

**České vysoké učení technické v Praze**

Fakulta strojní

Ústav energetiky



## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**NÁVRH ZÁSOBOVÁNÍ ENERGETICKY NEZÁVISLÉ  
DOMÁCNOSTI ELEKTŘINOU**

**DESIGN OF ELECTRICITY SUPPLY FOR AN ENERGY-INDEPENDENT  
HOUSEHOLD**

**Autor: Bc. Gabriela Hůlová**

**Studijní program: Energetika**

**Vedoucí práce: Doc.Ing. Tomáš Dlouhý CSc.**

**Konzultant: Ing. Martin Neužil Ph.D.**

**Praha 2021**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hůlová** Jméno: **Gabriela** Osobní číslo: **466474**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav energetiky**  
Studijní program: **Energetika a procesní inženýrství**  
Specializace: **Energetika**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Návrh zásobování energeticky nezávislé domácnosti elektřinou**

Název diplomové práce anglicky:

**Design of electricity supply for an energy-independent household**

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte způsob zásobování energeticky nezávislé domácnosti elektřinou z vlastní výroby pomocí FV panelů a elektrocentrály se spalovacím motorem

Díleč cíle:

1. Zpracujte rešerši řešení malých FV elektráren montovaných na střechy domů s bateriovým uložištěm včetně dostupných investičních a provozních podpor a rešerši elektrocentrál vhodných pro dlouhodobější provoz včetně provozních nákladů.
2. Pro zvolenou lokalitu vyhodnoťte výrobní potenciál malé FV elektrárny
3. Vyhodnoťte spotřebu elektřiny energeticky nezávislé domácnosti na denní resp. týdenní bázi
4. Ve více variantách navrhněte kapacitní dimenzování jednotlivých zdrojů pro úplné pokrytí potřeby elektřiny – zpracujte roční provozní modely variant
5. Proveďte ekonomické posouzení variant včetně citlivostní analýzy a doporučte nejvhodnější řešení

Seznam doporučené literatury:

webové zdroje

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**doc. Ing. Tomáš Dlouhý, CSc., ústav energetiky FS**

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

**Ing. Martin Neužil, Ph.D., ústav energetiky FS**

Datum zadání diplomové práce: **20.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **04.06.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **31.12.2022**

doc. Ing. Tomáš Dlouhý, CSc.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovávala samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu zdrojů.

**V Praze:** .....

.....

**Podpis**

## Anotační list

<b>Jméno autora:</b>	Bc.Gabriela Hůlová
<b>Název DP:</b>	Návrh zásobování energetické nezávislé domácnosti elektřinou
<b>Anglický název:</b>	Design of Electricity Supply for an Energy-Independent Household
<b>Akademický rok:</b>	2020/2021
<b>Ústav/Obor:</b>	Ústav energetiky/Energetika
<b>Vedoucí DP:</b>	Ing. Tomáš Dlouhý, CSc.
<b>Konzultant:</b>	Ing. Martin Neužil, Ph.D.
<b>Bibliografické údaje:</b>	Počet stran: 76 Počet obrázků: 20 Počet tabulek: 13 Počet grafů: 10 Počet příloh: 7
<b>Klíčová slova:</b>	Fotovoltaika, baterie, elektrocentrála, spotřeba elektřiny, investice, náklady, úspora, LCOE
<b>Keywords:</b>	Photovoltaics, batteries, electricity consumption, power generator, investment, costs, LCOE, savings
<b>Anotace:</b>	Tato práce pojednává o návrhu zásobování energeticky nezávislé domácnosti a o různých variantách návrhu. Fotovoltaické panely vyrábí energii, která je následně pomocí regulátoru nabíjení použita k nabití akumulátorových baterií, kde se uloží na pozdější potřebu. Nebo je rovnou použita k zásobování domácnosti elektřinou. V případech nedostatku energie a vybití baterií je do systému zahrnut záložní zdroj energie – elektrocentrála. Pro zvolení správné varianty je provedena citlivostní analýza z hlediska investičních a provozních nákladů.
<b>Abstract:</b>	This report is about designing an electricity independent off-grid household. Solar panels produce electricity which can be directly used in household or can be used by a solar regulator for loading batteries. Those are used in times when panels do not generate enough electricity to supply household. After batteries discharged the off-grid system needs to have a backup in form of power generator. To choose the right option for this system, the sensitivity analysis is done.

## Anotace

Tato práce pojednává o návrhu zásobování energeticky nezávislé domácnosti a o různých variantách návrhu. Fotovoltaické panely vyrábí energii, která je následně pomocí regulátoru nabíjení použita k nabití akumulátorových baterií, kde se uloží na pozdější potřebu. Nebo je rovnou použita k zásobování domácnosti elektřinou. V případech nedostatku energie a vybití baterií je do systému zahrnut záložní zdroj energie – elektrocentrála. Pro zvolení správné varianty je provedena citlivostní analýza z hlediska investičních a provozních nákladů.

## Klíčová slova

Fotovoltaika, baterie, elektrocentrála, spotřeba elektřiny, investice, náklady, úspora, LCOE

## Annotation

This report is about designing an electricity independent off-grid household. Solar panels produce electricity which can be directly used in household or can be used by a solar regulator for loading batteries. Those are used in times when panels do not generate enough electricity to supply household. After batteries discharged the off-grid system needs to have a backup in form of power generator. To choose the right option for this system, the sensitivity analysis is done.

## Keywords

Photovoltaics, batteries, electricity consumption, power generator, investment, costs, LCOE, savings

## Poděkování

Děkuji vedoucím práce Doc. Ing. Tomáši Dlouhému, CSc. a Ing. Martinu Neužilovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, za jejich odbornou a pedagogickou pomoc při zpracování a další cenné rady, které mi byly v průběhu předány. Dále bych ráda poděkovala své rodině a svým nejbližším, kteří mě po celou dobu studia a vypracovávání této práce podporovali a zahrnovali optimismem, díky němuž jsem přestála i ty nejčernější dny.

V Praze dne ....

.....

Podpis autora

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Fotovoltaické panely</b>	<b>11</b>
2.1	Princip	11
2.2	Druhy fotovoltaických panelů	12
2.3	Limitující faktory	13
2.4	Umístění a instalace	14
2.5	Nová Zelená Úsporám	16
<b>3</b>	<b>Ostrovní fotovoltaický systém – Off-grid</b>	<b>17</b>
3.1	Složení ostrovního solárního systému	19
3.2	Autonomní systémy s přímým napájením	20
3.3	Autonomní systém se stejnosměrným proudem	20
3.4	Autonomní systém s DC a AC	21
3.5	Autonomní systém se střídavým proudem	21
3.6	Autonomní systém s kombinací větru a solárních panelů	22
3.7	Autonomní systém se záložním zdrojem energie	22
<b>4</b>	<b>Akumulátorové baterie</b>	<b>23</b>
4.1	Olověné baterie	23
4.2	Lithium-iontové baterie	25
4.3	Spojování a řazení článků	26
<b>5</b>	<b>Solární regulátor</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Aditivní zásobování energií</b>	<b>29</b>
6.1	Motor generátor	29
6.1.1	Princip činnosti	29
6.2	Elektrocentrála	31
6.3	Typy elektrocentrál	32
<b>7</b>	<b>Návrh ostrovního systému</b>	<b>33</b>
7.1	Analýza prostředí	33
7.2	Výpočet fotovoltaických panelů	35
7.3	Spotřeba domácnosti	37
7.4	Návrh variant	39
7.5	Výpočet akumulátorů	40
7.6	Volba elektrocentrály	42
<b>8</b>	<b>Ekonomické vyhodnocení</b>	<b>45</b>
8.1	Náklady na fotovoltaiku	45
8.2	Náklady na akumulátory	46
8.3	Náklady na elektrocentrálu	46
8.4	Celkové investiční náklady	47
8.5	Levelised cost of energy	47
8.6	Cena elektřiny ze sítě	50
8.7	Citlivostní analýza v rámci proměnných nákladů	50
8.8	Zhodnocení	53
<b>9</b>	<b>Závěr</b>	<b>54</b>



<b>10</b>	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>56</b>
<b>11</b>	<b>Seznamy .....</b>	<b>58</b>
11.1	Seznam tabulek .....	58
11.2	Seznam obrázky .....	58
11.3	Seznam grafů .....	59
<b>12</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>60</b>
12.1	Příloha 1- Produktový list solárního panelu .....	60
12.2	Příloha 2 - Hodnoty pro 10 kWp .....	61
12.3	Příloha 3 - Hodnoty pro 7 kWp .....	66
12.4	Příloha 4 - Hodnoty pro 5 kWp .....	71
12.5	Příloha 5 - porovnání naměřených a spočtených dat .....	75
12.6	Příloha 6 - Investiční náklady .....	76
12.7	Příloha 7 - Výše investice při rozdílu $\pm 30\%$ .....	76

# 1 Úvod

V současné době globálního oteplování a cílů Evropské Unie udržet růst teploty pod 2 °C, respektive 1,5 °C, je kladen důraz na snižování skleníkových plynů a s tím spojenou decentralizací. Což je podmíněno změnou myšlení ohledně elektřiny a její výroby. Jednou z možností, jak podpořit decentralizaci, je návrh autonomního systému. Ten může být použit nejen jako podpora decentralizace, ale i v případech, kde není snadné nebo je dokonce nemožné se připojit na elektrickou síť.

Tato práce se zabývá návrhem způsobu nezávislého zásobování rodinného domu elektřinou, tedy návrhem ostrovního systému. Má čtenáře seznámit s problematikou malých fotovoltaických elektráren do 10 kWp a jejich komponenty, které jsou nezbytnou součástí autonomního systému. Dále má ukázat na možnosti ve výběru elektrocentrály a vhodných akumulčních baterií.

Samotný návrh pak spočívá v návrhu fotovoltaické elektrárny, kde je spočítán hodinový výkon panelů a následně porovnán s reálnou fotovoltaickou elektrárnou ve stejné lokalitě. Dále na spotřebu energie tříčlenné domácnosti, která je řešena na denní, respektive týdenní bázi, k čemuž se navrhnout akumulční baterie s potřebnou elektrocentrálou na zimní měsíce.

Velkou roli v ostrovních systémech hrají také finance a možná podpora od státu. V předposlední části se práce zaměří na ekonomické zhodnocení jednotlivých variant, které byly stanoveny podle rešerše. Dále se pomocí LCOE, tj. Levelized cost of energy, zjistí cena jedné kWh pro danou variantu a provede se citlivostní analýza. Varianty se mezi sebou porovnají a následně se srovnají i s aktuální, posléze diskontovanou cenou elektřiny, kam se ale nebude započítávat cena vybudování přípojky, která by v mnoha případech významně zasáhla do ceny energie ze sítě. Celý systém je navrhován v závislosti na životnosti panelů, která je garantovaná výrobcem na 20 let.

Výsledné zhodnocení se provede v závěru, kde se objasní volba varianty zvolené pro tento model. Dále se v závěru odpoví stanovené cíle, zda byly dodrženy a došlo ke splnění požadavků této práce.

## 2 Fotovoltaické panely

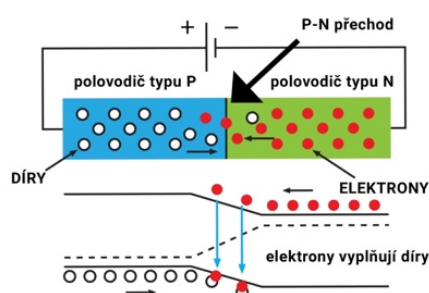
Fotovoltaické panely přeměňují sluneční energii na elektřinu. Pomocí fotoelektrického jevu, kdy materiál absorbuje fotony světla a uvolňuje elektrony, dochází k zachycení volných elektronů a výsledkem je elektrický proud, tedy elektřina. Fotoelektrický jev poprvé zmínil Edmund Bequerel v roce 1839, později ho popsal Albert Einstein, který za něj v roce obdržel Nobelovu cenu za fyziku.

První fotovoltaický model byl postaven v roce 1954 spíše pro zajímavost, jelikož jeho použití bylo příliš drahé. V 60. letech 20. století se začaly fotovoltaické panely používat ve vesmírném průmyslu, kdy sloužily jako zdroj na vesmírných lodích. Pomocí vesmírného výzkumu byla technologie rozvíjena a pomalu používána i v jiných odvětvích.

V České republice byla první solární elektrárna instalována v roce 1998 v Dukovanech. Aktuálně největší česká solární elektrárna je komplex Ralsko se svým výkonem téměř 60 MW. Zatímco největší evropská fotovoltaická elektrárna instalovaná ve Španělsku má instalovaný špičkový výkon 500 MWp. [21] Nicméně toto prvenství nebude trvat dlouho vzhledem k plánovaným projektů Evropské unie.

### 2.1 Princip

Fotovoltaický panel je složen z několika fotovoltaických článků, jejichž základem je polovodičová dioda, která obsahuje polovodiče typu P – anoda a polovodiče typu N – katoda. Toto rozhraní se nazývá P-N přechod (obrázek 1), který propouští elektrický proud pouze jedním směrem. Ve vrstvě typu N se nachází nadbytek elektronů, zatímco ve vrstvě P je tomu naopak. Pomocí vnitřního fotoelektrického jevu, při němž se z krystalové mřížky obou vrstev uvolňují elektrony, které se nahromadí ve vrstvě N a mezi vrstvami tak vzniká elektrické napětí o výši 0,5-0,6 V. Pokud se jednotlivé články zapojí sériově, dojde k navýšení na požadované napětí, zatímco při paralelním zapojení dojde ke zvýšení proudu. Proto se v praxi používá sério-paralelní zapojení. [4]



Obr. 1 Princip fotovoltaického panelu [1]

K uvolnění elektronu z krystalové mřížky dojde v případě, že dopadající foton má minimální energii potřebnou k překonání zakázaného pásu, což u křemíku činí 1,12 eV. Tato energie odpovídá infračervenému záření o vlnové délce přibližně 1 105 nm. Záření s kratší vlnovou délkou má dostatek energie, tudíž dopadající fotony způsobí vznik elektronu a díry společně se zbylou energií se přemění na nechtěné teplo. Fotony s větší vlnovou délkou křemíkem projdou a nejsou v něm absorbovány. Teoreticky se může využít maximálně 50 % energie dopadajícího světelného záření, nicméně v praxi se dosahuje hodnot kolem 25 %.

## 2.2 Druhy fotovoltaických panelů

V současnosti na trhu najdeme několik druhů fotovoltaických panelů. Většina panelů je na bázi křemíku a jeho různých variací. Křemík je vodivý a odolný prvek, který se snadno těží, zpracovává a má široké využití. Panely mohou nabývat různých tvarů ve formě tašek, panelů, folií atd..

Křemíkový krystalický panel se skládá z polovodičové vrstvy tenčí než 1 mm, co je uložena pod ochranným sklem a je zabezpečena laminační folií. Horní sklo panelu má často i antireflexní vrstvu, která snižuje množství odraženého světla od křemíku. Sklo může být nahrazeno plastem, ale ten musí vydržet průsvitný a musí propouštět dostatečně velkou část světelného spektra. Sklo má sice větší hmotnost, ale jeho vlastnosti jsou lepší. Křemíkový panel se dělí na monokrystalický a polykrystalický. [5]

Monokrystalický panel je jedním z panelů s nejvyšší účinností okolo 20 %, proto představuje tu nejdražší variantu. Jak již bylo zmíněno dříve, panely jsou vyrobeny z křemíku, zformovaného do tyčí a rozřezaného na destičky. Díky tomu mají elektrony, které generují tok elektřiny, více prostoru k pohybu. Obvykle mají černý odstín a také vydrží déle ve srovnání s polykrystalickými. [1,5]

V polykrystalickém panelu je křemík nanášen kontinuálním způsobem na základní materiál, který poskytuje jemnozrnný a jiskřivý vzhled modré barvy. Stejně jako všechny krystalické panely je zapouzdřen v průhledném izolačním polymeru s krytem z tvrzeného skla a poté spojen do modulu s kovovým rámem. Jsou levnější než monokrystalické, což je způsobeno nižší účinností. Příčinou snížené účinnosti je omezený pohyb elektronů, což způsobuje roztavení několika fragmentů křemíku dohromady, tudíž je v každé buňce panelu mnoho krystalů a elektrony se nemohou tolik pohybovat. [1]

Dalším typem jsou amorfní křemíkové fotovoltaické panely. Protože amorfní křemík absorbuje světlo účinněji než krystalický křemík, mohou být články tenčí –tzv.

tenko-vrstevní panely. Amorfni křemík lze nanášet na širokou škálu podkladů, tuhých i pružných, což je ideální pro zakřivené povrchy nebo lepení přímo na střešní materiály. Tato technologie je však méně účinná než u krystalického křemíku s typickou účinností kolem 6 %, ale její výroba je snazší a levnější. Pokud není omezen prostor na střeše, mohou tvořit tu správnou volbu.

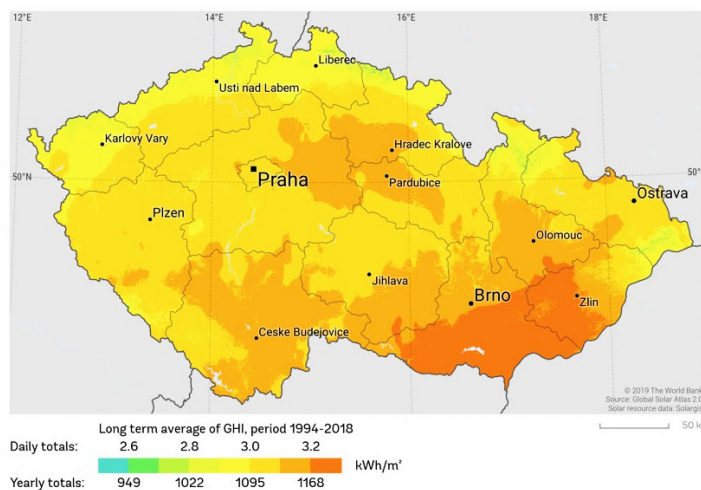
V současné době jsou ve vývoji i organické fotovoltaické panely. Tento projekt vznikl v Izraeli, za použití technologie geneticky upravené bílkoviny a nanotechnologie. Výzkum dosáhl 13% účinnosti, tisku na pružné podklady a nulový obsah toxických prvků. Velkou roli zde ale hraje cena. Cílem projektu je dosažení ceny 1 dolaru na metr čtvereční. Tyto panely se zatím stále vyvíjí, ale mají slibnou budoucnost. [1]

Solární panel dosáhne maximální účinnosti, když na něj sluneční paprsek dopadne kolmo, nicméně tento faktor je velmi těžké udržet. Mezi limitující faktory patří:

- Rotace Země
- Roční období
- Typu střechy či jiného druhu umístění.

### 2.3 Limitující faktory

Důležitým faktorem, který ovlivňuje účinnost fotovoltaického panelu je dopadající sluneční záření. Sluneční záření nemění svou formu při cestě od Slunce, nicméně ztrácí svou intenzitu. Na povrchu zemské atmosféry je zářivý tok, který dopadá kolmo na jednotkovou plochu a nabývá výkonu přibližně 1,4 kW. Měrný tok energie 1,4 kW/m<sup>2</sup> se nazývá jako tzv. solární konstanta ( $I_0$ ), která charakterizuje intenzitu přímého slunečního záření na jednotkovou plochu. Její průměrná hodnota byla stanovena na 1 360 W/m<sup>2</sup>.



Obr. 2 Globální záření v České republice [21]

Veškeré sluneční záření dopadající na zemský povrch se nazývá globální záření. Zatímco přímé záření, je pouze to záření, které dopadá na zemský povrch přímo, aniž by došlo ke změně jeho směru. Naopak záření difúzní vzniká rozptylem přímého slunečního záření v atmosféře. Často může vznikat při oblačnosti či odrazem od zemského povrchu. Oproti přímému slunečnímu záření může na povrch Země dopadat ze všech směrů. Při velké oblačnosti dopadá na zemský povrch pouze záření difúzní. V tab. 1 jsou popsány typické hodnoty intenzit globálního záření.

Tabulka 1 Hodnoty intenzit globálního záření [25]

Oblačnost	Intenzita záření [W/m <sup>2</sup> ]	Difúzní podíl [%]
Jasná obloha	800 – 1000	10
Mírná oblačnost	600 – 900	Až 50
Oblačný podzimní den	100 – 300	100
Pochmurný zimní den	50	100
<b>Roční průměr</b>	<b>600</b>	<b>50 – 60</b>

Dalším limitujícím faktorem fotovoltaických panelů je teplota, která ovlivňuje účinnost kvůli vnitřním charakteristikám polovodičových materiálů. Pokud dojde k poklesu teploty, účinnost stoupá. Stejně tak má na účinnost instalace panelů.

