrických rozvodů v panelových domech* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/domovni-elektroinstalace/3588-rekonstrukce-a-opravy-elektrickych-rozvodu-v-panelovych-domech-stav-2006-i>
- [5] *Schéma zapojení fotovoltaické elektrárny* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.solarniexpert.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/fotovoltaicka-elektrarna-fve-o-vykonu-26-kwp-na-klic/schema-zapojeni-fotovoltaicke-elektrarny/>
- [6] *upraveno Best Parallel And Series Connection Pictures* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://ferryboat.us/parallel-and-series-connection>
- [7] *Www.i4wifi.cz | GridFree 2kW měnič 230V s limiterem SUN-2000G (vstup 45-90V)* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.i4wifi.cz/Alternativni-napajeni/GridFree-2kW-menic-230V-s-limiterem-SUN-2000G-vstup-45-90V.html>
- [8] *ČVUT FEL - K13113 - LDFS* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://pasan.feld.cvut.cz/a1b13svs/index.php>
- [9] *PV potential estimation utility* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- [10] *Canadian Solar CS6K- 280 Wp* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.marktplaats.nl/a/doe-het-zelf-en-verbouw/zonnepanelen-en-toebehoren/m1037323322-canadian-solar-cs6k-280-wp-dhz-pakketten.html>
- [11] *Canadian Solar CS6K- 275 Wp* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.obchodsolar.cz/Canadian-Solar-275Wp>
- [12] *EV-Power | Solar panel GWL/Sunny Mono 300Wp 60 cells (MPPT 32V) Full black* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.ev-power.eu/Solar-Panels/Solar-panel-GWL-Sunny-Mono-300Wp-60-cells-MPPT-32V-EUFREE.html>

[13] *Www.i4wifi.cz | GridFree 2kW měnič 230V s limiterem SUN-2000G (vstup 45-90V)* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z:

[https://www.i4wifi.cz/\\_d5049.html?gclid=CjwKCAjw8\\_nXBRAiEiwAXWe2yXa4vScuy9lTRP2tJLDqiotOGFOjrM1dfN33R6vKUbdlPE4KhflzhoC2rwQAvD\\_BwE](https://www.i4wifi.cz/_d5049.html?gclid=CjwKCAjw8_nXBRAiEiwAXWe2yXa4vScuy9lTRP2tJLDqiotOGFOjrM1dfN33R6vKUbdlPE4KhflzhoC2rwQAvD_BwE)

[14] *Bytové domy - NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/bytove-domy/>

## Seznam použité literatury

1. Elektrotechnické tabulky pro školu i praxi: tabulky, vztahy, normalizované postupy

kniha

HÄBERLE, Gregor. Elektrotechnické tabulky pro školu i praxi: tabulky, vztahy, normalizované postupy. Praha: Europa-Sobotáles, 2006. ISBN 80-86706-16-8.

2. Elektrický rozvod a rozvodná zařízení

kniha

FENCL, František. Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. Vyd. 3. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02771-6.

3. Navrhování elektrických zařízení podle předpisů ČSN

kniha

ROŠKOTA, Stanislav. Navrhování elektrických zařízení podle předpisů ČSN. 2. upr. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1979.

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 Vyznačení bytového družstva [1] -upraveno.....                      | 8  |
| Obrázek 2 satelitní pohled na budovu [2]-upraveno .....                       | 9  |
| Obrázek 3 umístění pro FVE na střeše .....                                    | 9  |
| Obrázek 4 Elektrorozvodné jádro vyhovující požadavkům ČSN 33 2000-3 [4] ..... | 12 |
| Obrázek 5 Schéma zapojení [5] .....   | 14 |
| Obrázek 6 sériové zapojení panelů [6]-upraveno.....                           | 14 |
| Obrázek 7 paralelní zapojení panelů [6] -upraveno .....                       | 15 |
| Obrázek 8 systém Gridfree možnosti zapojení [7].....                          | 15 |
| Obrázek 9 PV – GIS [9] .....  | 20 |
| Obrázek 10 Možná instalace solárního panelu Canadian Solar 280 Wp [10].....   | 22 |
| Obrázek 11 Rozměry panelu Canadian Solar CS6K 275 poly [11].....              | 23 |
| Obrázek 12 Rozměry panelu Sunny Mono 300 Wp [12] .....                        | 27 |
| Obrázek 13 GridFree 2kW měnič 230V [13].....                                  | 27 |
| Obrázek 14 Výše podpory na instalaci fotovoltaických systémů [14].....        | 31 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1 Výstup z aplikace PV-GIS.....                | 21 |
| Tabulka 2 citlivostní analýza NPV střecha.....         | 36 |
| Tabulka 3 citlivostní analýza NPV střecha bez DPH..... | 37 |
| Tabulka 4 citlivostní analýza NPV balkon .....         | 38 |
| Tabulka 5citlivostní analýza NPV balkon bez DPH.....   | 39 |