Teplota je charakterizována pomocí výkonového teplotního koeficientu (The power temperature coefficient), což je množství výkonové ztráty při vzrůstu teploty článku. Všechny solární články a panely jsou hodnoceny při standartních testovacích podmínkách (STC), tj. 25°C a postupného snižování výkonu za zvyšování teploty článku. Obecně lze říci, že teplota je o 20 – 35°C vyšší než je teplota okolního vzduchu, z čehož plyne, že pokles výkonu je zhruba o 8-14%. Výkonový teplotní koeficient (VTK) pro jednotlivé technologie je následující:

- Polykrystalické články – 0,4 až 0,43 %/°C
- Monokrystalické články – 0,35 – 0,40 %/°C
- Monokrystalické IBC (Interdigitated Back Contact Cells) – 0,29 – 0,31 %/°C
- Monokrystalické HJT (Heterojunction cells) – 0,25 - 0,27 %/°C [24]

Čím nižší je hodnota VTK, tím vyšší má panel účinnost.

## 2.4 Umístění a instalace

Solární panely jsou většinou umístěny na fixní pozici spočítanou pro letní sezonu, kdy mají dopadající paprsky největší sílu. Existují i panely nastavitelné nebo solární

panely, které se otáčejí podle dopadajících slunečních paprsků tak, aby zajistily nejvyšší možnou účinnost. Tento typ panelů ale postrádá hlavní výhodu, kterou je faktor nulové údržby. Ideální úhel pro absorpci maximálního slunečního záření v českém prostředí je 35° s orientací na jih, se ztrátami okolo 5° se panely mohou nainstalovat i v rozpětí 20° do 55°.

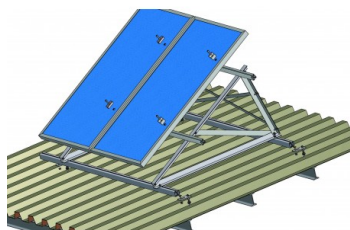
Přestože jsou panely namontovány na těžko přístupných místech, jejich základní kontrola funkčnosti je jednoduchá. Stačí nasměrovat infračervenou kameru na panely a ta ukáže, zda je nějaký problém. Solární panel vyrábějící elektřinu má nižší teplotu než nepracující, jelikož odebírá energii ve formě elektřiny. [6]

Solární panely lze instalovat téměř na jakoukoli střešní konstrukci. Obecně je můžeme rozdělit na dva typy – ploché a šikmé střechy.

Pokud se fotovoltaika instaluje na šikmou střechu, jedná se ve většině případů o konstrukci střechy tvořenou klasickým dřevěným krovem. Tyto instalace jsou považovány za nejjednodušší. Panely se uchycují do podélných nosníků, profilů, které jsou zároveň pozinkované ocelové nebo hliníkové a jsou pomocí tvarovaných háků kotvené přímo do krokví. Většina výrobců má své speciálně tvarované háky přímo pro konkrétní typ střešní tašky. Další možností kotvení je do laťování nebo do podbití střešní krytiny. V místě, kde hák prochází pod tašku, se musí seříznout tak, aby neporušil rovinnost střechy a tím nezpůsobil zatékání nebo podfuk tašek. To ve výsledku dá plochu solárních panelů tvořících samostatnou rovinu většinou okolo 40-70 mm nad rovinou střešní krytiny. Montáž neskrývá žádné složitosti, proto ji zvládne i průměrně vybavený řemeslník. Většina systémů je postavena tak, aby po dosloužení fotovoltaiky bylo možno střechu uvést zpět do původního stavu. [6]

V případě instalace panelů na plochou střechu je z hlediska instalace fotovoltaiky nejvhodnější. Pokud je jako střešní krytina použitý materiál, jako je např. ocelový plech různých profilů, hliníkový KOB plech atd, postup montáže se neliší od postupu na šikmých střechách. Rozdíl spočívá v konstrukci systému uchycení panelů v části nad rovinou střechy, umožňující solárním panelům zajištění optimálního sklonu vůči slunci, tj. většinou 35°. Změna nastane při použití krytin z různých modifikovaných asfaltových pásů nebo nejrůznějších druhů fólií. V tomto případě je hlavní zachovat celistvost krytiny, tedy neprostupovat střešní krytinou. Nejlepší řešením se jeví použití tzv. prefabrikovaných vaniček, určených pro daný fotovoltaický panel, který se pod správným úhlem přitíží na střešní plášť. Tyto vaničky jsou vyplněny různými materiály, šterkem, betonem, a tím vyhoví i statickým požadavkům. Na druhou stranu tyto vaničky jsou ne vždy kompatibilní

s použitým typem panelu. Proto se v současnosti používají celo zavětrované systémy, které si lze představit jako fotovoltaický panel ze všech stran zakrytý prvky tvořící celo zavětrované řešení. Při použití tohoto řešení se musí navrhnout vodící lišty na střešní krytině tak, aby výsledná konstrukce vyhověla statickým požadavkům budovy. Výhodou těchto systémů je stoprocentní demontovatelnost po případném skončení provozu elektrárny. [7]



Obrázek 1 Montáž panelu na ploché střeše [8]

## 2.5 Nová Zelená Úsporám

Nárok na dotaci na fotovoltaickou elektrárnu má každý vlastník objektu, který není využíván jako rekreační objekt. Za rodinný dům, či stavbu, na níž může být získána dotace se považuje taková budova, co:

- má více než 50 % plochy určené k trvalému pobytu;
- obsahuje maximálně 3 samostatné bytové jednotky;
- má nejvýše 2 nadzemní a 1 podzemní podlaží a podkroví. [10,11]

Za rodinný dům jsou dle Nové zelené úsporám považovány i stavby pro bydlení, kde jsou maximálně 3 samostatné byty, a obytná část zemědělské usedlosti, která spadá pod definici pro byt. Naopak se za rodinný dům nepovažují budovy, mající z poloviny nebo větší část podlahové plochy využívanou v rozporu s účelem tzv. trvalého rodinného bydlení (hotely, kanceláře, penziony, rekreační objekty). [10]

Podlahovou plochou je zde myšlena celková vnitřní podlahová plocha všech podlaží budovy, která je vymezena vnitřním lícem konstrukcí tvořících vlastní obálku budovy. Dále se za rodinný dům nepovažují stavby, které nemají pevný základ, popř. stavby dočasné či výrobky plnící funkci stavby. [10]

Podmínky pro dotaci na fotovoltaickou elektrárnu na rodinný dům jsou jasně vymezeny. Většina z nich se ale netýká případu c.3.3., kdy je fotovoltaický systém pro



přípravu s přímým ohřevem, který má jiné podmínky a parametry pro získání dotace. Podle Nové zelené úsporám jsou podmínky pro rodinný dům následující:

- minimální účinnost panelů monokrystalických i polykrystalických článků je 15 %;
- minimální účinnost panelů z tenkovrstevních amorfních článků je 10 %;
- maximální instalovaný výkon nesmí přesáhnout 10 kWp;
- nejméně 70% vyrobené elektřiny se využije pro potřebu domácnosti;
- fotovoltaický systém musí být připojený na distribuční soustavu s výjimkou podoblasti C.3.3., kdy je fotovoltaika nastavena pro ostrovní režim. [9]

V podoblasti C.3.3. kdy je fotovoltaika součástí ostrovní režimu platí výše uvedené podmínky společně s dalšími:

- umožnění dotace pro systémy s přímým systémem ohřevu teplé vody;
- daný FV systém musí obsahovat technologii účinnou pro optimalizaci systému v souvislosti se zátěží;
- instalovaný systém nesmí být propojen s distribuční soustavou;
- nemovitost, na níž je instalovaný systém, musí být uvedena na katastru nemovitostí. [9]

Další nezbytnou podmínkou je splnění požadavků uvedených v tab.2. Výše dotační podpory při splnění podmínek z podoblasti C.3.3. kdy se jedná o fotovoltaický systém s přímým ohřevem splňující požadavky v tab. 2, činí až 35 000 Kč. [9]

Tabulka 2 Požadované parametry [9]

POTŘEBNÝ PARAMETR	OZNAČENÍ [JEDNOTKY]	C.3.3.
Minimální pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody	[%]	50
Minimální měrný objem akumulčního zásobníku vztahený k instalovanému výkonu solárního systému	[l.kWp <sup>-1</sup> ]	≥ 80

### 3 Ostrovní fotovoltaický systém – Off-grid

Ostrovní fotovoltaický systém je charakterizován tím, že není připojen do sítě. Používá se v případech, kde je vybudování elektrické přípojky příliš složité nebo se finančně nevyplatí. Proto jsou off-grid systémy vhodné pro stavby na odlehlých místech,

nebo tam kde je vzdálenost k energetické přípojce větší než 500 m. Mezi malinké ostrovní fotovoltaické systémy patří například solární lampy, dopravní značky či směrové sloupy. Důležitým předpokladem při ostrovním energetickém zásobování je použití elektřiny jako jediné zdroje energie, tzn. vytápění i ohřev vody musí být na elektřinu.

Výkony autonomních systémů se nachází v rozmezí 10 až 10 000 wattů špičkového výkonu. Pokud by byl špičkový výkon větší jak 10 000 wattů, jednalo by se už o elektrárnu a provozovatel by musel mít licenci k provozu. Podle Energetického zákona ČR, v celém znění zákona o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. Kde paragraf 3 (§ 3) s názvem Podnikání v energetických odvětvích odstavec 3 říká: „*Podnikat v energetických odvětvích na území České republiky mohou za podmínek stanovených tímto zákonem osoby na základě licence udělené Energetickým regulačním úřadem. Licence se dále vyžaduje na výrobu elektřiny ve výrobnách elektřiny s instalovaným výkonem nad 10 kW určené pro vlastní spotřebu zákazníka, pokud je výrobní elektřina propojena s přenosovou soustavou nebo s distribuční soustavou, nebo na výrobu elektřiny vyrobenou ve výrobnách elektřiny s instalovaným výkonem 10 kW včetně, určené pro vlastní spotřebu zákazníka, pokud je ve stejném odběrném místě připojena jiná výrobní elektřina držitele licence.*“ [23]

Systémové napětí ostrovního systému je určeno napětím baterie nebo sestavy baterií. Obvyklá standardní napětí jsou 12 V, 24 V a 48 V. Požadovaného napětí se dosáhne odpovídajícím zapojením jednotlivých bateriových článků. Celkové systémové napětí by mělo odpovídat zejména regulátoru dobíjení a spotřebičům, které jsou na regulátor zapojeny. [14]

Na systémovém napětí ostrovního systému jsou závislé nabíjecí a vybíjecí proudy akumulčních baterií. Tudíž čímž větší ostrovní systém, tím vyšší by mělo být systémové napětí soustavy. U malých ostrovních systémů postačí napětí 12 V, u větších se volí 24 V či 48 V. Vyšší systémové napětí umožňuje nabíjet a vybíjet sestavu akumulátorů s nižším proudem. [14]

Nižší nabíjecí a vybíjecí proud způsobuje například menší nároky na jistící prvky. Pro přesnou volbu vhodného výkonu je potřeba znát denní spotřebu objektu, kde bude systém instalován – olovené baterie musí mít minimálně 2x větší kapacitu ve Wh než je denní spotřeba. Výběr systémového napětí musí být proveden ještě před pořízením jednotlivých součástí celé sestavy, protože některé komponenty jsou schopny pracovat pouze na určité napěťové hladině. Některé regulátory umožňují pracovat na dvou napěťových hladinách, obvykle 12 V a 24 V.

Další důležitou funkci v ostrovním systému má střídač, který je nadstavbou ostrovních systémů, pracujících se stejnosměrným proudem. Střídač umožní v ostrovním systému využít i klasické spotřebiče, pracující se střídavým proudem o napětí 230 V. Odlišnost střídačů je podle maximálního příkonů spotřebičů, které lze na střídač připojit, do kterého musí být napočítána rezerva pro případné zapojení dalších spotřebičů.

Ostrovní systém musí mít kromě fotovoltaických panelů i další zdroj energie, který bude budovu zásobovat v zimní období, nebo v době, kdy není dostatek energie ze slunce. Mezi nejčastější patří dieselové motorgenerátory, které mají široký výkonový rozsah, od 9,5 kVa až po 4000 kVa, nízké provozní náklady, dlouhou životnost a spolehlivost. V současné době je kladen důraz i na snížení emisí, proto jsou motorgenerátory nízko emisní. Další možnou variantou jsou ostrovní systémy bez elektrocentrály, kde je elektrocentrála nahrazena jiným řešením. Mezi tato řešení se řadí:

- Kondenzační peletový kotel s přidaným Stirlingovým motorem, kdy je Stirlingův motor poháněn teplem z kotle a je schopen dodávat až 1kW elektřiny.
- Systémy na vodíkové bázi, kdy se v letním období s přebytkem sluneční energie vyrábí elektrolýzou vodík, což umožní získání hybridní ostrovní elektrárny.
- Palivové články na metanol, který ale není úplně bez emisí, jeho jedinou emisí je CO<sub>2</sub>.

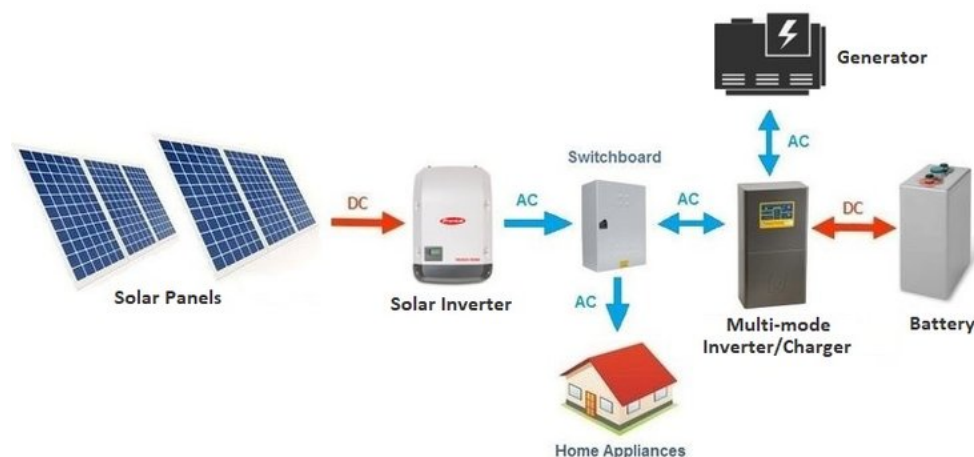
Nevýhodou těchto možností je vysoká pořizovací cena a v případě vodíku se jedná ještě o zcela nevyvinout technickou oblast, která se však bude v budoucnu těšit velkému zájmu, vzhledem k jednoduchosti procesu.

Ostrovní systémy se často používají v Austrálii, kde se oblíbě těší zejména autonomní „tinyhousy“, Francii, Itálii, v USA. Celkově ve světě je ostrovních systémů nainstalováno okolo 6,5 GW k roku 2017 [22], což je zhruba trojnásobek od roku 2008. Jedná se o autonomní systémy využívající obnovitelné zdroje energie jako jsou solární panely, větrné turbíny apod.

### 3.1 Složení ostrovního solárního systému

Ostrovní solární systém se skládá z 5 hlavních částí:

- akumulátorový střídač/nabíječ nebo multi-módový střídač;
- solární střídač (AC) nebo solární regulátory nabíjení (DC);
- bateriové úložiště;
- solární panely;
- motor-generátor.



Obr. 3 Základní rozložení off-grid systému [zdroj: 14]

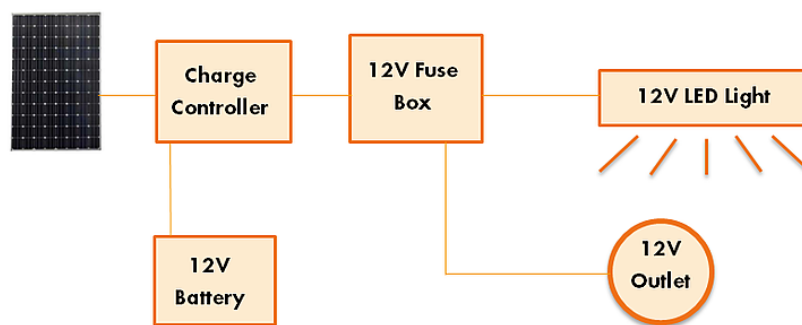
Off-grid systém je obvykle složen z AC nebo DC vázaných energetických zdrojů. AC vázané energetické zdroje zahrnují často solární měnič, větrnou turbínu nebo záložní generátor, zatímco stejnosměrné systémy převážně zahrnují solární regulátory nabíjení nebo mikro-hydrosystémy. Jestli se použije střídavý nebo stejnosměrný energetický zdroj se určuje podle velikosti systému. Malé systémy, většinou do 5 kW jsou stejnosměrného typu, zatímco větší off-grid systémy mohou být dvojitého druhu a jsou kompatibilní s různými solárními měniči nebo solárními regulátory nabíjení. Většina moderních multimódních měničů může být jako stejnosměrná či střídavá, což vytváří velmi bezpečný, flexibilní systém s různými možnostmi nabíjení. [14]

### 3.2 Autonomní systémy s přímým napájením

Nejjednodušším off-grid systémem je systém s přímým napájením. Realizují se tam, kde nevadí, že připojené elektrické spotřebiče jsou funkční jen v případě dostatečné výroby solárních panelů. Tudíž se jedná pouze o propojení solárního panelu a spotřebiče. Toto připojení se využívá u kalkulaček apod., hodinek apod. [23]

### 3.3 Autonomní systém se stejnosměrným proudem

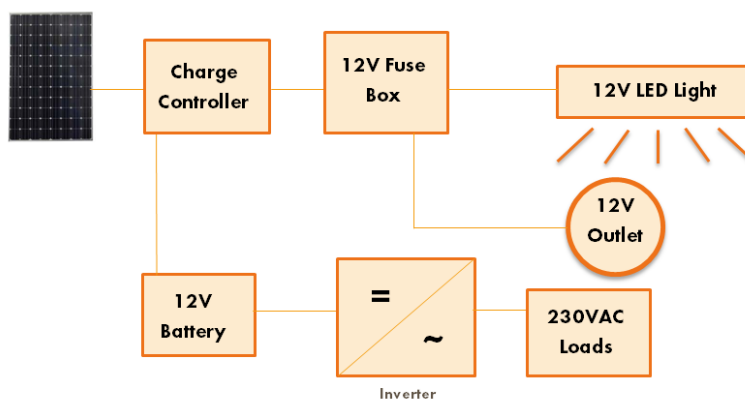
V případech, kde je potřeba napájet malý systém určený např. k napájení osvětlení či k napájení záření s nízkou spotřebou energie se využívá systém pouze se stejnosměrným proudem bez měniče. Solární panel napájí baterii a baterie poté dodává energii do zařízení. Typická napětí jsou 12 a 24 V a energetická kapacita se odvíjí od velikosti baterií. [23]



Obr. 4 Autonomní systém se DC [23]

### 3.4 Autonomní systém s DC a AC

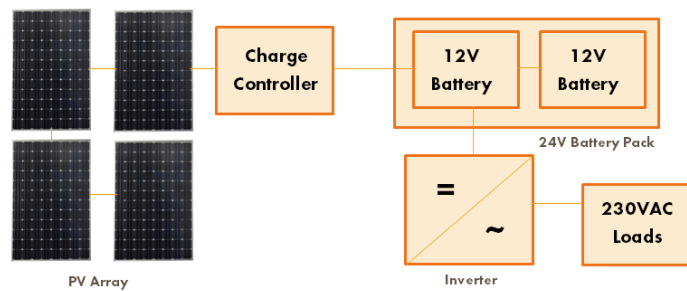
Hybridní systém využívající střídavý i stejnosměrný proud funguje na stejném principu jako autonomní systém s pouze stejnosměrným proudem, ale využívá i střídač na střídavý proud, který následně zásobuje 230V spotřebiče. Nevýhodou toho systému je, že nemá záložní zdroj energie, proto musí být špičkový výkon panelů vysoký, nebo musí mít systém nízkou spotřebu elektrické energie.