## Seznam grafů

|  |    |
|--|----|
| Graf 1 Denní odběr kotelny v různých ročních obdobích .....  | 16 |
| Graf 2 Rozdíl mezi výrobou a spotřebou – střecha.....        | 24 |
| Graf 3 Denní výroba a spotřeba v červnu – střecha .....      | 25 |
| Graf 4 Denní výroba a spotřeba v lednu – střecha .....       | 26 |
| Graf 5 Denní výroba a spotřeba v červnu – balkon.....        | 28 |
| Graf 6 Rozdíl mezi výrobou a spotřebou – balkon .....        | 28 |
| Graf 7 Denní výroba a spotřeba v lednu – balkon.....         | 29 |
| Graf 8 kumulovaný diskontový tok var. střecha s DPH .....    | 36 |
| Graf 9 kumulovaný diskontový tok var. střecha bez DPH .....  | 37 |
| Graf 10 Kumulovaný diskontový tok var. balkon bez DPH.....   | 38 |
| Graf 11 Kumulovaný diskontový tok var. střecha bez DPH ..... | 39 |

## **Seznam použitých zkratek**

OZE – obnovitelné zdroje energie

FVE – Fotovoltaická elektrárna

PV-GIS – Photovoltaic Geographical Information System

ERÚ – Energetický regulační úřad

NPV – Čistá současná hodnota (net present value)

DPH – Daň z přidané hodnoty

## **Seznam příloh**

1. Výpočet NVP pro střešní variantu
2. Výpočet NPV pro střešní variantu bez DPH
3. Výpočet NPV pro balkónní variantu
4. Výpočet NPV pro balkónní variantu bez DPH

| Výpočet čisté současné hodnoty pro střešní variantu |                  |              |                |                     |                    |                     |                      |                    |
|---|------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 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                | 384 136,00 Kč      | - 384 136,00 Kč     | - 384 136,00 Kč      | - 384 136,00 Kč    |
| 1   | 9566             | 1            | 3,0 Kč         | 28 561,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 561,8 Kč         | 26 501,71 Kč         | -357634,2883       |
| 2   | 9566             | 1            | 3,0 Kč         | 28 847,4 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 847,4 Kč         | 25 746,48 Kč         | -331887,8035       |
| 3   | 9470,34          | 0,99         | 3,0 Kč         | 28 844,5 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 844,5 Kč         | 24 753,67 Kč         | -307134,1326       |
| 4   | 9374,68          | 0,98         | 3,1 Kč         | 28 838,7 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 838,7 Kč         | 23 796,63 Kč         | -283337,5071       |
| 5   | 9279,02          | 0,97         | 3,1 Kč         | 28 829,9 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 829,9 Kč         | 22 874,11 Kč         | -260463,3926       |
| 6   | 9183,36          | 0,96         | 3,1 Kč         | 28 818,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 818,0 Kč         | 21 984,95 Kč         | -238478,4474       |
| 7   | 9087,7           | 0,95         | 3,2 Kč         | 28 803,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 803,0 Kč         | 21 127,96 Kč         | -217350,4829       |
| 8   | 8992,04          | 0,94         | 3,2 Kč         | 28 784,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 784,8 Kč         | 20 302,06 Kč         | -197048,4246       |
| 9   | 8896,38          | 0,93         | 3,2 Kč         | 28 763,3 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 763,3 Kč         | 19 506,15 Kč         | -177542,275        |
| 10  | 8800,72          | 0,92         | 3,3 Kč         | 28 738,6 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 738,6 Kč         | 18 739,20 Kč         | -158803,0772       |
| 11  | 8705,06          | 0,91         | 3,3 Kč         | 28 710,5 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 710,5 Kč         | 18 000,20 Kč         | -140802,88         |
| 12  | 8609,4           | 0,9          | 3,3 Kč         | 28 678,9 Kč         | 16 858,0 Kč        | 11 820,9 Kč         | 7 383,32 Kč          | -133419,5641       |
| 13  | 8609,4           | 0,9          | 3,4 Kč         | 28 965,7 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 965,7 Kč         | 16 795,48 Kč         | -116624,0798       |
| 14  | 8609,4           | 0,9          | 3,4 Kč         | 29 255,4 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 255,4 Kč         | 16 316,77 Kč         | -100307,3059       |
| 15  | 8513,74          | 0,89         | 3,4 Kč         | 29 219,6 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 219,6 Kč         | 15 669,35 Kč         | -84637,95462       |
| 16  | 8513,74          | 0,89         | 3,5 Kč         | 29 511,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 511,8 Kč         | 15 222,69 Kč         | -69415,26473       |
| 17  | 8418,08          | 0,88         | 3,5 Kč         | 29 472,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 472,0 Kč         | 14 616,77 Kč         | -54798,49066       |
| 18  | 8418,08          | 0,88         | 3,5 Kč         | 29 766,7 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 766,7 Kč         | 14 200,07 Kč         | -40598,41802       |
| 19  | 8322,42          | 0,87         | 3,6 Kč         | 29 722,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 722,8 Kč         | 13 633,04 Kč         | -26965,37375       |
| 20  | 8322,42          | 0,87         | 3,6 Kč         | 30 020,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 020,0 Kč         | 13 244,35 Kč         | -13721,02651       |
| 21  | 8322,42          | 0,87         | 3,6 Kč         | 30 320,2 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 320,2 Kč         | 12 866,69 Kč         | -854,3394071       |
| 22  | 8226,76          | 0,86         | 3,7 Kč         | 30 271,4 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 271,4 Kč         | 12 351,23 Kč         | 11496,88744        |
| 23  | 8226,76          | 0,86         | 3,7 Kč         | 30 574,1 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 574,1 Kč         | 11 999,00 Kč         | 23495,88616        |
| 24  | 8131,1           | 0,85         | 3,8 Kč         | 30 520,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 520,8 Kč         | 11 516,69 Kč         | 35012,58093        |
| 25  | 8131,1           | 0,85         | 3,8 Kč         | 30 826,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 826,0 Kč         | 11 188,23 Kč         | 46200,81453        |