Obr. 5 Autonomní systém s AC a DC [23]

### 3.5 Autonomní systém se střídavým proudem

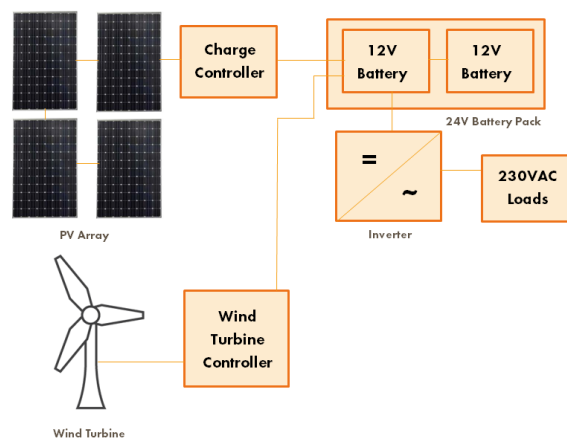
Systém pouze se střídavým proudem funguje na principu střídavého proudu využívajícího střídač k přeměně výkonu uloženého v bateriích na 230 V. K síti připojené domácnosti běží pouze na 230 V AC, tudíž zapojení tohoto systému pro off-grid domácnosti bude relativně levné a jednoduché, kvůli levným nákladům na kabely a různé komponenty. Opět se jedná o systém bez záložního zdroje energie, a proto musí být značně předimenzován na nejhorší možné podmínky.



Obr. 6 Autonomní systém s AC [23]

### 3.6 Autonomní systém s kombinací větru a solárních panelů

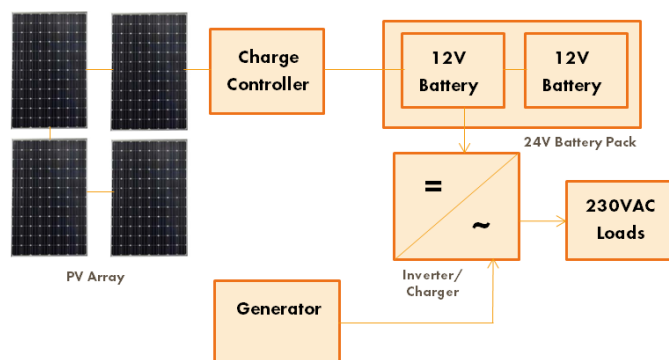
V zimním období je často nedostatek energie ze slunečního záření, proto v některých případech se instaluje další zdroj obnovitelné energie a tím je většinou větrná turbína. Ta nahrazuje fotovoltaické panely v případech, kdy nesvítí, ale fouká vítr. Další příkladem může být například malá vodní turbína. K tomuto systému se často přidává i motor generátor, který v případech nepříznivých povětrnostních podmínek zálohuje domácnost.



Obr. 7 Hybridní autonomní systém s větrnou turbínou [23]

### 3.7 Autonomní systém se záložním zdrojem energie

Hybridní systém se záložním zdrojem energie se používá právě v případech off-grid domácností. Instalovaný výkon nemusí počítat s nejhoršími možnými podmínkami, které mohou nastat, tudíž nemusí být předimenzovaný. Díky akumulacím bateriím, které jsou navrženy na velikost spotřeby domácnosti, tak aby pokryly spotřebu domácnosti zhruba na 2 – 6 dní, kdy při vyčerpání kapacity baterií dojde k zapnutí záložního zdroje energie, tj. spalovacího generátoru.



Obr. 8 Hybridní autonomní systém s elektrocentrálou [23]

## 4 Akumulátorové baterie

V autonomních systémech se musí nějakým způsobem uložit vyrobená energie na dobu, kdy není výkon solárních panelů takový, aby pokryl spotřebu domácnosti. Proto jsou součástí autonomních systému akumulátorové baterie, které jsou schopny v době nadbytku sluneční energie, energii uložit a uchovat ji na později.

Kapacita akumulátoru určuje, jak velké množství energie je baterie schopná uložit, proto musí být navrhnuty tak, aby uložily co největší množství energie, ale také tak, aby to bylo pro provozovatele ekonomicky výhodné.

Fotovoltaický systém je k bateriím připojen přes regulátor nabíjení, což je polovodičový nabíječ, který zajistí optimální nabití akumulátoru tak, aby nedocházelo ke snižování jeho kapacity, tedy životnosti. Aktuálně je na trhu několik druhů těchto regulátorů a záleží pak na druhu systému, kde se má použít, na druhu připojených baterií i na výkonu fotovoltaické elektrárny.

Akumulátory jsou chemické zdroje energie, které mohou v průběhu nabíjení přijímat elektrickou energii z vnějšku a ukládat ji ve svých elektrodách ve formě chemické energie. Do akumulátorových baterií proudí stejnosměrné napětí z fotovoltaického systému, které následně musí být v měniči přeměněno na střídavé napětí, odkud napájí koncová zařízení. Při vybíjení dochází ke změně chemického složení aktivních elektrod a chemická energie se mění na elektrickou energii.

Akumulátorové Baterie mohou být různého složení. Nejčastěji se používají olověné baterie a lithium-iontové baterie.

### 4.1 Olověné baterie

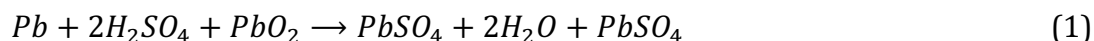
Donedávna byly olověné baterie nejrozšířenější a nejspolehlivějším druhem používaným v ostrovních systémech. Olověné baterie jsou osvědčenou technologií a jejich

životnost je okolo 10 let, pokud jsou dodrženy základní podmínky pro jejich údržbu – nejsou udržovány při vysokých teplotách, nejsou pravidelně vybíjeny příliš nízko. Olověné baterie vyžadují přesné nabíjení po daném nabíjecím cyklu a teplotní senzory pro úpravu nastavení napětí. Nejznámější invertory/nabíječky mimo síť, nabízejí programovatelné nastavení nabíjecího napětí spolu se senzory pro přesné nabíjení za všech podmínek. Olověné akumulátory s hlubokým cyklem jsou stále široce používány a oproti lithiu nabízejí několik výhod. Vyrábějí se v několika napětích – 2 V, 6 V nebo 12 V, a v různých typech – gelové, AGM, plovoucí. [14]

První typem jsou akumulátory uzavřené větrané, nebo-li se zaplavenými elektrodami. Řadí se tam všechny akumulátory s elektrodami ponořenými do elektrolytu. Je u nich důležité, aby byli vybaveny plnicím prostorem, kde se během provozu pohybuje hladina elektrolytu, a prostorem plynovacím, kam se odvádí plyny vzniklé elektrolýzou vody v elektrolytu. Dále se dělí na ty s elektrolytem nebo na ty v suchém stavu. Do akumulátorů v suchém stavu se elektrolyt nalije těsně před použitím, což zapříčiňuje možnost dlouhodobého skladování, jelikož na jejich elektrodách nedochází k sulfonaci.

Dalším typem jsou akumulátory řízené ventilem, z anglického VRLA (Valve Regulated Lead Acid), ty se ještě dělí na AGM a gelové akumulátory. Neobsahují kapalný elektrolyt a v praxi mohou pracovat v libovolné poloze. AGM akumulátory (Absorbed Glass Mat) mají elektrolyt nasáknutý ve skelné vatě mezi elektrodami. Póry zůstávající mezi jemnými skleněnými vlákny umožňují difuzi kyslíku od kladných elektrod k záporným. Kyslík se pak váže na aktivní hmotu záporných elektrod, což je porézní olovo. Následně oxid olovnatý reaguje s ionty kyseliny sírové a vzniká síran olovnatý. AGM akumulátory mají životnost mezi 5 a 12 lety.

Gelové akumulátory, mají elektrolyt ztužený tixotropním gelem oxidu křemičitého. Během nabíjení se v gelu vytvoří kanálky, kde difunduje kyslík vzniklý na kladných elektrodách k záporným elektrodám. V porovnání s AGM akumulátory mají vyšší životnost okolo 15 až 18 let a větší vnitřní elektrický odpor. Celková reakce při vybíjení je popsána rovnicí 1.



Jednou z největších výhod olověných baterií je na rozdíl od lithiových to, že se baterie nevypne při nízkém napětí nebo nízkém stavu nabití. Tato vlastnost je důležitá zejména v případě nouze nebo v případě selhání záložního generátoru. Olověné baterie



lze v případě potřeby vybit až na 0 %, což se ale nedoporučuje, jelikož to může výrazně snížit životnost baterie. Mezi další výhody patří:

- kompatibilita s většinou střídačů;
- osvědčená a důvěryhodná technologie;
- bezpečné a velmi nízké riziko;
- baterie se nevypne při nízkém stavu nabití nebo při nízkém napětí;
- dlouhá životnost;
- snadná recyklovatelnost.

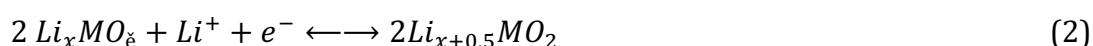
Mezi nevýhody se může zařadit:

- nižší účinnost – okolo 80 %;
- nízká energetická hustota – vysoká hmotnost;
- omezená použitelná kapacita – max. 40 %;
- po instalaci pevná velikost, nelze je nastavovat;
- dlouhodobě není možné udržovat částečné nabití;
- vysoké teploty mohou snížit životnost baterie. [14]

## 4.2 Lithium-iontové baterie

Poslední dobou se lithium-iontové baterie stávají čím dál více populárními díky své vysoké účinnosti (92 % až 98 %), kompaktní velikost, nízké hmotnosti a škálovatelnosti. Což je velká výhoda oproti olověným bateriím, které mají fixní velikost a kapacitu. Díky flexibilnímu dimenzování se může přidat další kapacita v pozdější fázi, což je významná výhoda jak pro zákazníka, tak pro instalatéra. [14]

Li-Ion články obsahují lithium jen v podobě iontů, díky čemuž odpadají problémy způsobené tvorbou kovových dendritů při nabíjení článků. Děj probíhající na kladné katodě je popsán rovnicí 2.



Lithiové baterie mají mnohem vyšší energetickou hustotu oproti olověným, a proto jsou kompaktnější a lehčí. Další výhodou je schopnost udržet nízký stav nabití (částečný stav nabití) po delší dobu bez negativních účinků, jako je sulfatace, která u olověných baterií bývá častým problémem. Extrémně vysoké rychlosti nabíjení lze dosáhnout díky použití lithia s dobou nabíjení až o 70 % rychlejší, než mají olověné baterie. [14]

Mezi jejich výhody dále patří:

- Vysoká účinnost – okolo 97 %;
- Vysoká energetická hustota – nízká hmotnost a kompaktnost;
- Dovolena vysoká rychlost nabíjení a vybíjení;
- Žádná degradace způsobena částečným stavem nabití;
- Modulární a škálovatelné systémy;
- Nízké riziko při správném zapojení;
- Deseti letá záruka.

Jako nevýhody se berou:

- Možnost vypnutí při teplotách nad 45+ °C a nízkých teplotách pod 5 °C;
- Možnost vypnutí při nepřetržitém vysokém rázovém zatížení;
- Na konci životnosti se špatně recyklují;
- Nemusí fungovat bez vhodného střídače. [14]

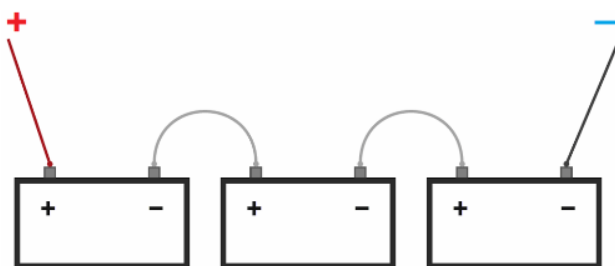
Nejlepší volbou pro off-grid systémy jsou baterie na lithiové bázi. Jejich kapacita se určuje podle velikosti fotovoltaického systému a podle potřeby energie, která se bude ukládat.

### 4.3 Spojování a řazení článků

Jmenovité napětí článku o hodnotě 1,5-2 V je pro praktické použití nevyhovující, proto se jednotlivé články spojují do série, aby bylo dosaženo požadovaného napětí.

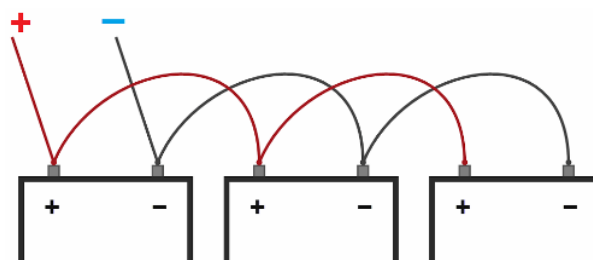
Na obr. 9 je vidět sériové zapojení článků tak, aby vždy záporný pól jednoho článku byl spojen s kladným pólem druhého atd. Kapacita baterií zůstává u sériového zapojení neměnná, tj. odpovídá kapacitě jednoho článku. Při sériovém zapojení musí být dodrženy dvě podmínky:

- Ampérhodinová kapacita všech článků musí být stejná.
- U baterií nesmí docházet k rozdílu v samovolném vybíjení jednotlivých článků.



Obr. 9 Sériové zapojení baterií

V případě paralelního spojování článků se spojuje vždy kladný pól jednoho článku s kladným pólem následujícího. Stejně tak se spojuje záporný pól jednoho se záporným pólem dalšího, jako je ukázáno na obr. 10. V tomto případě je výsledné jmenovité napětí baterie a kapacita baterie tvořena součtem kapacit jednotlivých článků, které je podmíněno stejnou hustotou a složením elektrolytu a stejnou konstrukcí elektrod.



Obr. 10 Paralelní zapojení článků

V praxi se používá kombinace paralelního a sériového zapojení. V případě fotovoltaického systému a velké kapacity akumulátorů se několik článků, podle potřebného napětí zapojí do série a k nim se připojí zbylá požadovaná kapacita paralelně. Tudíž se jedná o sério-paralelní zapojení článků. Při poruše má tento druh zapojení několik výhod. Například při poškození článku či při přerušení obvodu v jakékoliv řadě sériově spojených článků, lze tuto řadu odpojit a opravit, aniž by se přerušil provoz celé baterie. Zbylé řady pak mohou být nabíjeny proudem, který je snížený o proud poškozené řady.

## 5 Solární regulátor

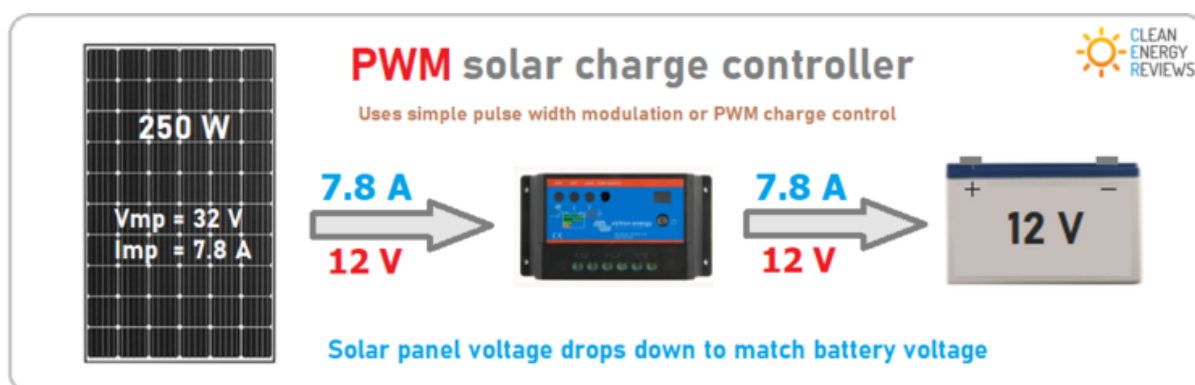
Regulátor solárního nabíjení, nebo-li solární regulátor, je v podstatě nabíječka solárních baterií připojená mezi panely a baterií. Jeho úkolem je regulace procesu nabíjení, aby bylo zajištěno, že se baterie nabíjí správně a není přebíhá. Stejnoseměrně vázané regulátory solárního nabíjení se používají téměř u všech menších solárních systémů mimo síť.

Moderní solární regulátory o velikosti 12 V – 24 V do velikosti 40 A se používají pro karavany, obytné automobily a kempování a mají výstupní svorky stejnosměrného zatížení. Zatímco většina větších a pokročilejších solárních regulátorů nabíjení 60 A + MPPT (Maximum power point tracker) nemá výstupní svorky zátěže a jsou speciálně navrženy pro větší systém mimo síť se solárními panely a výkonnými invertory ostrovních systémů.

Tyto regulátory se dimenzují podle vstupního napětí a maximálního nabíjecího proudu. Pomocí těchto parametrů se určí, kolik solárních panelů lze připojit. Obecně lze

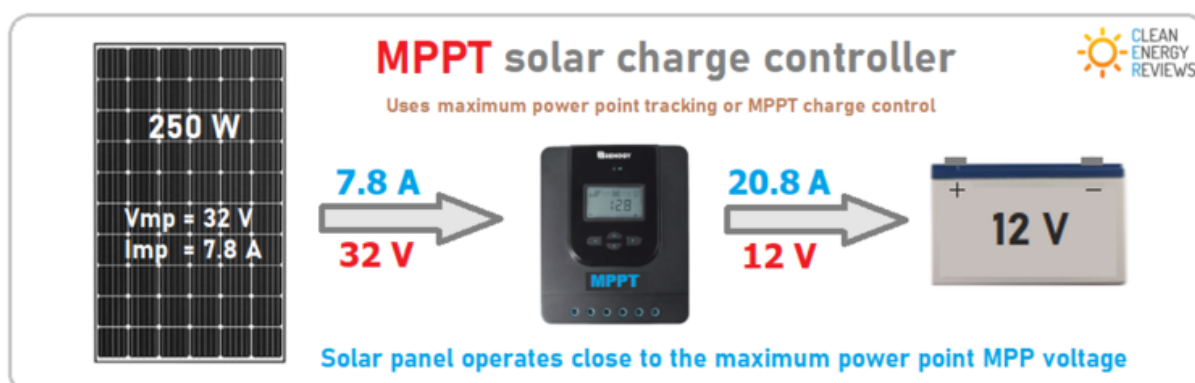
říci, že jmenovitý proud je roven maximálnímu nabíjecímu proudu a že jmenovité napětí se rovná maximálnímu napětí solárních panelů. [14,15]

Solární regulátory se dělí na dva typy: PWM a MPPT. PWM, z anglického pulse width modulation, jsou solární regulátory, které mají přímé zapojení ze solárního pole do baterií a používají tzv. rychlý spínač pro modulaci nebo řízení nabíjení baterie. Spínač (tranzistor) je otevřený, dokud baterie nedosáhne absorpčního nabíjecího napětí, poté se spínač začne rychle otevírat a zavírat, aby došlo ke snížení proudu a udržovalo se konstantní napětí baterie. Problém je v tom, že se musí snížit napětí solárního pole na napětí baterie, což vede ke snížení provozního napětí solárního článku, čímž se sníží výkon i účinnost. Tyto regulátory jsou vhodné v aplikacích, kde se používá jeden nebo dva solární panely. Pokud je panelů více měly by být zapojeny paralelně, nikoli sériově. [16]



Obr. 11 PWM solární regulátor [15]

Druhým typem solárních regulátorů je MPPT, nebo-li maximum power point tracking, které jsou mnohem vyspělejší než regulátory PWM a umožňují solárnímu panelu pracovat v bodě maximálního výkonu, nebo-li v optimálním napětí pro maximální výkon. Díky tomu mohou být až o 30 % efektivnější, v závislosti na napětí baterie a připojeného solárního panelu.



Obr. 12 MPPT solární regulátor [15]

MPPT funguje tak, že se napětí a proud panelu v průběhu dne neustále mění v závislosti na slunečním záření, dopadajícím na solární panel. Za účelem získání

maximálního výkonu prochází point tracker bodovým napětím, aby našel místo, kde je nejlepší kombinace napětí a proudu. Takto pracuje nepřetržitě a upravuje napětí tak, aby generoval nejvyšší výkon bez ohledu na denní dobu nebo povětrnostní podmínky. [15]

## 6 Aditivní zásobování energií

### 6.1 Motor generátor

Každý off-grid systém musí být kromě obnovitelného zdroje energie opatřen zdrojem, který nebude závislý na podnebí a bude schopen zálohovat obnovitelný zdroj téměř okamžitě. Aby se zajistila dostatečná potřeba energie, musí být zdroj dostatečně veliký. Mezi tyto zdroje patří nejrůznější motorgenerátory, což mohou být diesel-agregáty nebo benzin-agregát.

#### 6.1.1 Princip činnosti

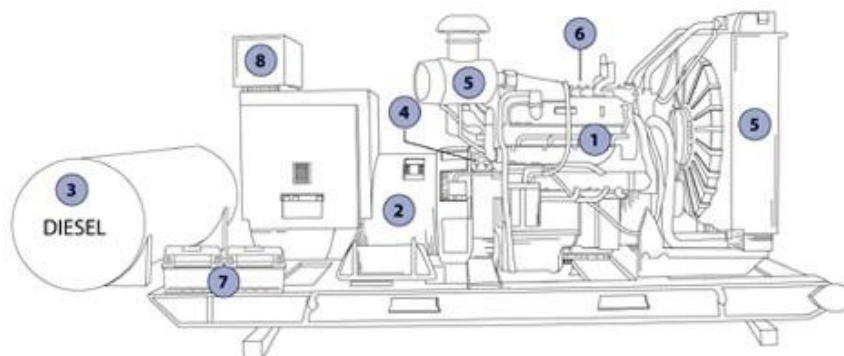
Obecně lze říci, že motorgenerátor je soustava, skládající se ze tří částí – tepelného motoru s vnitřním spalováním, elektromechanického měniče a řídicího systému. Všechny části jsou mezi sebou provázány, a to buď mechanicky (společná hřídel motor-generátor), nebo elektricky (komunikace řídicí systém – motor), přičemž řídicí systém musí všechny projevy správně interpretovat. Motorgenerátor se dělí na dvě části: motorovou a elektrickou.

V motorové části je tepelný motor jako zdroj energie následně měnící se na energii elektrickou. Jedná se o největší komponentu z hlediska konstrukce a prostorového uspořádání. Motory v první fázi se v případě gen-setů mohou rozdělit dle typu používaného paliva. Motory o malých výkonech jsou povětšinou zážehové, nicméně v aplikacích s krátkodobým provozem se často používají motory o středních výkonech, řádově stovky kW, které jsou navrženy jako vznětové. Mezi další druhy paliva, která jsou hojně používána, se řadí propan a zemní plyn, kdy lze tato paliva kombinovat s upraveným dieselovým motorem s možností duálního přívodu pohonných hmot v tzv. bi-fuel režimu. [11]

Motorovou část tvoří důležité podpůrné systémy zajišťující chod motoru. Data vycházející z těchto systémů slouží jako vstupní hodnoty pro kontrolér, kde se rozhoduje o provozu motoru. Prvním z těchto systémů je palivový okruh, zajišťující skladování a přívod paliva do motoru. Mezi hlavní požadavky na palivový okruh patří dostatečná kapacita palivové nádrže, jež by měla odpovídat provozu s ohledem na danou aplikaci (V průměru se většinou jedná o zásobě na 8 hodin.), spolehlivost palivové pumpy pro

nízkotlakou část palivového systému, zajištění správné funkčnosti odlučovače vody z paliva a chod vysokotlakých vstřikovačů do spalovacích komor. [12]

Další významná část motoru spočívá v chladícím systému. Při chodu motoru se zahřívají jednotlivé komponenty, kdy se chladit musí většinou i satorové vinutí generátoru, které odpovídá za vyvedení výkonu do soustavy se zátěží. Základní chladící systém je realizován jako vodní, kdy se médium chladí v radiátoru jakožto integrální součásti sestavy motorgenerátoru. [13]



Obr. 13 Skladba motorgenerátoru [11]

Skladba motorgenerátoru je uvedena na obrázku 13, kdy uvedená čísla značí:

1	Motor	5	Chlazení a výfuk
2	Generátor	6	Mazací systém
3	Palivová nádrž	7	Dobíjení baterií
4	Napěťový regulátor	8	Ovládací panel

Aby se zajistil spolehlivý a dlouhodobý provoz pohyblivých mechanických částí motorgenerátoru je motorgenerátor vybaven olejovým mazacím systémem s vlastní pumpou.

Elektrická část je složena z elektromechanického měniče, který zodpovídá za dodání elektrického výkonu zátěži. Elektromechanický měnič má podobu synchronního stroje s vyniklými póly. Většina třífázových synchronních generátorů, jenž pracuje při středních výkonech, obsahuje čtyřpólové rotory. Za nezbytnou podmínku činnosti synchronního generátoru se považuje nabuzení rotorového vinutí stejnosměrným proudem, kdy řízený budič pracuje nezávisle na síti. [11]

Další nedílnou součástí motorgenerátoru je řídicí systém. Ten zajišťuje součinnost obou částí vzhledem k vnějším podmínkám. Označuje se jako kontrolér, sloužící jako uživatelské rozhraní a pro vyhodnocování jeho provozu. Mezi jeho klíčové vlastnosti patří automatické spuštění gen-setu podle situace a požadavků zvolené aplikace. Tudiž musí kontrolér pracovat i s informacemi získaných elektrickým měřením na síti a s výstupními

hodnotami synchronního generátoru. Další povinností kontroléru je práce s ovládacími prvky motoru vázaných na jeho spuštění a vypnutí. Pokud se motorgenerátor používá v situacích, kdy nesmí dojít k výpadku elektrického proudu do zátěže, zajišťuje kontrolér také fázování generátoru na obnovenou síť a ovládá dané stykače. Pokud je potřeba vyhodnotit stav motoru, musí se zjistit stav provozních kapalin, tlak oleje, teploty chladicího média a okamžité otáčky motoru. [11]

## 6.2 Elektrocentrála

Elektrocentrála je zařízení generující elektrický proud. Proud se vytváří alternátorem nebo dynamem, který je poháněn spalovacím motorem. Jejich velkou výhodou oproti jiným off-grid zdrojům jsou relativně nízké pořizovací náklady, široký záběr výkonů, snadná manipulace a instalace zařízení. Dodávka elektrické energie není závislá na podnebí, proto je zajištěna stabilní a kvalitní dodávka elektrické energie. [16]

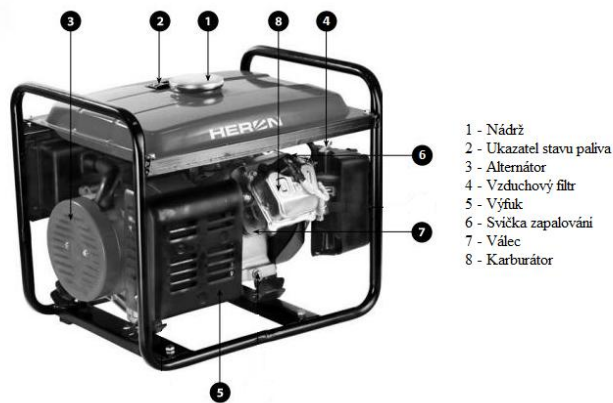
Mezi hlavní nevýhody se řadí vysoká cena elektriny, omezená životnost a především hlučnost. Některé elektrocentrály mohou mít hlučnost okolo 95 decibelů.

Důležitým parametrem při výběru vhodné elektrocentrály je způsob regulace vyrobené energie. Jedná se o kapacitní regulaci, regulaci AVR a invertorové a cykloinvertorové elektrocentrály.

Při kapacitní regulaci dochází k nejjednoduššímu způsobu regulace a díky tomu mají elektrocentrály jednoduchou konstrukci a robustní vzhled. Používá se jako pohon pro jednoduchá nářadí v dílně, ledničky, zahradní sekačky apod. Pro napájení citlivých spotřebičů typu počítač či televize nejsou vhodné. Mezi jejich hlavní výhodu patří nízké pořizovací náklady. [16,17]

Elektrocentrály s regulací AVR, nebo-li Automatic Voltage Regulator), mají větší nádrž, počítadlo moto hodin a většinou i výstupem stejnosměrného napětí 12V. Bývají vybaveny i podvozkem s kolečky, tudíž jsou jednoduše přemístitelné, dále jsou vybaveny elektrickým startováním. Proto se hodí jako záložní zdroj pro rodinné domy či rekreační objekty. [16,17]

Zatímco invertorové a cykloinvertorové elektrocentrály jsou vybaveny jednotkou PWM, Pulse Wave Modulator, umožňující generátoru vyrábět elektrickou energii v různých režimech otáček v závislosti na aktuální spotřebě připojených spotřebičů. Tato regulace snižuje hlučnost, hmotnost i spotřebu paliva elektrocentrály. [16,17]



Obr. 14 Prvky elektrocentrály [18]

### 6.3 Typy elektrocentrál

Elektrocentrály se dělí podle druhu použitého paliva. Nejčastěji se rozlišuje 5 druhů: diesellová, benzinová, plynová, olejová a hybridní benzinovo-plynové elektrocentrály.

Diesellová elektrocentrála se na první pohled rozliší svou robustností a velikostí, kvůli tomu se s ní nedá lehce manipulovat. Má vysoký výkon a dokáže utáhnout více připojených zařízení najednou a po delší dobu. Provádí se v jak jednofázovém, tak i třífázovém provedení. Diesel-generátory mají palivovou nádrž dostačující na 8-10 hodin provozu. Nicméně jejich provoz je až 7x dražší než provoz generátoru na plyn o stejném výkonu. Ten totiž může pracovat i při minimálním zatížení. [19]

Benzinová elektrocentrála patří mezi elektrocentrály vhodné pro méně náročný provoz a na relativně kratší dobu. Často je vybavena pouze jednofázovou zásuvkou, má kompaktní rozměry a nízkou hmotnost, proto může mít různá využití vzhledem k jednoduché manipulaci. [16]

Dalším typem jsou plynové elektrocentrály, kdy palivem je LPG nebo NG, mezi jejichž výhody patří snadná údržba s delším servisním intervalem, nižší emise, a zvláště pak nižší cena paliva. Dělaí se v provedení pro zajištění dodávky v režimu 7/24/365, kdy jejich rozvody jsou umístěny v zemi, tudíž jsou chráněny před nepřízní počasí. Nevýhodou plynového motoru je citlivost na okolní klimatické podmínky, např. teplota prostředí, nadmořská výška a kvalita paliva. Další nevýhodou je neschopnost pracovat s malým zatížením, cca pod 50 % svého jmenovitého výkonu. [16,17]

Olejové elektrocentrály se využívají zejména v průmyslu a v domácích podmínkách se s nimi nepotkáme. Jejich pohonnou směs tvoří speciální olej.

Posledním typem jsou hybridní benzinovo-plynové elektrocentrály, které jsou schopny spalovat až 3 druhy paliva – LPG, NG, 95- oktanový benzin. Pro svůj provoz



nevyžadují žádná doplňková příslušenství. Představují ideální zdroj elektrické energie v domech, v chatách nebo na stavbách.

Při výběru elektrocentrály se musí dbát na výstupní zásuvku. V ostrovních systémech se pro používají většinou třífázové na 400 V, kdy se počítá s připojením třífázových spotřebičů.

Další dělicí znakem může být konstrukce elektrocentrály. Rámová centrála je taková, kdy je motor zasazen do rámu. Hodí se na napájení různých zahradních činností, ale ne na spotřebiče typu televize. Nicméně pro rodinný dům se hodí více než digitální invertorová.

Druhým typem je invertorová elektrocentrála, která připomíná kufřík. Její základní funkcí je připojování jemné elektroniky, tudíž je zařízení schopno vyrábět energii v různých režimech otáček dle aktuální spotřeby elektrospotřebičů napojených na generátor.

## 7 Návrh ostrovního systému

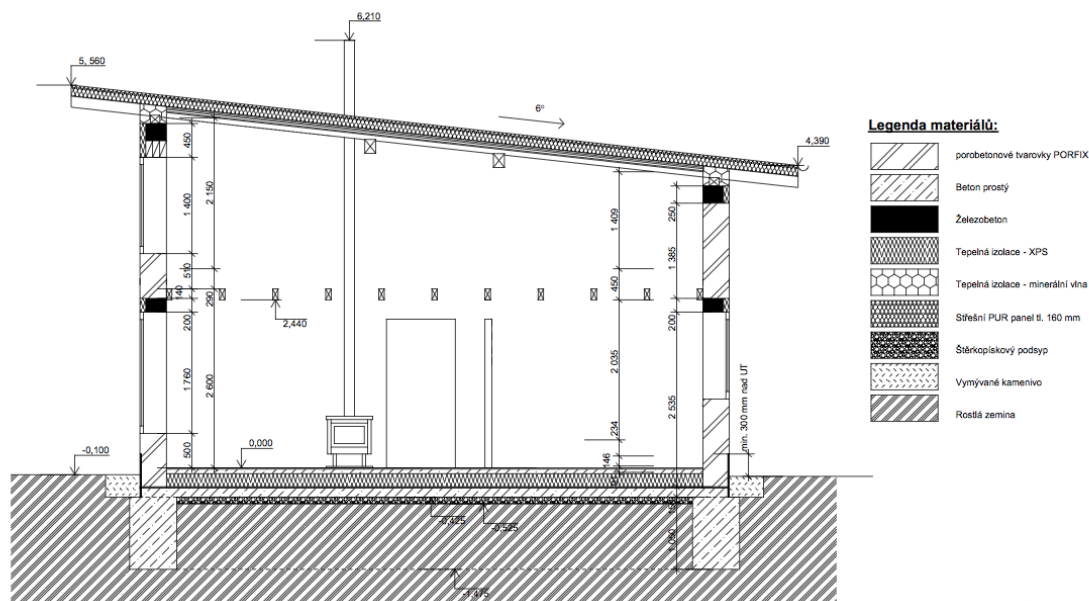
### 7.1 Analýza prostředí

Rodinný dům se nachází v lokalitě Tábor. Má plochou střechu se sklonem  $6^\circ$  s orientací na jih, což způsobí dopad slunečných paprsků na panely v průběhu celého dne. Díky tomu je zaručen osvit panelů, a tudíž produkce elektřiny. Počítá se s instalací panelů v úhlu  $45^\circ$ . V ranních hodinách také začíná první špička domácnosti, kdy se začne připravovat snídane, probíhá ranní hygiena apod. Díky tomu, že je stavba umístěna mimo město, nedochází ke stínění okolními domy ani jinými prvky.



Obr. 15 Analyzovaný objekt

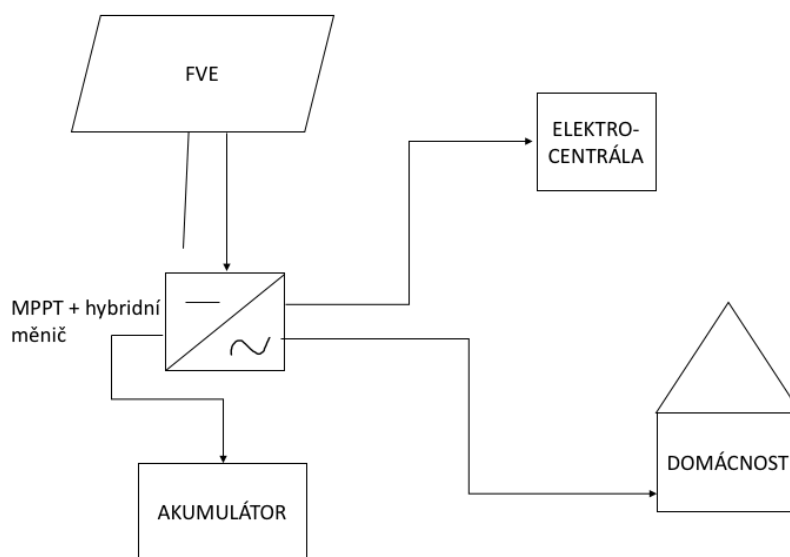
Budova, na níž budou instalovány solární panely, je bungalov, označen na obr. 15 červenou tečkou, s celkovou užžitnou plochou 84,15 m<sup>2</sup>. V domě žije tří členná rodina.



Obr. 16 Skladba obálky

Na obrázku 16 je vidět skladba obálky i se střechou. Objekt je zděný z tvarovek PORFIX s vnitřními dřevěnými sloupy. Krov je ze dřevěných trámů a střecha je provedena ze střešních panelů PUR tloušťky 160 mm o ploše zhruba 170 m<sup>2</sup>. Základové pásy a patky jsou z prostého betonu.

Ostrovní systém bude složen z fotovoltaických panelů, MPPT hybridního měniče, akumulátorů a elektrocentrály, jak je vidět na obr.17. MPPT hybridní měnič zajišťuje regulaci nabíjení a zároveň funguje jako měnič ze stejnosměrného na střídavý proud.



Obr. 17 Schéma použitého ostrovního systému

## 7.2 Výpočet fotovoltaických panelů

Fotovoltaická elektrárna byla nejprve navržena na maximální možný výkon, tj. 10 kWp. Pro přesný výpočet byla použita roční hodinová data globálního záření (PVGIS) pro sklon 45° a z nich byla spočtena hodinová výroba elektřiny podle rovnice 3,

$$E = S * \eta_p * I_G * t \quad (3)$$

kde S je plocha panelů, spočítaná podle rovnice 4, a n je počet panelů, l představuje délku panelu a d značí šířku. Rozměry panelu jsou uvedeny v tabulce 3.

$$S = n * l * d \quad (4)$$

Tabulka 3 Fotovoltaický panel HT - SAAE

Hmotnost	18,5 kg
Rozměr	1640 x 992 x 35 mm
Max. účinnosti	18,1 %
Typ článku	Monokrystalický

Počet panelů n se spočítá jako špičkový výkon vydělený výkonem panelu (rovnice 5). V tomto případě byl zvolen monokrystalický panel HT-SAAE HT60 – 156M – 310 Mono 310 Wp celočerný. Panel má výkon 310 Wp, tudíž pro pokrytí 10 kWp bude potřeba 33 panelů. V příloze 1 je přiložen produktový list panelu s podrobnou charakteristikou. [28]

$$n = \frac{P}{P_n} = \frac{10000}{310} = 32,26 = 33 \text{ panelů} \quad (5)$$

Plocha panelů pak bude po dosazení do rovnice 4 rovna 53,687 m<sup>2</sup>. Pro příklad je uveden den 1.8.2016 (tab.4) [26], kdy slunce vycházelo v 5:16 a zapadlo ve 20:22. Po dosazení do rovnice 3 vyjde denní výroba 65,305 kWh. Vypočítané roční denní hodnoty byly rozděleny do měsíců a vyneseny do grafu (graf 1), kde byly porovnány s reálnými hodnotami, které byly vyrobeny reálnou fotovoltaickou elektrárnou se špičkovým výkonem 10 kWp ve stejné lokalitě, ta má orientaci na jih a panely instalovány pod úhlem 45°.

Tabulka 4 Vyrobená energie 1.8.2016

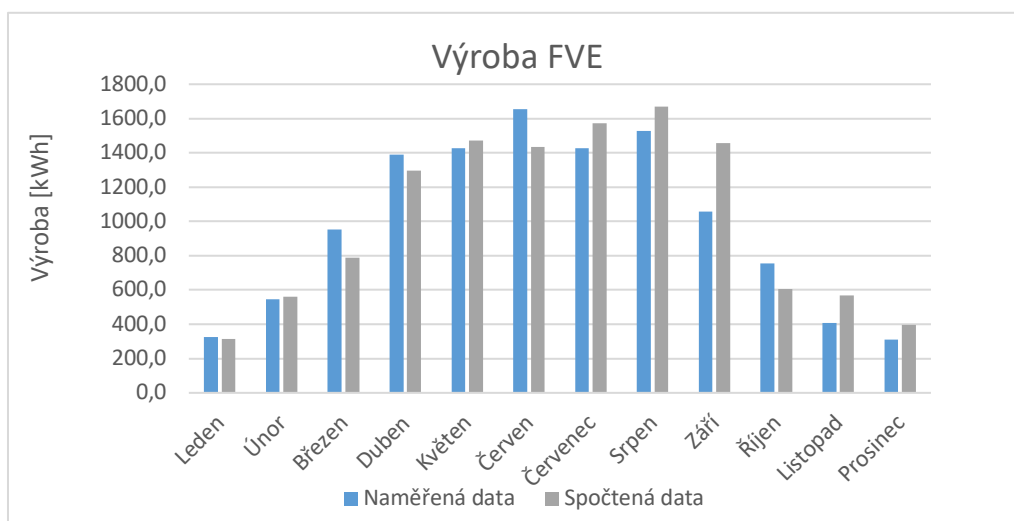
čas	$I_g$ [W/m <sup>2</sup> ]	S [m <sup>2</sup> ]	$\eta_p$ [%]	E [kWh]
04:10	16,66			
05:10	100,83			
06:10	297,12			
07:10	443,97			
08:10	588,05			
09:10	629,62			
10:10	850,56			
11:10	895,32			
12:10	714,07			
13:10	776,09			
14:10	608,55			
15:10	434,07			
16:10	270,61			
17:10	93,88			
18:10	1,10			
19:10	0,00			
	<b>6720,50</b>	<b>53,687</b>	<b>18,10 %</b>	<b>65,305</b>

Daná fotovoltaická elektrárna funguje od roku 2014, tudíž porovnávaná data byla zprůměrována, tak bylo dosaženo přesnějšího výsledku. Z porovnávaných dat uvedených v příloze 5 a viditelných v grafu 1 je zřejmé, že naměřená data se liší přibližně o 3 %. Ročně elektrárna vyrobí přibližně 12136, 50 kWh.