|                    |         |
|--------------------|---------|
| Cena kWh [Kč]      | 2,99 Kč |
| Diskont [%]        | 4%      |
| Růst elektřiny [%] | 101%    |
| Výroba FVE [kWh]   | 9566,00 |

| Výpočet čisté současné hodnoty pro střešní variantu bez DPH |                  |              |                |                     |                    |                     |                      |                    |
|---|------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 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                | 324 804,40 Kč      | - 324 804,40 Kč     | - 324 804,40 Kč      | -324804            |
| 1   | 9566             | 1            | 3,0 Kč         | 28 561,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 561,8 Kč         | 26 501,71 Kč         | -298303            |
| 2   | 9566             | 1            | 3,0 Kč         | 28 847,4 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 847,4 Kč         | 25 746,48 Kč         | -272556            |
| 3   | 9470,34          | 0,99         | 3,0 Kč         | 28 844,5 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 844,5 Kč         | 24 753,67 Kč         | -247803            |
| 4   | 9374,68          | 0,98         | 3,1 Kč         | 28 838,7 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 838,7 Kč         | 23 796,63 Kč         | -224006            |
| 5   | 9279,02          | 0,97         | 3,1 Kč         | 28 829,9 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 829,9 Kč         | 22 874,11 Kč         | -201132            |
| 6   | 9183,36          | 0,96         | 3,1 Kč         | 28 818,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 818,0 Kč         | 21 984,95 Kč         | -179147            |
| 7   | 9087,7           | 0,95         | 3,2 Kč         | 28 803,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 803,0 Kč         | 21 127,96 Kč         | -158019            |
| 8   | 8992,04          | 0,94         | 3,2 Kč         | 28 784,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 784,8 Kč         | 20 302,06 Kč         | -137717            |
| 9   | 8896,38          | 0,93         | 3,2 Kč         | 28 763,3 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 763,3 Kč         | 19 506,15 Kč         | -118211            |
| 10  | 8800,72          | 0,92         | 3,3 Kč         | 28 738,6 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 738,6 Kč         | 18 739,20 Kč         | -99471             |
| 11  | 8705,06          | 0,91         | 3,3 Kč         | 28 710,5 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 710,5 Kč         | 18 000,20 Kč         | -81471             |
| 12  | 8609,4           | 0,9          | 3,3 Kč         | 28 678,9 Kč         | 16 858,0 Kč        | 11 820,9 Kč         | 7 383,32 Kč          | -74088             |
| 13  | 8609,4           | 0,9          | 3,4 Kč         | 28 965,7 Kč         | 1 000,0 Kč         | 27 965,7 Kč         | 16 795,48 Kč         | -57292             |
| 14  | 8609,4           | 0,9          | 3,4 Kč         | 29 255,4 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 255,4 Kč         | 16 316,77 Kč         | -40976             |
| 15  | 8513,74          | 0,89         | 3,4 Kč         | 29 219,6 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 219,6 Kč         | 15 669,35 Kč         | -25306             |
| 16  | 8513,74          | 0,89         | 3,5 Kč         | 29 511,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 511,8 Kč         | 15 222,69 Kč         | -10084             |
| 17  | 8418,08          | 0,88         | 3,5 Kč         | 29 472,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 472,0 Kč         | 14 616,77 Kč         | 4533               |
| 18  | 8418,08          | 0,88         | 3,5 Kč         | 29 766,7 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 766,7 Kč         | 14 200,07 Kč         | 18733              |
| 19  | 8322,42          | 0,87         | 3,6 Kč         | 29 722,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 28 722,8 Kč         | 13 633,04 Kč         | 32366              |
| 20  | 8322,42          | 0,87         | 3,6 Kč         | 30 020,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 020,0 Kč         | 13 244,35 Kč         | 45611              |
| 21  | 8322,42          | 0,87         | 3,6 Kč         | 30 320,2 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 320,2 Kč         | 12 866,69 Kč         | 58477              |
| 22  | 8226,76          | 0,86         | 3,7 Kč         | 30 271,4 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 271,4 Kč         | 12 351,23 Kč         | 70828              |
| 23  | 8226,76          | 0,86         | 3,7 Kč         | 30 574,1 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 574,1 Kč         | 11 999,00 Kč         | 82827              |
| 24  | 8131,1           | 0,85         | 3,8 Kč         | 30 520,8 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 520,8 Kč         | 11 516,69 Kč         | 94344              |
| 25  | 8131,1           | 0,85         | 3,8 Kč         | 30 826,0 Kč         | 1 000,0 Kč         | 29 826,0 Kč         | 11 188,23 Kč         | 105532             |

|                    |         |
|--------------------|---------|
| Cena kWh [Kč]      | 2,99 Kč |
| Diskont [%]        | 4%      |
| Růst elektřiny [%] | 101%    |
| Výroba FVE [kWh]   | 9566,00 |