Dále se bude dál počítat s naměřenými daty ze serveru ec.europa.eu pro bungalov. Kde se použije Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), který poskytuje volný a otevřený přístup k následujícím datům:

- Potenciál fotovoltaických panelů pro různé technologie a konfigurace autonomních i na distribuční síť připojených systémů
- Solární záření a teploty měsíčních či denních průměrů
- Hodinová data různých typů záření dopadajících na solární panely
- Typická meteorologická data pro různá klima
- Mapy zemí či regionů s jejich FV potenciálem

Naměřená hodinová data jsou vztažena na solární panely, které jsou nainstalovány s úhlem 45°. Dalším důležitým parametrem je pokles účinnosti. Ta v průběhu jednoho roku poklese nejhůře o 0,07 %, tj. o přibližně 20 % v průběhu její životnosti. Účinnost fotovoltaických panelů bude 20.rok přibližně 14,661 %.



Graf 1 Porovnání naměřených a spočtených hodnot

### 7.3 Spotřeba domácnosti

V rodinném domě jsou krbová kamna, sloužící k vytápění objektu, dále velká okna, která umožňují vstup sluneční paprsků, což nejen pocitově zvyšuje vnitřní teplotu. Ohřev teplé vody je zajištěn elektrickým bojlerem o objemu 200 litrů. V tabulce 5 jsou popsány všechny spotřebiče používané v domácnosti společně s bojlerem, jejich příkony, odhadovaná doba použití a frekvence použití v jednom týdnu.

Spotřeba jednotlivých spotřebičů se počítala pomocí rovnice (6), kde se množství spotřebičů vynásobilo příkonem, odhadovaným denním časem a frekvencí v týdnu. Pro příklad je v rovnici 7 uvedena týdenní spotřeba bojleru, který má příkon 2,2 kW, nahřívá se 2 hodiny a předpokládá se, že se maximálně nahřívá každý den. Spotřebovaná energie bojleru je tedy 30,8 kWh za týden.

$$E_{spotřebič} = n * P * t * f \quad (6)$$

$$E_{bojler} = 1 * 2,2 * 2 * 7 = 30,8 kWh \quad (7)$$

Spotřeba domácnosti byla počítána v denní, respektive týdenní bázi, tak aby bylo možné objektivněji odhadnout množství spotřebované energie. Spotřeba je brána jako konstantní, nicméně v průběhu roku dochází k odchylkám (dovolená, v letním období nabíjení elektrokol, elektrická sekačka na trávu apod.).

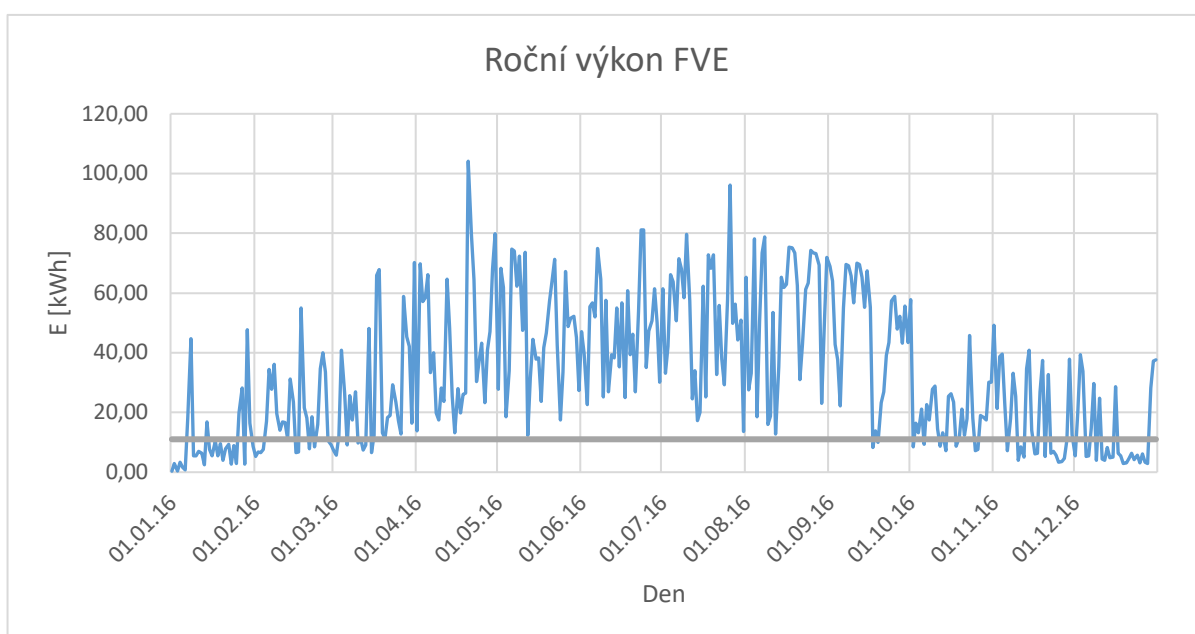
Tabulka 5 Spotřeba elektrické energie domácnosti

<b>Spotřebič</b>	<b>Příkon [kW]</b>	<b>Denní provoz [hod]</b>	<b>Počet dní v týdnu</b>	<b>Množství</b>	<b>E [kWh]</b>
<b>Myčka AEG Mastery</b>	0,92	1	7	1	6,44
<b>Varná deska Gorenje</b>	4,1	0,5	5	1	10,25
<b>trouba Gorenje Xsteam</b>	3,3	1	2	1	6,6
<b>Mikrovlonná trouby</b>	1,2	0,2	7	1	1,68
<b>mixér Sencor SHB</b>	1	0,17	1	1	0,17
<b>kávovar</b>	1	0,2	7	1	1,4
<b>Lednice LG</b>	0,694		7	1	4,858
<b>Rychlovarná konvice SENCOR SWK</b>	2,2	0,1	7	1	1,54
<b>Sušička AEG Absolut care</b>	0,8	2		1	1,6
<b>Pračka AEG ProSteam</b>	0,68	3		1	2,04
<b>Fén na vlasy</b>	2,4	0,3	5	1	3,6
<b>Žehlička na vlasy</b>	0,005	0,2	2	1	0,002
<b>Bojler elektrický</b>	2,2	2	7	1	30,8
<b>Vysavač</b>	0,55	0,5	2	1	0,55
<b>Žehlička oblečení</b>	2,4	0,75	1	1	1,8
<b>Televize</b>	0,031	3	7	1	0,651
<b>Notebook</b>	0,001	1	7	1	0,007
<b>Telefon</b>	0,002	1	7	4	0,056
<b>Router</b>	0,012	7	24	1	2,016
<b>LED žárovky</b>	0,005	2	7	15	1,05

Z výše uvedených hodnot by denní spotřeba domácnosti měla být 11,02 kWh, tudíž 77,11 kWh za týden a 4009,72 kWh za rok.

Dalším faktorem ovlivňujícím spotřebu jsou rozdílné příkony jednotlivých spotřebičů, vzhledem k jejich použití. Pro představu pračka se sušičkou mají různé programy a nelze s jistotou říci, kolik daný program reálně spotřebuje. V tomto případě je spotřeba pračky i sušičky uvedena ve formě spotřebované energie za cyklus, jak uvádějí

výrobci. Pračka i sušička jsou volené jako jedny z nejušpornějších verzí na trhu. Proměnné příkony platí i u tzv. stand-by spotřebičů, jako je televize nebo kávovar. Z grafu 2 je dobře vidět, že v případě 10 kWp solární elektrárny bude FVE většinu roku v plusu. Při podrobnější analýze se zjistí, že elektrárna bude v plusu od 16.3. až do 17.9. Proto v létě, kdy je větší spotřeba energie se nemusí řešit větší potřeba záložního zdroje energie či větší kapacita akumulátorů, protože bude vše pokryto fotovoltaikou. V příloze 2 je uvedená souhrnná tabulka, která ukazuje na rozdíl spotřeby energie a produkce solárních panelů.



Graf 2 Roční výkon FVE s vyznačenou denní spotřebou

#### 7.4 Návrh variant

Aby bylo dosaženo nejlepšího výběru, bylo zpracováno několik variant. Ty, se rozdělily do tří skupin. První skupina se dělí podle výkonu fotovoltaiky na:

- 10 kWp
- 7 kWp
- 5 kWp

Denní výkon jednotlivých výkonů fotovoltaických elektráren je uveden v přílohách 2,3,4. V přílohách je spočítána denní výroba panelů, rozdíl ve spotřebované energii a případná potřeba doplnění energie ze záložního zdroje.

Druhá skupina je tvořena bateriemi, které se v ostrovním systému navrhují na pokrytí 2 až 6denní spotřeby v závislosti na lokalitě. Tato práce bude pracovat s kapacitou baterií v rozsahu pokrytí na dva až 5 dní:

- 22 kWh,
- 33 kWh,
- 44 kWh,
- 55 kWh.

Další proměnou bude elektrocentrála, u které se výkon dimenzuje v závislosti na čase, po který elektrocentrála poběží. Výkon elektrocentrály bude víceméně stejný pro všechny varianty. Rozdíl bude v typu elektrocentrály a palivu, které elektrocentrála využívá.

Tabulka 6 Varianty návrhu ostrovního systému

	<b>FVE</b>	<b>Akumulátor</b>	<b>Elektrocentrála</b>
<b>V10 - 55</b>	10 kWp	55 kWh	2 kWh - Kraft&Dele
<b>V10 - 44</b>	10 kWp	44 kWh	4 kWh - KIPOR
<b>V10 - 33</b>	10 kWp	33 kWh	4 kWh - HERON - LPG
<b>V10 - 22</b>	10 kWp	22 kWh	4 kWh - HERON - LPG

<b>V7 - 55</b>	7 kWp	55 kWh	4 kWh - KIPOR
<b>V7 - 44</b>	7 kWp	44 kWh	4 kWh - HERON - LPG
<b>V7 - 33</b>	7 kWp	33 kWh	4 kWh - HERON -
<b>V7 - 22</b>	7 kWp	22 kWh	4 kWh - KIPOR

<b>V5 - 55</b>	5 kWp	55 kWh	4 kWh - KIPOR
<b>V5 - 44</b>	5 kWp	44 kWh	4 kWh - HERON - LPG
<b>V5 - 33</b>	5 kWp	33 kWh	4 kWh - HERON - LPG
<b>V5 - 22</b>	5 kWp	22 kWh	4 kWh - KIPOR

Pro jednotlivé varianty se provede ekonomické zhodnocení, vyjádřeno pomocí levelised cost of energy (LCOE), dále náklady na nákup, montáž a připojení. Výsledné hodnoty se mezi sebou porovnají a zároveň se porovnají s cenou elektřiny při odběru ze sítě.

## 7.5 Výpočet akumulátorů

Při výpočtu akumulátorů se nejprve zvolil vhodný typ baterie. V tomto případě byla použita baterie o kapacitě 300 Ah, s hmotností 10 kg, která umožňuje snadnou manipulaci, a s napětím 24 V. Napětí jednoho článku je 3,3 V. Počet baterií zapojených



sériově bude 8 (rovnice 8). Sériové napětí bude stejné pro všechny varianty. Celkové napětí pak bude součin napětí článku a počtu sériově zapojených článků (rovnice 9).

$$n_s = \frac{U_1}{U_c} = \frac{24}{3,3} = 7,23 = 8 \quad (8)$$

$$U = n_s * U_c = 8 * 3,3 = 26,4 V \quad (9)$$

Rozdíl nastane při paralelním zapojení, které je ovlivněno energetickou kapacitou celého akumulárního systému, ta bude volena podle jednotlivých variant. Rovnice 10 popisuje případ pro 55 kWh, kde  $C_E$  představuje požadovanou energetickou kapacitu baterie,  $U$  je celkové napětí a  $C$  značí kapacitu článku, tj. 300 Ah.

$$n_p = \frac{C_E}{U * C} = \frac{55078,6}{26,4 * 300} = 6,95 = 7 \quad (10)$$

Celkový počet (rovnice 11) akumulátorů bude proto:

$$n = n_p * n_s \quad (11)$$

V tabulce 7 jsou uvedeny počty sériově a paralelně zapojených článků pro jednotlivé energetické kapacity, jejich celkový počet a jejich cena. U akumulátorů je nutné zahrnout také účinnost nabíjení, pohybující se mezi 92 – 96 %. Při výpočtu počtu článků, kdy jeden článek má kapacitu 0,9 kWh, se zaokrouhlovalo nahoru, tudíž se počítá s větší kapacitou než, která je uvedena. Pro splnění této podmínky byla použita rovnice 12, kdy se kapacita článků vynásobila 96 % účinností. Všechny baterie budou mít kapacitu vyšší, tak aby se v průběhu 10 let účinnost nabíjení snížila maximálně na 90 %.

$$C_{E55} = n_p * C * U * \eta_B = 8 * 300 * 26,4 * 0,96 = 58\,291,2 Wh \quad (12)$$

$$C_{E44} = n_p * C * U * \eta_B = 6 * 300 * 26,4 * 0,96 = 45\,619,2 Wh \quad (13)$$

$$C_{E33} = n_p * C * U * \eta_B = 5 * 300 * 26,4 * 0,96 = 38\,016 Wh \quad (14)$$

$$C_{E22} = n_p * C * U * \eta_B = 3 * 300 * 26,4 * 0,96 = 22\,809,6 Wh \quad (15)$$

Tabulka 7 Počty článků pro jednotlivé varianty

Energetická spotřeba [kWh]	$n_s$	$n_p$	Celkem	Cena [Kč]
55	8	8	64	575 187
44	8	6	48	484 389
33	8	5	40	403 658
22	8	3	24	242 194

Cena jedné baterie se pohybuje okolo 10092 Kč [29] a garantovaná životnost je deset let. Baterie tvoří víceméně nejdražší položku v ostrovním systému, proto je důležité správně zvolit jejich kapacitu. Ta záleží i na velikosti elektrocentrály a době, kterou ji chceme používat.

Akumulační baterie budou uloženy v místnosti v přízemí, kvůli jejich velké hmotnosti, a v místnosti se stálou teplotou a optimální vlhkostí, aby byla zaručena jejich maximální doporučená životnost.

K provozu domácnosti, jak bylo popsáno výše, je potřeba poskytnout energii ve výši 11,01 kWh/den. 1 článek baterie pojme 0,9 kWh, výrobce udává čas nabití jedné baterie jako 3 C, čemuž odpovídá i výpočet v rovnici 16, kde I je nabíjecí proud, který činí 33 %. Za den je tedy potřebné nabít 13 článků (rovnice 17).

$$T = \frac{Ah}{A} = \frac{Ah}{I * Ah} = \frac{300}{(0,33 * 300)} = 3 \text{ hod} \quad (16)$$

$$n = \frac{E_s}{0,9} = \frac{11,01}{0,9} = 12,23 = 13 \text{ článků} \quad (17)$$

## 7.6 Volba elektrocentrály

Při volbě elektrocentrály se musí vycházet z několika hledisek. Nejprve se určí druh paliva, na které má elektrocentrála běžet. V tomto případě byly zvoleny – benzin, diesel a LPG. Všechny elektrocentrály byly voleny jako 3-fázové na napětí 230 – 400 V s regulátorem napětí (AVR). Dále volba elektrocentrály závisí na počtu hodin, po který má denně běžet a na celkovém ročním počtu provozních hodin. V tomto případě byl zvolen čas 3 hodiny. Vzhledem k tomu, že elektrocentrály jsou poměrně hlučné, je kladen požadavek, aby neběželi příliš dlouho. Za 3 hodiny by se pak nabily baterie tak, aby pokryly denní spotřebu elektrické energie, tj. 11,01 kWh, což je ten nejhorší případ, který může nastat, většinou bude potřeba doplnit elektrickou energii nižší. Z toho se určí výkon na generátoru (rovnice 18). Změna byla pouze u V10 - 22, kde je požadavek na menší elektrocentrálu s výkonem na generátoru 2 kW. Elektrocentrála pak poběží dvojnásobný počet hodin.

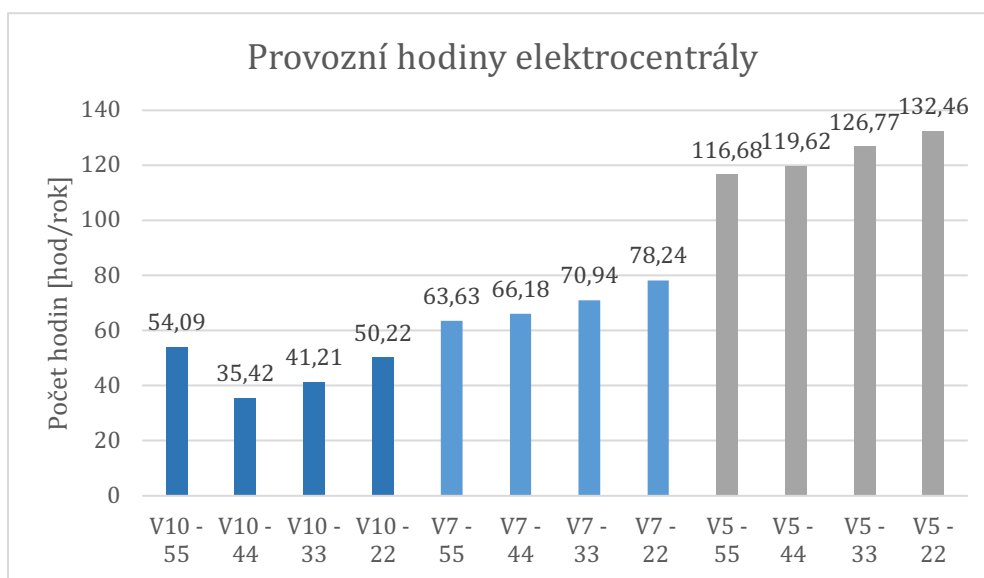
$$P_{gen} = \frac{E}{t} = \frac{11,01}{3} = 3,67 = 4 \text{ kW} \quad (18)$$

Denní, resp. celkový, počet hodin, po který poběží elektrocentrála se spočítá pomocí rovnice 15, kde  $E_{roz}$  představuje rozdíl spotřeby domácnosti a vyrobené elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů,  $P_{gen}$  je výkon generátoru a  $t_{EC}$  počet hodin provozu

elektrocentrály. Hodnoty pro  $E_{roz}$  jsou uvedeny v příloze 2 pro variantu 10 kWp, tj. příloha 3 a 4 pro 7 kWp a 5 kWp. Pro příklad je uveden den 1.1. 2016 pro V1b (rovnice 19).

$$t_{EC} = \frac{E_{rozdl}}{P_{gen}} = \frac{10,581}{4} = 2,65 \text{ hod} \quad (19)$$

Pro fotovoltaické panely o špičkovém výkonu 10 kWp, 7 kWp a 5 kWp jsou pro jednotlivé varianty hodnoty v grafu 3.



Graf 3 Počet provozních hodin elektrocentrály

Pro variantu V10 – 55 byla zvolena elektrocentrála značky Kraft&Dele model KD137 o stálém výkonu generátoru 3 KW. Vzhledem k tomu, že optimální zatížení je 75 %, bude výkon na generátoru 2,2 KW s kapacitou nádrže 15 l, což přibližně vystačí na 12 hod práce při spotřeba 1,25l/hod. Servis zapalovacího zařízení by se měl provádět každých 50 hodin, tj. jednou ročně. Kontrola či výměna svíčky se provádí v cyklu 150 hodin, tj. jednou za dva roky. Výhodou je její nízká cena, která se pohybuje okolo 7000 Kč.



Obr. 18 Elektrocentrála Kraft&Dele [19]

Dále se zvolila elektrocentrála na dieselový pohon KIPOR s maximálním výkonem 4,8 kW, tj. 3,6 kW při optimálním zatížení. Její předností je nízká hlučnost, která tvoří jen 72 dB oproti ostatním s hodnotami okolo 100 dB. Spotřeba paliva při optimálním zatížení činí 1,2l. Jedná se o dobrou volbu pro hybridní systémy i z hlediska ovládání a připojení. Další její výhodou je automatická kontrola hladiny oleje, kdy v případě jeho nedostatku generátor sám vypne, takže se motor nezadře. Cena této elektrocentrály je okolo 47 000 Kč. [27]



Obr. 19 Elektrocentrála KIPOR [26]

Dalším typem elektrocentrály je elektrocentrála HERON od české firmy. Elektrocentrála disponuje volbou paliva, které může být buď benzín, LPG nebo zemní plyn. To je výhodné i z hlediska snižování emisí skleníkových plynů, jelikož při spalování LPG a zemního plynu vzniká menší množství emisí než u spalování nafty či benzínu. Provozní výkon se u jednotlivých druhů paliva liší. V případě benzínu se jedná o 5 kW, v případě NG 4,2 kW a u LPG je výkon 5 kW. Dalším rozdílným parametrem je spotřeba paliva, vztažená ke kilowatthodinám, kdy benzín spotřebuje 0,9 l/kWh, LPG 0,36 kg/kWh, NG 0,35 m<sup>3</sup>/kWh. Do nádrže se vejde 25l paliva.



Obr. 20 HERON elektrocentrála [18]

Životnost elektrocentrály se odvíjí od frekvence jejího používání, provozních podmínek, paliva atd. Nejdůležitějším prvkem elektrocentrály je motor, při vhodné péči můžeme předpokládat životnost i požadovaných 20 let.

## 8 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomika v ostrovních systémech hraje velkou roli. Vše se bude odvíjet od požadavků provozovatele a o možné poskytnuté částce. V tomto případě se dotace na FVE vztahovat nebude, vzhledem k tomu, že není dodržena podmínka 50% výroby tepla pomocí FVE.

### 8.1 Náklady na fotovoltaiku

Náklady na fotovoltaiku se neskládají pouze z fotovoltaických panelů. Další významnou položkou je trojfázový hybridní měnič, skládající se z regulátoru MPPT a měniče stejnosměrného a střídavého proudu. Hybridní střídač musí být navržen tak, aby zvládl špičkový výkon fotovoltaiky, tj. pro 10 kWp musí být minimální výkon střídače 10 kW. Střídač také umí pracovat s asymetrickou dodávkou energie do jednotlivých fází. Střídač obsahuje dva vstupy pro MPPT. Dále se musí počítat s připojovacími kabely, s instalací, montáží, elektromontáží, uvedením do provozu a revizí. To vše zajišťuje vybraný dodavatel. V tabulce 9 jsou uvedeny ceny instalací pro zvolené 3 výkony.

Tabulka 8 Investice do fotovoltaiky

	<b>10 kWp</b>	<b>7 kWp</b>	<b>5 kWp</b>
<b>Počet panelů</b>	33	23	17
<b>Cena panelů</b>	108 735	75 785	56 015
<b>Hybridní měnič</b>	92 500	92 500	55 600
<b>Kabely</b>	12 500	12 500	12 500
<b>Instalace</b>	65 175	45 425	33 575
<b>Montáž</b>	33 000	23 000	17 000
<b>Elektro-montáž</b>	15 000	15 000	15 000
<b>Uvedení do provozu</b>	15 000	15 000	15 000
<b>Revize</b>	5 000	5 000	5 000
<b>Celkem</b>	<b>346 910 Kč</b>	<b>284 210 Kč</b>	<b>209 690 Kč</b>

## 8.2 Náklady na akumulátory

Akumulační baterie mají garantovanou životnost na 10 let, tudíž se 10. rok musí vyměnit.

Náklady pro jednotlivé varianty jsou následující:

Tabulka 9 Náklady na akumulátor

	55 kWh	44 kWh	33 kWh	22 kWh
<b>Počet článků</b>	64	48	40	24
<b>Cena 1 článek</b>	10 091	10 091	10 091	10 091
<b>Celková cena</b>	<b>655 915 Kč</b>	<b>494 459 Kč</b>	<b>413 731 Kč</b>	<b>252 275 Kč</b>

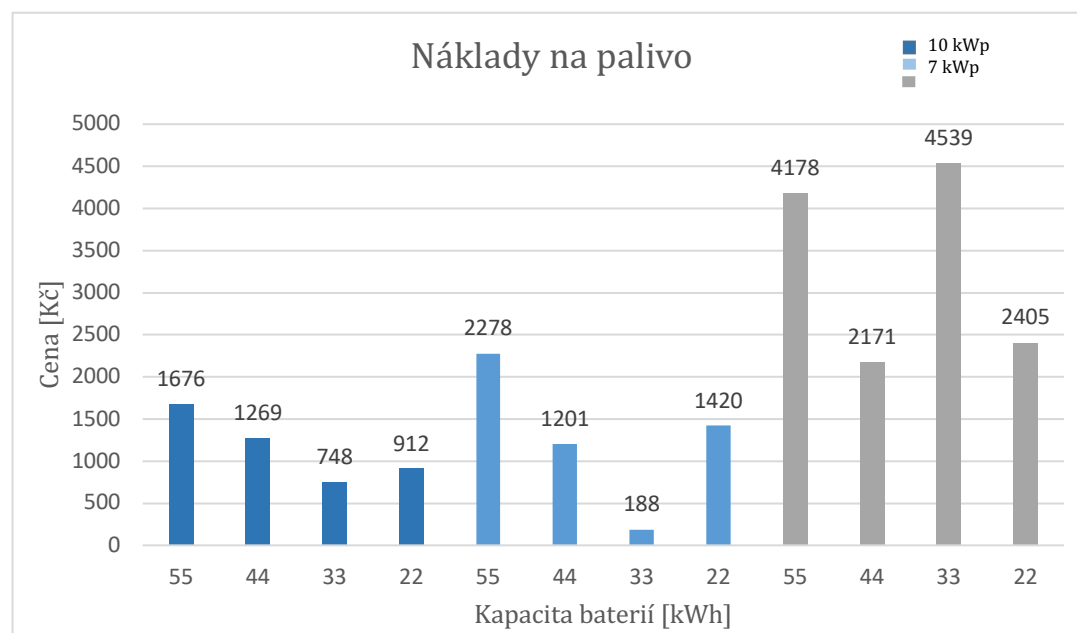
## 8.3 Náklady na elektrocentrálu

Náklady na elektrocentrálu se skládají z nákupní ceny, z nákladů na výměnu oleje, na výměnu svíčky a z nákladů na palivo. Tam se počítá s průměrnou cenou dieselu 29,84 Kč/l, benzínu 30,99 Kč/l a LPG 13,74 Kč/kg. Ceny jsou vztaženy k dubnu roku 2021.

Tabulka 10 Náklady na elektrocentrálu

	Kraft&Dele	KIPOR	HERON - LPG
<b>cena</b>	6 299 Kč	46 780 Kč	31 490 Kč
<b>Svíčka (1x2 roky)</b>	300 Kč	300 Kč	300 Kč
<b>Filtr (2x ročně)</b>	350 Kč	350 Kč	350 Kč
<b>Olej (1x ročně)</b>	300 Kč	300 Kč	300 Kč

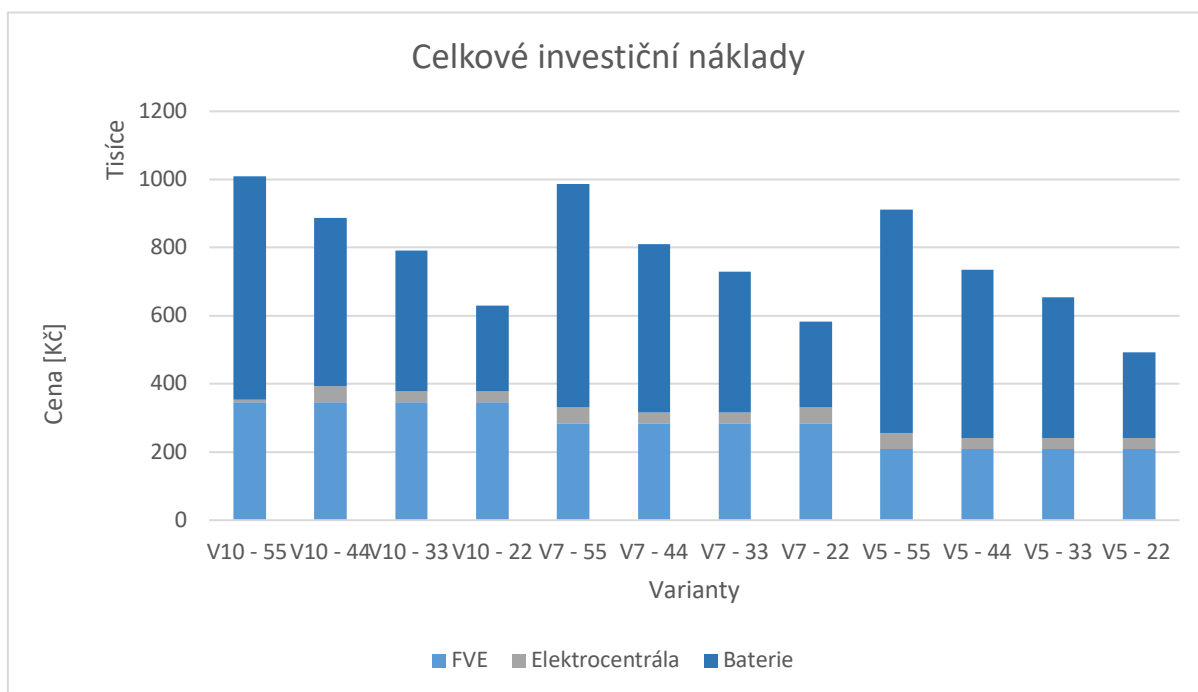
Náklady na palivo budou tvořit samostatnou proměnnou složku.



Graf 4 Náklady na palivo

## 8.4 Celkové investiční náklady

V grafu 5 jsou uvedeny celkové investiční náklady pro jednotlivé varianty. Z grafu je jasné, že nejmenší investiční položkou je koupě elektrocentrály, a naopak nejvyšší částku tvoří akumulční baterie. Ty budou hrát největší roli v analýze LCOE. Přesné částky pro jednotlivé varianty jsou přiloženy v příloze 6.



Graf 5 Celkové investiční náklady

## 8.5 Levelised cost of energy

Pro získání, co nejpřesnějšího odhadu je nutné zjistit všechny náklady na nákup, provoz a servis autonomního systému. Tyto náklady se následně pomocí LCOE přepočítají na cenu jedné kilowatthodiny. LCOE se spočítá z rovnice 20, kde hraje roli výše investice v daném roce ( $I_T$ ), náklady na servis ( $M_T$ ), náklady na palivo ( $F_T$ ) a elektrická výroba ( $E_T$ ). Dalším významným faktorem je diskontní sazba ( $r$ ). Diskontní sazbou se míní výnosová míra, která se nabízí z hlediska rizika srovnatelné investiční alternativy. Určuje tedy nejlepší možnou míru výnosu alternativní investice k investici posuzované. Diskontní sazba pak slouží k převodu budoucí hodnoty hotovostních toků na jejich současnou hodnotu, pomocí diskontování (rovnice 21).

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_T + M_T + F_T}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_T}{(1+r)^t}} \quad (20)$$

Vzhledem k prognóze výše investice a diskontní sazby je zapotřebí pracovat nejen s diskontní sazbou, ale i s vlivem inflace na proměnné. V tomto případě se počítá s reálnými hotovostními toky, proto nás zajímá reálná diskontní sazba. Do té je pomocí inflační koeficientu započtena i inflace. Výše diskontní sazby pro tento případ činí 3 %. V první roce je investice nejvyšší, tu tvoří nákup ostrovní systému. Náklady na palivo, stejně tak náklady na údržbu se musí samostatně diskontovat.

$$V' = V * (1 + r)^n \quad (21)$$

Tabulka 11 LCOE pro V10 – 55

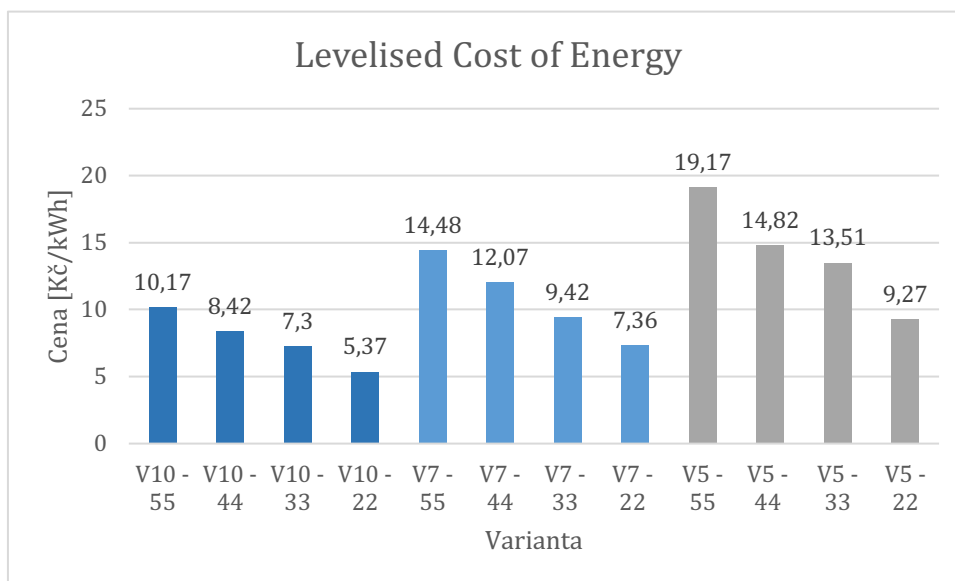
Rok	Et [Kwh]	Mt [Kč]	FT [Kč]	Suma čítel	Suma jmenovatel
1.	12136,50	300	1676	981651	11783
2.	12015,13	690	1778	2326	11325
3.	11893,77	328	1832	1976	10884
4.	11772,40	732	1887	2326	10460
5.	11651,04	348	1943	1976	10050
6.	11529,67	776	2001	2326	9656
7.	11408,31	369	2061	1976	9276
8.	11286,94	823	2123	2326	8910
9.	11165,58	391	2187	1976	8557
10.	11044,21	882601	2253	658415	8218
11.	10922,85	415	2320	1976	7891
12.	10801,48	927	2390	2326	7576
13.	10680,12	441	2462	1976	7273
14.	10558,75	983	2535	2326	6981
15.	10437,39	467	2611	1976	6699
16.	10316,02	1043	2690	2326	6429
17.	10194,66	481	2770	1967	6168
18.	10073,29	1107	2854	2326	5917
19.	9951,93	496	2939	1959	5675
20.	9830,56	1174	3027	2326	5443



Po dosazení do rovnice 22 bude LCOE pro V10 – 55 10,16 Kč/kWh.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_T + M_T + F_T}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_T}{(1+r)^t}} = \frac{1678761}{165172} = 10,16 \text{ Kč/kWh} \quad (22)$$

Porovnání jednotlivých variant jen naznačeno v grafu 6. Z grafu je zřejmé, že i když je v případě varianty s nejmenším výkonem a nejmenším bateriovým úložištěm, nejnižší vstupní investice, i přes to, je cena oproti ostatním variantám nejvyšší, proto je LCOE objektivním měřítkem.



Graf 6 LCOE jednotlivých variant

Pro zjištění, zda cena pořád klesá byla mimo varianty spočtena LCOE i pro variantu s kapacitou akumulčních baterií i na 11 kWh a 10 kWp, kde cena jedné kilowatthodiny činí 4,88 Kč, což je cena velice nízká a jednoznačně může v budoucnu soupeřit s cenou elektřiny z distribuční sítě, i za předpokladu, že ceny energií v blízké době porostou. Proto se při některých návrzích ostrovního systému může počítat i s touto možností. Obecně se ale pro ostrovní systémy používá kapacita na pokrytí elektrické spotřeby 2 – 5 dní, proto tato kapacita nebyla zařazena do posuzovaných variant. Pro náš návrh se jako nejlepší zvolená varianta ukázala V10 – 22, tj. varianta s 10 kWp elektrárnou, 22 kWh bateriemi a 4 kW elektrocentrálou HERON na LPG.

U jednotlivých variant nebyl uvažován růst cen v čase, proto LCOE může v průběhu let kolísat. Bude se jednat zejména o výměnu baterií v 10. roce, tam může dojít k proměně ceny.

## 8.6 Cena elektřiny ze sítě

Cena elektřiny ze sítě je závislá na lokalitě, distribuční sazbě a velikosti jističe. V případě, že se bude počítat s distribuční sazbou D 25d, kdy se jedná o odběrná místa, využívající akumulární spotřebič k vytápění nebo pro ohřev vody, bude cena elektřiny rozdělena mezi vysoký a nízký tarif. Podle E.ON, který zajišťuje dodávku elektřiny v Jihočeském kraji, bude cena následující:

- Vysoký tarif – 5,81030 Kč/kWh
- Nízký tarif – 2,61903 Kč/kWh

Rozložení vysokého a nízkého tarifu je pro každou domácnost jiné, odvíjí se podle uzavřené smlouvy. V případě ostrovního systému, postaveného daleko od distribuční sítě, by se cena mohla vyšplhat na mnohem vyšší hodnoty, kvůli budování přípojky, jejíž cena stále roste.

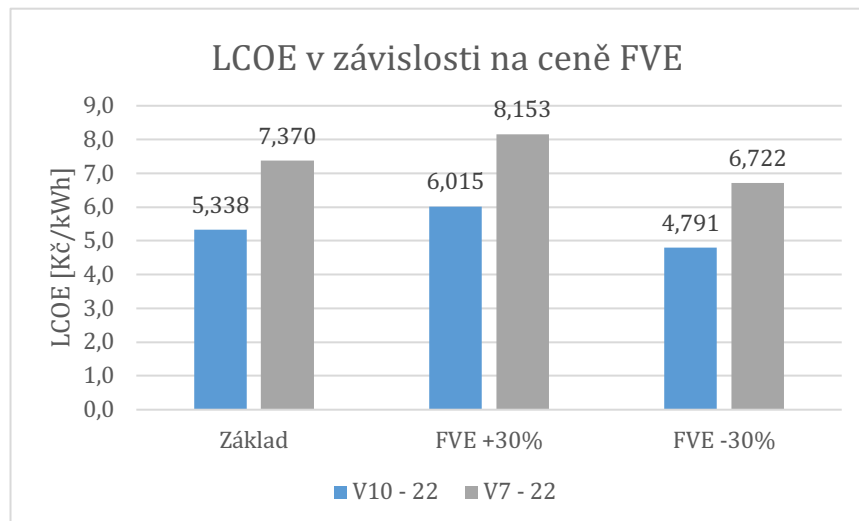
## 8.7 Citlivostní analýza v rámci proměnných nákladů

Aby došlo ke zvážení vlivu proměnných cen v čase, byla provedena citlivostní analýza tří nejlepších variant. Pro ty byly vstupní náklady o 30 % zvětšeny a o 30 % poníženy. Vzhledem k aktuálnímu vývoji ceny ropy je důležité zvážit i růst paliva, ale především růst či pokles fotovoltaických panelů, kde se očekává spíše pokles ceny, vzhledem k jejímu rozvoji, zlepšení účinnosti a popularizaci. Naopak u akumulárních baterií se očekává spíše růst kvůli nedostatku surovin na jejich výrobu. Diskontní sazba pro lepší názornost zůstane nezměněna na 3 %.