| Výpočet čisté současné hodnoty pro balkónní variantu |                  |              |                |                     |                    |                     |                      |                    |
|--|------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 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                | 134 971,98 Kč      | - 134 971,98 Kč     | - 134 971,98 Kč      | -134971,98         |
| 1  | 2320             | 1            | 3,0 Kč         | 6 927,0 Kč          | - Kč               | 6 927,0 Kč          | 6 660,54 Kč          | -128311,4385       |
| 2  | 2320             | 1            | 3,0 Kč         | 6 996,2 Kč          | - Kč               | 6 996,2 Kč          | 6 468,41 Kč          | -121843,0279       |
| 3  | 2296,8           | 0,99         | 3,0 Kč         | 6 995,5 Kč          | - Kč               | 6 995,5 Kč          | 6 219,00 Kč          | -115624,0244       |
| 4  | 2273,6           | 0,98         | 3,1 Kč         | 6 994,1 Kč          | - Kč               | 6 994,1 Kč          | 5 978,60 Kč          | -109645,4213       |
| 5  | 2250,4           | 0,97         | 3,1 Kč         | 6 992,0 Kč          | - Kč               | 6 992,0 Kč          | 5 746,90 Kč          | -103898,5243       |
| 6  | 2227,2           | 0,96         | 3,1 Kč         | 6 989,1 Kč          | - Kč               | 6 989,1 Kč          | 5 523,58 Kč          | -98374,94053       |
| 7  | 2204             | 0,95         | 3,2 Kč         | 6 985,5 Kč          | - Kč               | 6 985,5 Kč          | 5 308,37 Kč          | -93066,56848       |
| 8  | 2180,8           | 0,94         | 3,2 Kč         | 6 981,0 Kč          | - Kč               | 6 981,0 Kč          | 5 100,98 Kč          | -87965,5883        |
| 9  | 2157,6           | 0,93         | 3,2 Kč         | 6 975,8 Kč          | - Kč               | 6 975,8 Kč          | 4 901,14 Kč          | -83064,45217       |
| 10   | 2134,4           | 0,92         | 3,3 Kč         | 6 969,8 Kč          | - Kč               | 6 969,8 Kč          | 4 708,58 Kč          | -78355,87515       |
| 11   | 2111,2           | 0,91         | 3,3 Kč         | 6 963,0 Kč          | - Kč               | 6 963,0 Kč          | 4 523,05 Kč          | -73832,8263        |
| 12   | 2088             | 0,9          | 3,3 Kč         | 6 955,4 Kč          | 5 204,0 Kč         | 1 751,4 Kč          | 1 093,90 Kč          | -72738,92313       |
| 13   | 2088             | 0,9          | 3,4 Kč         | 7 024,9 Kč          | - Kč               | 7 024,9 Kč          | 4 218,99 Kč          | -68519,93343       |
| 14   | 2088             | 0,9          | 3,4 Kč         | 7 095,2 Kč          | - Kč               | 7 095,2 Kč          | 4 097,29 Kč          | -64422,64537       |
| 15   | 2064,8           | 0,89         | 3,4 Kč         | 7 086,5 Kč          | - Kč               | 7 086,5 Kč          | 3 934,88 Kč          | -60487,76049       |
| 16   | 2064,8           | 0,89         | 3,5 Kč         | 7 157,4 Kč          | - Kč               | 7 157,4 Kč          | 3 821,38 Kč          | -56666,38191       |
| 17   | 2041,6           | 0,88         | 3,5 Kč         | 7 147,7 Kč          | - Kč               | 7 147,7 Kč          | 3 669,45 Kč          | -52996,93368       |
| 18   | 2041,6           | 0,88         | 3,5 Kč         | 7 219,2 Kč          | - Kč               | 7 219,2 Kč          | 3 563,60 Kč          | -49433,33492       |
| 19   | 2018,4           | 0,87         | 3,6 Kč         | 7 208,5 Kč          | - Kč               | 7 208,5 Kč          | 3 421,48 Kč          | -46011,85957       |
| 20   | 2018,4           | 0,87         | 3,6 Kč         | 7 280,6 Kč          | - Kč               | 7 280,6 Kč          | 3 322,78 Kč          | -42689,08064       |
| 21   | 2018,4           | 0,87         | 3,6 Kč         | 7 353,4 Kč          | - Kč               | 7 353,4 Kč          | 3 226,93 Kč          | -39462,15109       |
| 22   | 1995,2           | 0,86         | 3,7 Kč         | 7 341,6 Kč          | - Kč               | 7 341,6 Kč          | 3 097,82 Kč          | -36364,32726       |
| 23   | 1995,2           | 0,86         | 3,7 Kč         | 7 415,0 Kč          | - Kč               | 7 415,0 Kč          | 3 008,46 Kč          | -33355,86373       |
| 24   | 1972             | 0,85         | 3,8 Kč         | 7 402,1 Kč          | - Kč               | 7 402,1 Kč          | 2 887,71 Kč          | -30468,15584       |
| 25   | 1972             | 0,85         | 3,8 Kč         | 7 476,1 Kč          | - Kč               | 7 476,1 Kč          | 2 804,41 Kč          | -27663,74721       |

|                    |         |
|--------------------|---------|
| Cena kWh [Kč]      | 2,99 Kč |
| Diskont [%]        | 4%      |
| Růst elektřiny [%] | 101%    |
| Výroba FVE [kWh]   | 2320    |