Pro tuto analýzu byla vybrány dvě nejvýhodnější varianty – V10 – 22 a V7 – 22. Průběh analýzy spočíval vždy ve zvýšení, respektive poklesu, jedné proměnné. Byly zvažovány následující proměnné:

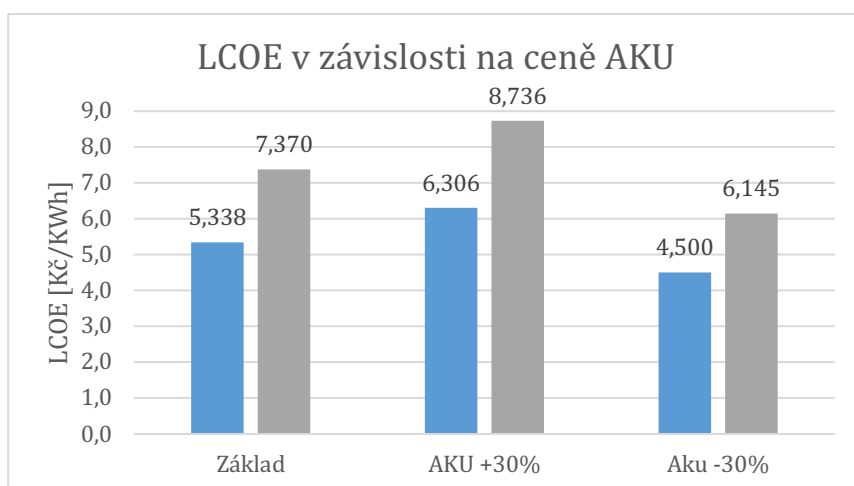
- Náklady na pořízení fotovoltaických panelů – FVE
- Náklady na koupi elektrocentrály – EC
- Náklady na koupi akumulátorů – AKU
- Náklady na spotřebované palivo – Ft

Během samotné analýzy se nejprve počítalo LCOE pro změnu investice do fotovoltaických panelů. S novými náklady se změnila investice do autonomního systému v prvním roce, což v případě navýšení při variantě V10 – 22 způsobilo nárůst ceny o 0,677 Kč/kWh, v případě poklesu ceny fotovoltaiky došlo ke snížení základní ceny o 0,547 Kč/kWh. U V7 – 22 se při zvýšení cena zvýšila o 0,783 Kč/kWh a při snížení cena poklesla o 0,648 Kč/kWh. Rozdíly jsou znázorněny v grafu 7.



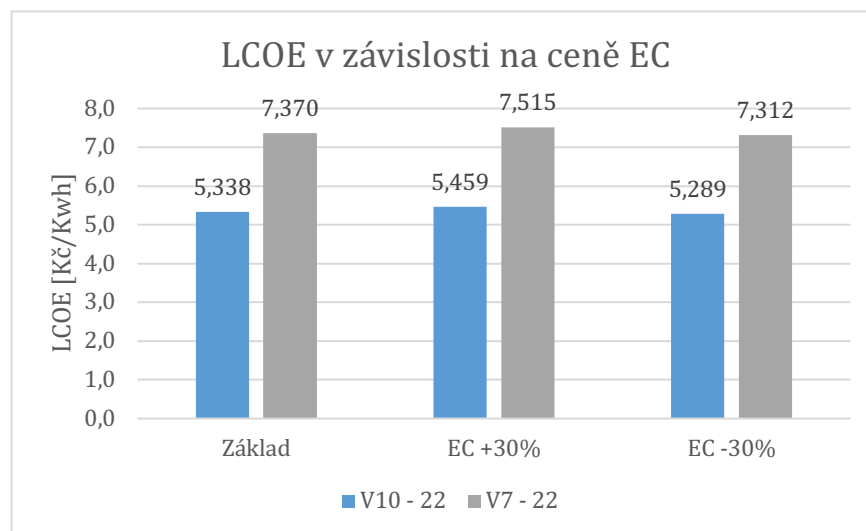
Graf 7 LCOE se změnou ceny FVE

V další fázi došlo ke zvážení ceny akumulátorů. Ve variantě V10 – 22 došlo při zvýšení ceny baterií ke zdražení kWh skoro o korunu, zatímco při snížení se cena ponížila 0,838 Kč. Ve variantě V7 – 22 byl skok ještě rapidnější. Zvýšení ceny způsobilo nárůst o 1,367 Kč/kWh a snížení o 1,225 oproti původní ceně ve výši 7,370 Kč/kWh. V případě je baterií je vliv na cenu elektřiny nejzásadnější. Souvisí to s jejich vysokou nákupní cenou a také s tím, že se počítá pouze s desetiletou životností, proto je brána v úvahu jejich výměna po deseti letech provozu elektrárny.

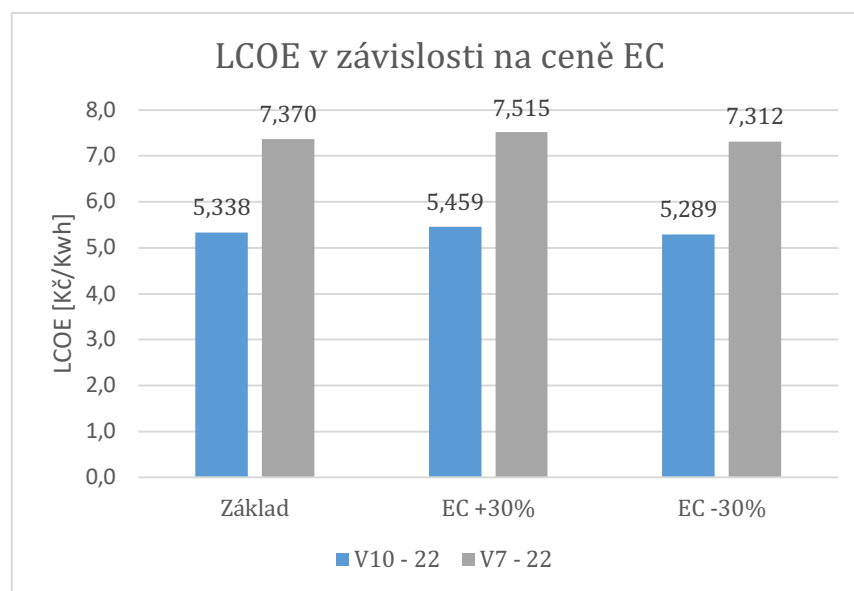


Graf 8 LCOE v závislosti na ceně AKU

Ve třetí fázi se hodnotil vliv ceny elektrocentrály na cenu elektřiny. Elektrocentrála neměla rapidní vliv na výsledek, tam došlo v obou variantách k vzrůstu ceny zhruba o 0,5 Kč/kWh, zatímco v případě snížení nákladů spadla cena přibližně o 0,130 Kč/kWh.

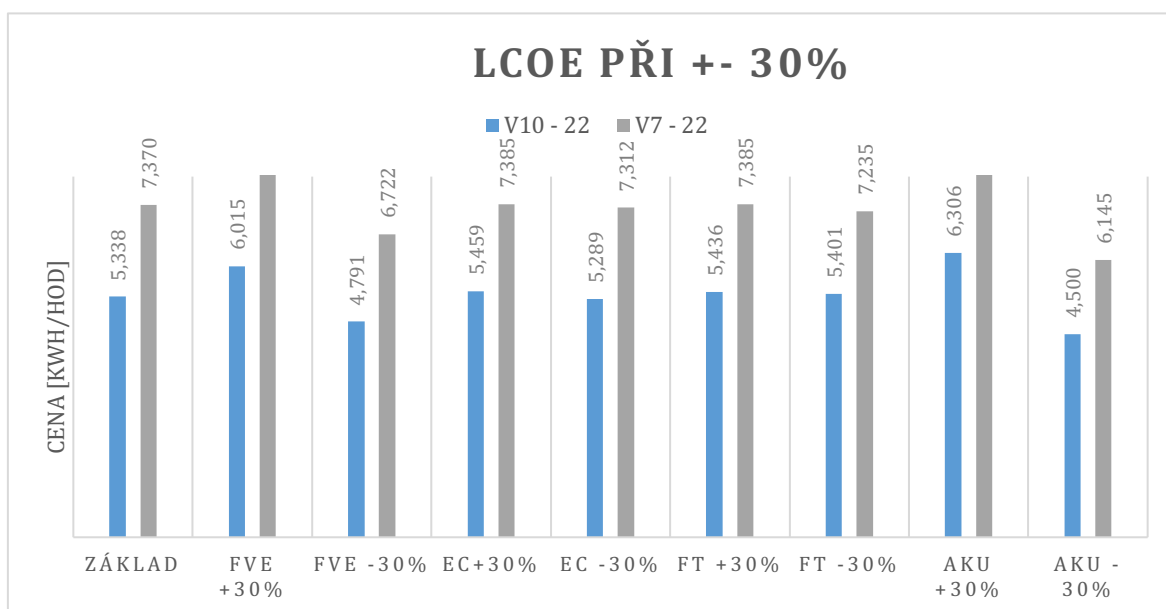


Poslední proměnnou tvořily náklady na palivo. Ty jsou vzhledem k využití elektrocentrály oproti ostatním nízké, proto jejich změna neměla zásadní vliv na velikost LCOE. Kdy se cena zvýšila, resp. понížila pouze o setiny koruny.



Graf 9 Vliv ceny paliva na LCOE

Při provedení citlivostní analýzy se zjistilo, že největší vliv na LCOE budou mít akumulátory. Ty jsou schopny cenu změnit o více než korunu, a to obou směrně. Nicméně stále je tou nejlepší volbou varianta V10 - 22, kdy je cena stále nejpříjemnější. Srovnání všech proměnných nákladů je dobře vidět v grafu 10.



Graf 10 LCOE při proměnných nákladech

## 8.8 Zhodnocení

Vypočtené hodnoty byly vztaženy k bungalovu s panely instalovanými pod úhlem 45°. Po provedení citlivostních analýza vyšla nejlépe varianta V10 – 22. Pro 10 kWp elektrárnu s 22 kWh akumulátory, která ročně vyrobí zhruba 12 140 kWh. K této výrobě se vypočetlo LCOE s výsledkem 5,338 Kč/kWh. Elektrocentrála HERON na LPG tvoří výhodnou volbu nejen z hlediska emisí, ale i údržby a možnosti měnit palivo. Elektrocentrála poběží okolo 50 hodin ročně, což je opravdu přijatelná hodnota nejen z hlediska hluku, ale i nákladů na palivo, které jsou několikanásobně nižší v porovnání s dieselem nebo s benzinem. Celkové roční poplatky za elektřinu by při spotřebě 4009,72 kWh činily 21 403,88 Kč. Pro představu tato cena je téměř srovnatelná s poplatky za elektřinu ze sítě.

Nejhůře vyšly varianty pro 5 kWp elektrárnu. Ta se už z hlediska nákladů vztažených k výrobě nevyplatí. Volbou by byla pouze v případě limitovaného prostoru na střeše, který oproti necelým 54 m<sup>2</sup> v případě 10 kWp činí pouze půlku, tj. 27 m<sup>2</sup>. Popřípadě by se vyplatila po snížení elektrické spotřeby domácnosti, nebo vybudováním akumulací nádrže, která by absorbovala energii, kterou už nejsou schopny baterie uložit.

Dále byly spočtené hodnoty LCOE přepočítány s vývojem cen v čase, kdy se nejlépe osvědčila varianta V10 a 11 kWh, avšak my požadujeme kapacitu akumulátorů větší, proto se bude brát varianta V10 – 22, tj. 10 kWp FVE s 22 kWh bateriemi a s elektrocentrálou Heron.

## 9 Závěr

Rozvoj autonomních soustav se stává čím dál více probíraným a používaným systémem v oblasti zásobování elektřinou. Výrazný rozkvět můžeme vidět zejména v oblasti rekreačních objektů nebo pojízdných obydlí.

V dnešní době, kdy je kladen důraz na snižování emisí skleníkových plynů je jedním z ekonomicky přijatelných řešení, jak se stát nezávislými na síti a většinu energie si vyrábět z obnovitelných zdrojů.

V této práci jsem navrhla autonomní systém zásobující rodinný dům elektřinou nezávisle na síti. Byla provedena rešerše v oblasti malých fotovoltaických elektráren, kde byl částečně popsán vývoj fotovoltaických panelů, jejich možnosti do budoucna, instalace a zejména podmínky, které ovlivňují výkon fotovoltaických panelů. Zajímavým zjištěním byla velmi pokročilá výroba prototypu biologicky rozložitelných panelů, které by jednou mohly nahradit panely křemíkové. Poté byly představeny možnosti autonomních systémů, bylo vysvětleno, z čeho se systém musí skládat, aby fungoval a jaké jsou možné konfigurace. K tomu se vážou akumulční baterie, jejich princip, typy a dostupné materiály na trhu. Baterie budou pravděpodobně v budoucnu čelit problému s nedostatek surovin na výrobu a růst jejich ceny vzhledem k malé konkurenci.

Naposlední řadě byl popsán záložní zdroj elektrické energie, kterým může být motor-generátor užívaný pro větší výkony nebo elektrocentrála. U těch jsem se zaměřila na jednotlivé druhy a jakou elektrocentrálu vybrat pro zvolený navrhovaný systém. V oblasti elektrocentrál dochází pomalu k přechodu na plynové elektrocentrály místo diesellových, které mají nižší náklady na palivo a nižší emise.

Pro návrh autonomního systému jsem zanalyzovala lokalitu, spočítala roční hodinové výkony fotovoltaických panelů a porovnávala jsem je s reálnou fotovoltaickou elektrárnou o stejném výkonu ve stejné lokalitě. Ročně elektrárna vyrobí přibližně 12 140 kWh, což je pro představu přibližně trojnásobek roční spotřeby zkoumané domácnosti. Ta byla založena na týdenní bázi kvůli cyklickým procesům jako je praní prádla, co neprobíhají každý den, aby se zajistila objektivita. Týdenní spotřeba domácnosti byla pak necelých 78 kWh, tj. denní spotřeba 11 kWh. Následně jsem pomocí denní výroby elektrárny zjistila rozdíl energie, potřebný pro pokrytí. Ten v průběhu roku kolísá, nicméně v letním období se do záporných hodnot dostával minimálně. Přibližně můžeme počítat s tím, že všechny navržené velikosti elektrárny pokryjí období od dubna do září samostatně, tj. bez záložního zdroje energie. Záložní zdroj byl navržen podle požadavků obyvatelů tak, aby neběžel příliš dlouho kvůli jeho hlučnosti. Čas provozu elektrocentrály

byl stanoven na tři hodiny, k čemuž se pak dimenzoval výkon v závislosti na denní spotřebě. Ve většině variant se pak počítalo se 4 kW záložním zdrojem energie.

Ze znalosti denního rozdílu výroby a spotřeby elektřiny jsem navrhla možnosti akumulčních baterií. Ty by měly v závislosti na velikosti systému pokrýt přibližně 2 – 5 denní spotřebu energie.

Celkově bylo představeno 12 variant. Spočteny byly špičkové výkony fotovoltaiky o 10 kWp, 7 kWp, 5 kWp. Ke všem výkonům byly propočteny možnosti skladování energie v akumulátorech o velikosti 55, 44, 33, 22 kWh, k nim pak vybrány elektrocentrály s proměnným palivem a o výkonu 4 kW, resp. 2 kW u varianty s 10 kWp elektrárnou a 55 kWh bateriemi.

V ekonomické části jsem provedla výpočet všech nákladů, jak investičních, tak i provozních. Tam jsem došla k výsledku, že z hlediska prvotní investice vyjde nejlépe varianta s nejmenším výkonem fotovoltaiky a s nejmenšími bateriemi. Výše investice do této varianty pak činí 493 455 Kč. Nicméně tato hodnota není vypovídající, proto se spočítala výše ceny jedné kilowatthodiny pomocí LCOE, což zahrnuje veškeré náklady, tj. náklady investiční, provozní i náklady na výměnu baterií po 10 letech; vztažené na výrobu elektrické energie. Tam jsem došla k výsledku, že nejlepší volbou bude varianta s 10 kWp FVE, 22 kWh bateriemi a 4 kW elektrocentrálou na LPG. Cena je pak 5,37 Kč/kWh. Tato cena je srovnatelná s nákupní cenou z distribuční sítě při vysokém tarifu. LCOE prokázalo, že nejvýhodnější varianta z hlediska výše investice nebyla zdaleka tou nejvhodnější, tam se cena vyšplhala dokonce až na necelých 20 Kč/kWh. Celý výpočet jsem aplikovala na mou vlastní domácnost, tak abych případně v budoucnu mohla výpočet použít a realizovat.

Pro zahrnutí vývoje cen v průběhu dalších let, jsem provedla snížení a zvýšení prvotní investice o 30 % u variant s nejnižším LCOE, tak abych zjistila novou cenu elektřiny v případě nárůstu i snížení cen jednotlivých komponentů. V případě nárůstu cen o 30 % bude výše ceny pro variantu V10 – 22 rovna 8,29 Kč/kWh, zatímco v případě snížení, které by zejména v oblasti fotovoltaických panelů mělo nastat, bude cena 3,51 Kč/kWh. Pokud by se částka za jednu kilowatthodinu podařilo dostat pod 4 Kč bude její hodnota srovnatelná s cenou ze sítě.

Situace v cenách energií na trhu se neustále mění a pravděpodobně bude cena elektřiny odebírané ze sítě růst. Díky tomu se výstavba autonomní domácnosti v budoucnu stane zajímavější nejen z hlediska, jak se stát energeticky nezávislým, ale i z hlediska nákladů na energie a oblasti snížení uhlíkové stopy.

## 10 Použitá literatura

- [1] Uložte energii ze solárních panelů do Virtuální baterie | E.ON Solar. Solární systémy a fotovoltaika s Virtuální baterií | E.ON Solar [online]. Dostupné z: <https://www.eon-solar.cz/blog/1-jak-funguje-fotovoltaicky-neboli>
- [2] How do Photovoltaics Work? | Science Mission Directorate. Science Mission Directorate | Science [online]. Dostupné z: <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells>
- [3] Fotovoltaické elektrárny - princip funkce a součásti, elektrárny v ČR. oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrarny-cr/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti>
- [4] Solar PV - Solar photovoltaic cell | The Renewable Energy Hub. The Renewable Energy Hub [online]. Copyright © 2018 The Renewable Energy Hub. All rights reserved. Dostupné z: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/solar-panels/what-are-the-different-types-of-solar-photovoltaic-cells/>
- [5] Types of Photovoltaic (PV) Cells - National Energy Foundation. Improving the Use of Energy in Buildings - the National Energy Foundation - National Energy Foundation [online]. Dostupné z: <http://www.nef.org.uk/knowledge-hub/solar-energy/types-of-photovoltaic-pv-cells>
- [6] HRON, Aleš. Střešní fotovoltaické instalace. In: *Tzb-info.cz* [online]. 2010. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6717-stresni-fotovoltaicke-instalace>
- [7] KONSTRUKCE PRO FV PANELY | FOTOVOLTAIKA | Specializovaný prodejce solárních systémů STORION SMILE - All-in-one řešení fotovoltaických elektráren. FOTOVOLTAIKA | Komplexní řešení fotovoltaických elektráren Storion Smile a dalších solárních řešení. [online]. Dostupné z: [https://www.fvesystemy.cz/KONSTRUKCE-PRO-FV-PANELY-c13\\_0\\_1.htm](https://www.fvesystemy.cz/KONSTRUKCE-PRO-FV-PANELY-c13_0_1.htm)
- [8] Motorgenerátory - Zeppelin CZ. 302 Moved Temporarily [online]. Dostupné z: [https://zeppelin.cz/cs/site/energetickesys/es\\_generatory.htm](https://zeppelin.cz/cs/site/energetickesys/es_generatory.htm)
- [9] Rodinné domy – zdroje energie – Nová zelená úsporám. Nová zelená úsporám – Dotace pro úsporné bydlení [online]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>
- [10] Elektrina.cz - vše co potřebujete vědět v oblasti energetiky a technologií [online]. Copyright © [cit. 18.02.2021]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/nova-zelena-usporam-fotovoltaika-dotace-rodinny-dum>
- [11] How Does a Generator Create Electricity? How Generators Work [online]. Diesel Service & Supply. [cit. 2021-02-19] Dostupné z: [https://www.dieselserviceandsupply.com/How\\_Generators\\_Work.aspx](https://www.dieselserviceandsupply.com/How_Generators_Work.aspx)
- [12] Generator Fuel Tanks – Determining Fuel Capacity, Tank Types, Approvals and Codes [online]. Diesel Service & Supply. Dostupné z: [https://www.dieselserviceandsupply.com/Generator\\_Fuel\\_Tanks.aspx](https://www.dieselserviceandsupply.com/Generator_Fuel_Tanks.aspx)
- [13] Generator Cooling Systems [online]. Diesel Service & Supply. Dostupné z: [https://www.dieselserviceandsupply.com/Generator\\_Cooling\\_Systems.aspx](https://www.dieselserviceandsupply.com/Generator_Cooling_Systems.aspx)
- [14] Best Off-grid solar systems. Clean Energy Reviews [online]. únor 2021. Dostupné z: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/best-off-grid-solar-system>
- [15] MPPT solar charge controllers. *Clean Energy Reviews* [online]. Srpen 2020 Dostupné z: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/mppt-solar-charge-controllers>
- [16] Vybíráme Elektrocentrálu - srovnání 9 modelů 2021 - Cestakbydlení. Praktické rady a návody, srovnání, testy, recenze - Cestakbydlení [online]. Copyright © 2021, Dostupné z: <https://cestakbydleni.cz/elektrocentraly/>