| Výpočet čisté současné hodnoty pro balkónní variantu bez DPH |                  |              |                |                     |                    |                     |                      |                    |
|--|------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 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                | 117 509,26 Kč      | - 117 509,26 Kč     | - 117 509,26 Kč      | -117509,26         |
| 1  | 2320             | 1            | 3,0 Kč         | 6 927,0 Kč          | - Kč               | 6 927,0 Kč          | 6 660,54 Kč          | -110848,7185       |
| 2  | 2320             | 1            | 3,0 Kč         | 6 996,2 Kč          | - Kč               | 6 996,2 Kč          | 6 468,41 Kč          | -104380,3079       |
| 3  | 2296,8           | 0,99         | 3,0 Kč         | 6 995,5 Kč          | - Kč               | 6 995,5 Kč          | 6 219,00 Kč          | -98161,30438       |
| 4  | 2273,6           | 0,98         | 3,1 Kč         | 6 994,1 Kč          | - Kč               | 6 994,1 Kč          | 5 978,60 Kč          | -92182,70132       |
| 5  | 2250,4           | 0,97         | 3,1 Kč         | 6 992,0 Kč          | - Kč               | 6 992,0 Kč          | 5 746,90 Kč          | -86435,80432       |
| 6  | 2227,2           | 0,96         | 3,1 Kč         | 6 989,1 Kč          | - Kč               | 6 989,1 Kč          | 5 523,58 Kč          | -80912,22053       |
| 7  | 2204             | 0,95         | 3,2 Kč         | 6 985,5 Kč          | - Kč               | 6 985,5 Kč          | 5 308,37 Kč          | -75603,84848       |
| 8  | 2180,8           | 0,94         | 3,2 Kč         | 6 981,0 Kč          | - Kč               | 6 981,0 Kč          | 5 100,98 Kč          | -70502,8683        |
| 9  | 2157,6           | 0,93         | 3,2 Kč         | 6 975,8 Kč          | - Kč               | 6 975,8 Kč          | 4 901,14 Kč          | -65601,73217       |
| 10   | 2134,4           | 0,92         | 3,3 Kč         | 6 969,8 Kč          | - Kč               | 6 969,8 Kč          | 4 708,58 Kč          | -60893,15515       |
| 11   | 2111,2           | 0,91         | 3,3 Kč         | 6 963,0 Kč          | - Kč               | 6 963,0 Kč          | 4 523,05 Kč          | -56370,1063        |
| 12   | 2088             | 0,9          | 3,3 Kč         | 6 955,4 Kč          | 4 282,0 Kč         | 2 673,4 Kč          | 1 669,78 Kč          | -54700,32465       |
| 13   | 2088             | 0,9          | 3,4 Kč         | 7 024,9 Kč          | - Kč               | 7 024,9 Kč          | 4 218,99 Kč          | -50481,33495       |
| 14   | 2088             | 0,9          | 3,4 Kč         | 7 095,2 Kč          | - Kč               | 7 095,2 Kč          | 4 097,29 Kč          | -46384,04689       |
| 15   | 2064,8           | 0,89         | 3,4 Kč         | 7 086,5 Kč          | - Kč               | 7 086,5 Kč          | 3 934,88 Kč          | -42449,16201       |
| 16   | 2064,8           | 0,89         | 3,5 Kč         | 7 157,4 Kč          | - Kč               | 7 157,4 Kč          | 3 821,38 Kč          | -38627,78343       |
| 17   | 2041,6           | 0,88         | 3,5 Kč         | 7 147,7 Kč          | - Kč               | 7 147,7 Kč          | 3 669,45 Kč          | -34958,3352        |
| 18   | 2041,6           | 0,88         | 3,5 Kč         | 7 219,2 Kč          | - Kč               | 7 219,2 Kč          | 3 563,60 Kč          | -31394,73644       |
| 19   | 2018,4           | 0,87         | 3,6 Kč         | 7 208,5 Kč          | - Kč               | 7 208,5 Kč          | 3 421,48 Kč          | -27973,26109       |
| 20   | 2018,4           | 0,87         | 3,6 Kč         | 7 280,6 Kč          | - Kč               | 7 280,6 Kč          | 3 322,78 Kč          | -24650,48216       |
| 21   | 2018,4           | 0,87         | 3,6 Kč         | 7 353,4 Kč          | - Kč               | 7 353,4 Kč          | 3 226,93 Kč          | -21423,55261       |
| 22   | 1995,2           | 0,86         | 3,7 Kč         | 7 341,6 Kč          | - Kč               | 7 341,6 Kč          | 3 097,82 Kč          | -18325,72878       |
| 23   | 1995,2           | 0,86         | 3,7 Kč         | 7 415,0 Kč          | - Kč               | 7 415,0 Kč          | 3 008,46 Kč          | -15317,26525       |
| 24   | 1972             | 0,85         | 3,8 Kč         | 7 402,1 Kč          | - Kč               | 7 402,1 Kč          | 2 887,71 Kč          | -12429,55736       |
| 25   | 1972             | 0,85         | 3,8 Kč         | 7 476,1 Kč          | - Kč               | 7 476,1 Kč          | 2 804,41 Kč          | -9625,14873        |

|                    |         |
|--------------------|---------|
| Cena kWh [Kč]      | 2,99 Kč |
| Diskont [%]        | 4%      |
| Růst elektřiny [%] | 101%    |
| Výroba FVE [kWh]   | 2320    |