- [17] Elektřina ze spalovacího motoru; jak vybrat elektrocentrálu | iReceptář.cz. iReceptář.cz [online]. Copyright © [cit. 03.03.2021]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/elektrina-ze-spalovaciho-motoru-jak-vybrat-elektrocentralu.html>
- [18] HERON - benzínovo/plynová elektrocentrála [online]. [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: [http://www.heron-motor.cz/media/attachments/catalog\\_product/106/8896319.pdf](http://www.heron-motor.cz/media/attachments/catalog_product/106/8896319.pdf)
- [19] Benzínová elektrocentrála 4,8kW / 6,5HP, 2500W, 12/230/380V, KRAFT&DELE KD112 - Dum-dilna.cz. -Dum-dilna.cz [online]. Dostupné z: <https://www.dum-dilna.cz/elektrocentraly/benzinova-elektrocentrala-4-8kw-6-5hp--2500w--12-230-380v--kraft-dele-kd112/>
- [20] ZEPPELIN CZ S.R.O. Musí mít záložní zdroj vždy diesellový motor? Energetika.tzb-info.cz [online]. [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/16769-musi-mit-zalozni-elektrocentraly-vzdy-diesellovy-motor>
- [21] Největší fotovoltaická elektrárna v Evropě začala dodávat elektřinu do sítě. oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky [online]. [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/nejvetsi-fotovoltaicka-elektrarna-evrope-zacala-dodavat-elektrinu-site>
- [22] Solar resource maps and GIS data for 200+ countries | Solargis. Solar Irradiance data | Solargis [online]. Copyright © 2019 The World Bank, Source [cit. 17.04.2021]. Dostupné z: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/czech-republic>
- [23] Global off-grid renewable capacity tripled between 2008 and 2017 - pv magazine International. *pv magazine International – Photovoltaic Markets and Technology* [online]. Copyright © pv magazine 2021 [cit. 17.04.2021]. Dostupné z: <https://www.pv-magazine.com/2018/07/20/global-off-grid-renewable-capacity-tripled-between-2008-and-2017/>
- [24] Zákon č. 458/2000 Sb. *Zákony pro lidi* [online]. 2000 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>
- [25] TOP 10 Solar Panels - Latest Technology 2021. *Clean Energy Reviews* [online]. březen 2021. Dostupné z: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2017/9/11/best-solar-panels-top-modules-review>
- [26] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) | EU Science Hub. European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache [online]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis?fbclid=IwAR27wjuKSznasegGi0yYDCCg6mkcGOXQcaU06eWdTIZ0gd5clwtCa\\_whM](https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis?fbclid=IwAR27wjuKSznasegGi0yYDCCg6mkcGOXQcaU06eWdTIZ0gd5clwtCa_whM)
- [27] Kipor KDE6700TA Diesel Generator - 5,5 kVA - Kipor Power Products. Kipor Europe - Gasoline and Diesel Generators - Kipor Power Products [online]. Copyright © [cit. 28.04.2021]. Dostupné z: <https://www.kipor-power.eu/winkel/kipor-kde6700ta3-diesel-generator-55-kva-kopie/>
- [28] Solární panel HT-SAAE HT60-156M-310 Mono 310 Wp (celočerný) - SOLARTEC. Fotovoltaika od profesionálů - SOLARTEC [online]. Dostupné z: <https://shop.solartec.eu/solarni-panel-ht-saae-ht60-156m-310-mono-310-wp-celocerny/>
- [29] Europe's leading lithium battery cells and solar components distributor - GWL. Europe's leading lithium battery cells and solar components distributor - GWL [online]. Dostupné z: <https://www.gwl.eu>

# 11 Seznamy

## 11.1 Seznam tabulek

Tabulka 1 Hodnoty intenzit globálního záření [25].....	14
Tabulka 2 Požadované parametry [9].....	17
Tabulka 3 Fotovoltaický panel HT - SAAE.....	35
Tabulka 4 Vyrobená energie 1.8.2016.....	36
Tabulka 5 Spotřeba elektrické energie domácnosti .....	38
Tabulka 6 Varianty návrhu ostrovního systému.....	40
Tabulka 7 Počty článků pro jednotlivé varianty .....	41
Tabulka 9 Investice do fotovoltaiky.....	45
Tabulka 10 Náklady na akumulátor.....	46
Tabulka 11 Náklady na elektrocentrálu.....	46
Tabulka 12 LCOE pro V10 – 55 .....	48
Tabulka 15 Celkové investiční náklady .....	76

## 11.2 Seznam obrázky

Obr. 1 Princip fotovoltaického panelu [1] .....	11
Obr. 2 Globální záření v České republice [21] .....	13
Obr. 3 Základní rozložení off-grid systému [zdroj: 14] .....	20
Obr. 4 Autonomní systém se DC [23] .....	21
Obr. 5 Autonomní systém s AC a DC [23].....	21
Obr. 6 Autonomní systém s AC [23].....	22
Obr. 7 Hybridní autonomní systém s větrnou turbínou [23] .....	22
Obr. 8 Hybridní autonomní systém s elektrocentrálou [23] .....	23
Obr. 9 Sériové zapojení baterií.....	26
Obr. 10 Paralelní zapojení článků .....	27
Obr. 11 PWM solární regulátor [15] .....	28
Obr. 12 MPPT solární regulátor [15].....	28
Obr. 13 Skladba motorgenerátoru [11] .....	30
Obr. 14 Prvky elektrocentrály [18] .....	32
Obr. 15 Analyzovaný objekt.....	33

Obr. 16 Skladba obálky .....	34
Obr. 17 Schéma použitého ostrovního systému .....	34
Obr. 18 Elektrocentrála Kraft&Dele [19] .....	43
Obr. 19 Elektrocentrála KIPOR [26].....	44
Obr. 20 HERON elektrocentrála [18] .....	44

### 11.3 Seznam grafů

Graf 1 Porovnání naměřených a spočtených hodnot .....	37
Graf 2 Roční výkon FVE s vyznačenou denní spotřebou .....	39
Graf 3 Počet provozních hodin elektrocentrály .....	43
Graf 4 Náklady na palivo .....	46
Graf 5 Celkové investiční náklady .....	47
Graf 6 LCOE jednotlivých variant .....	49
Graf 7 LCOE se změnou ceny FVE.....	51
Graf 8 LCOE v závislosti na ceně AKU .....	51
Graf 9 Vliv ceny paliva na LCOE.....	52
Graf 10 LCOE při proměnných nákladech .....	53

# 12 Přílohy

## 12.1 Příloha 1- Produktový list solárního panelu

Reliable State-owned Enterprise Deliver Solar Power since 1960s

### HT60-156M

### HT60-156M(V) V means 150V module

**Comprehensive and first-rate certification system**

IEC61215:2016, IEC61730:2016 Latest Standard ISO9001, ISO14001 and OHSAS18001, meeting the highest international standards  
Strict quality control

- IEC 61215:2016, IEC 61730:2016
- Module Efficiency
- Certified to withstand dynamic mechanical load 1000 Pascal
- PID resistant
- Microcrack resistant, Triple E tested at high quality control
- Strict quality control meeting the highest international standards ISO 9001, ISO 14001
- Advanced surface treatment, less surface reflection and SB cell design can reduce the series resistance and improve the module
- Designed for high-voltage systems of up to 1500VDC, increasing the using length of solar systems and saving on BCS costs
- Higher module's output power
- Ammonia corrosion resistant, Salt Mist corrosion resistant
- Endure module certified to withstand extreme wind (2400 Pa) and snow loads (5000 Pa)
- All the modules are sorted and packaged by ampereage, reducing mismatch losses and maximizing system output.

\* Copyright © 19707. Specifications are subject to change without further notification.

Engineering Drawing

Electrical Characteristics	
Module	HT60-156M / HT60-156M(V)
Maximum Power at STC (Pmax)	
Open-Circuit Voltage (Voc)	
Short-Circuit Current (Isc)	
Optimum Operating Voltage (Vmp)	
Optimum Operating Current (Imp)	
Module Efficiency	
Power Tolerance	0 ~ ±5W
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)
Maximum Series Fuse Rating	15A
Operating Temperature	-40 °C to +85 °C
STC Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , module temperature 25 °C, AM=1.5	
Optional black frame or white frame module according to customer requirements	

Temperature Characteristics		
Temperature Coefficient of Pmax	γ (Pm)	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Voc	β (Voc)	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	α (Isc)	0.045%/°C

NOCT	
Module	HT60-156M / HT60-156M(V)
Maximum Power	
Open-Circuit Voltage (Voc)	
Short-Circuit Current (Isc)	
Maximum Power Voltage (Vmp)	
Maximum Circuit Current (Imp)	
NOCT	44 °C ± 2 °C
NOCT: Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s	

Mechanical Characteristics	
Star Cells	Monocrystalline 156.75 × 156.75mm
Half Cells	60 (6 × 10)
Dimensions	1640 × 992 × 35mm (64.6 × 39 × 1.4in.)
Weight	18.8kg (40.8lb)
Front Glass	High transmission tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction Box	IP67
Cable	4mm <sup>2</sup> (IEC)
Connectors	MCA/MCA Compatible
Packaging Configuration	30pcs/Box, 910pcs/40HQ Container

**Warranty**

25-year product warranty

25-year warranty on power output

**Information Box**

The module recycling should be carried out by the professional institutions at the end of module life cycle.

## 12.2 Příloha 2 – Hodnoty pro 10 kWp

Den	E [kWh]	Denní spotřeba	rozdíl
01.01.16	0,43	11,02	-10,58
02.01.16	3,01	11,02	-8,01
03.01.16	0,39	11,02	-10,63
04.01.16	3,38	11,02	-7,64
05.01.16	1,54	11,02	-9,48
06.01.16	0,78	11,02	-10,23
07.01.16	18,14	11,02	7,13
08.01.16	44,60	11,02	33,58
09.01.16	5,49	11,02	-5,53
10.01.16	5,49	11,02	-5,53
11.01.16	7,02	11,02	-3,99
12.01.16	6,26	11,02	-4,75
13.01.16	2,41	11,02	-8,61
14.01.16	16,81	11,02	5,79
15.01.16	7,65	11,02	-3,36
16.01.16	5,45	11,02	-5,56
17.01.16	10,49	11,02	-0,52
18.01.16	5,45	11,02	-5,57
19.01.16	9,63	11,02	-1,38
20.01.16	4,06	11,02	-6,96
21.01.16	7,77	11,02	-3,25
22.01.16	9,34	11,02	-1,68
23.01.16	2,60	11,02	-8,42
24.01.16	9,01	11,02	-2,00
25.01.16	2,81	11,02	-8,20
26.01.16	19,74	11,02	8,73
27.01.16	28,19	11,02	17,18
28.01.16	2,73	11,02	-8,28
29.01.16	47,77	11,02	36,75
30.01.16	16,35	11,02	5,33
31.01.16	8,63	11,02	-2,38
01.02.16	5,27	11,02	-5,75
02.02.16	6,82	11,02	-4,19
03.02.16	6,63	11,02	-4,39
04.02.16	7,55	11,02	-3,46
05.02.16	17,10	11,02	6,08
06.02.16	34,47	11,02	23,45
07.02.16	27,72	11,02	16,71
08.02.16	36,10	11,02	25,08
09.02.16	19,56	11,02	8,54

10.02.16	14,03	11,02	3,02
11.02.16	16,78	11,02	5,77
12.02.16	16,60	11,02	5,59
13.02.16	11,15	11,02	0,14
14.02.16	31,28	11,02	20,27
15.02.16	23,39	11,02	12,37
16.02.16	6,50	11,02	-4,51
17.02.16	6,78	11,02	-4,24
18.02.16	55,06	11,02	44,04
19.02.16	21,58	11,02	10,56
20.02.16	18,13	11,02	7,11
21.02.16	7,90	11,02	-3,11
22.02.16	18,49	11,02	7,48
23.02.16	8,39	11,02	-2,63
24.02.16	15,95	11,02	4,94
25.02.16	34,72	11,02	23,70
26.02.16	39,95	11,02	28,93
27.02.16	33,58	11,02	22,56
28.02.16	10,53	11,02	-0,49
29.02.16	9,06	11,02	-1,95
01.03.16	7,16	11,02	-3,85
02.03.16	5,77	11,02	-5,25
03.03.16	12,22	11,02	1,21
04.03.16	40,85	11,02	29,83
05.03.16	26,48	11,02	15,46
06.03.16	9,16	11,02	-1,85
07.03.16	25,69	11,02	14,68
08.03.16	17,38	11,02	6,36
09.03.16	26,96	11,02	15,94
10.03.16	9,72	11,02	-1,30
11.03.16	11,31	11,02	0,29
12.03.16	7,43	11,02	-3,58
13.03.16	9,19	11,02	-1,83
14.03.16	48,07	11,02	37,06
15.03.16	6,55	11,02	-4,46
16.03.16	12,24	11,02	1,23
17.03.16	65,85	11,02	54,83
18.03.16	67,80	11,02	56,79
19.03.16	13,16	11,02	2,14
20.03.16	11,23	11,02	0,21
21.03.16	18,24	11,02	7,22
22.03.16	19,08	11,02	8,06

23.03.16	29,19	11,02	18,17
24.03.16	23,42	11,02	12,41
25.03.16	17,37	11,02	6,35
26.03.16	12,68	11,02	1,67
27.03.16	58,92	11,02	47,90
28.03.16	45,26	11,02	34,24
29.03.16	42,12	11,02	31,11
30.03.16	16,38	11,02	5,36
31.03.16	70,11	11,02	59,10
01.04.16	13,84	11,02	2,82
02.04.16	69,68	11,02	58,66
03.04.16	57,05	11,02	46,03
04.04.16	58,38	11,02	47,37
05.04.16	66,16	11,02	55,15
06.04.16	33,40	11,02	22,39
07.04.16	39,94	11,02	28,92
08.04.16	19,79	11,02	8,78
09.04.16	17,44	11,02	6,43
10.04.16	28,20	11,02	17,19
11.04.16	23,72	11,02	12,70
12.04.16	64,67	11,02	53,65
13.04.16	48,18	11,02	37,16
14.04.16	25,47	11,02	14,45
15.04.16	13,18	11,02	2,16
16.04.16	28,05	11,02	17,04
17.04.16	19,82	11,02	8,80
18.04.16	25,98	11,02	14,97
19.04.16	26,52	11,02	15,51
20.04.16	104,13	11,02	93,11
21.04.16	79,56	11,02	68,54
22.04.16	64,41	11,02	53,39
23.04.16	30,31	11,02	19,29
24.04.16	37,25	11,02	26,24
25.04.16	43,27	11,02	32,25
26.04.16	23,20	11,02	12,18
27.04.16	40,85	11,02	29,84
28.04.16	47,08	11,02	36,06
29.04.16	67,97	11,02	56,96
30.04.16	79,93	11,02	68,91
01.05.16	27,68	11,02	16,67
02.05.16	68,37	11,02	57,35
03.05.16	61,88	11,02	50,87
04.05.16	18,57	11,02	7,55
05.05.16	34,03	11,02	23,01

06.05.16	74,66	11,02	63,64
07.05.16	74,17	11,02	63,15
08.05.16	62,18	11,02	51,17
09.05.16	72,26	11,02	61,25
10.05.16	47,51	11,02	36,49
11.05.16	73,73	11,02	62,71
12.05.16	12,37	11,02	1,35
13.05.16	31,57	11,02	20,55
14.05.16	44,41	11,02	33,40
15.05.16	37,78	11,02	26,76
16.05.16	38,18	11,02	27,16
17.05.16	23,72	11,02	12,70
18.05.16	41,71	11,02	30,70
19.05.16	46,55	11,02	35,54
20.05.16	57,31	11,02	46,30
21.05.16	64,26	11,02	53,24
22.05.16	71,35	11,02	60,33
23.05.16	42,50	11,02	31,48
24.05.16	17,40	11,02	6,39
25.05.16	33,57	11,02	22,56
26.05.16	67,11	11,02	56,10
27.05.16	48,81	11,02	37,79
28.05.16	51,59	11,02	40,57
29.05.16	52,23	11,02	41,22
30.05.16	45,08	11,02	34,07
31.05.16	27,27	11,02	16,26
01.06.16	47,14	11,02	36,13
02.06.16	39,71	11,02	28,69
03.06.16	22,71	11,02	11,69
04.06.16	55,31	11,02	44,30
05.06.16	56,64	11,02	45,62
06.06.16	51,92	11,02	40,90
07.06.16	74,94	11,02	63,92
08.06.16	64,58	11,02	53,57
09.06.16	25,17	11,02	14,16
10.06.16	57,57	11,02	46,56
11.06.16	26,85	11,02	15,83
12.06.16	39,29	11,02	28,27
13.06.16	38,28	11,02	27,27
14.06.16	55,07	11,02	44,05
15.06.16	35,25	11,02	24,24
16.06.16	56,68	11,02	45,67
17.06.16	25,04	11,02	14,03
18.06.16	60,83	11,02	49,81

19.06.16	39,44	11,02	28,42
20.06.16	46,25	11,02	35,24
21.06.16	26,82	11,02	15,81
22.06.16	53,89	11,02	42,88
23.06.16	81,04	11,02	70,02
24.06.16	81,10	11,02	70,09
25.06.16	34,95	11,02	23,93
26.06.16	47,33	11,02	36,31
27.06.16	50,67	11,02	39,65
28.06.16	61,33	11,02	50,32
29.06.16	50,11	11,02	39,09
30.06.16	30,23	11,02	19,21
01.07.16	61,37	11,02	50,35
02.07.16	33,11	11,02	22,10
03.07.16	42,11	11,02	31,09
04.07.16	66,04	11,02	55,02
05.07.16	63,78	11,02	52,76
06.07.16	50,72	11,02	39,70
07.07.16	71,59	11,02	60,58
08.07.16	67,99	11,02	56,98
09.07.16	58,42	11,02	47,41
10.07.16	79,67851	11,02	68,66
11.07.16	57,33686	11,02	46,32
12.07.16	24,50289	11,02	13,49
13.07.16	34,00588	11,02	22,99
14.07.16	17,36064	11,02	6,34
15.07.16	20,04826	11,02	9,03
16.07.16	62,30913	11,02	51,29
17.07.16	25,29029	11,02	14,27
18.07.16	72,74246	11,02	61,73
19.07.16	68,28667	11,02	57,27
20.07.16	72,87462	11,02	61,86
21.07.16	32,66304	11,02	21,65
22.07.16	55,7677	11,02	44,75
23.07.16	37,75493	11,02	26,74
24.07.16	29,1646	11,02	18,15
25.07.16	57,80611	11,02	46,79
26.07.16	96,23834	11,02	85,22
27.07.16	49,8372	11,02	38,82
28.07.16	56,17787	11,02	45,16
29.07.16	44,19171	11,02	33,18
30.07.16	50,9065	11,02	39,89
31.07.16	13,63539	11,02	2,62
01.08.16	65,30548	11,02	54,29

02.08.16	27,60885	11,02	16,59
03.08.16	33,0768	11,02	22,06
04.08.16	78,05824	11,02	67,04
05.08.16	18,47259	11,02	7,46
06.08.16	50,25612	11,02	39,24
07.08.16	73,46631	11,02	62,45
08.08.16	78,74604	11,02	67,73
09.08.16	16,03888	11,02	5,02
10.08.16	18,83476	11,02	7,82
11.08.16	53,38491	11,02	42,37
12.08.16	12,84061	11,02	1,82
13.08.16	35,36874	11,02	24,35
14.08.16	65,16817	11,02	54,15
15.08.16	61,91237	11,02	50,90
16.08.16	62,84932	11,02	51,83
17.08.16	75,28073	11,02	64,27
18.08.16	75,07492	11,02	64,06
19.08.16	73,42938	11,02	62,41
20.08.16	62,53137	11,02	51,52
21.08.16	31,0038	11,02	19,99
22.08.16	42,83235	11,02	31,82
23.08.16	61,17852	11,02	50,16
24.08.16	63,31109	11,02	52,30
25.08.16	74,25575	11,02	63,24
26.08.16	73,47311	11,02	62,46
27.08.16	73,19082	11,02	62,18
28.08.16	69,32448	11,02	58,31
29.08.16	23,12128	11,02	12,11
30.08.16	48,46394	11,02	37,45
31.08.16	71,89044	11,02	60,87
01.09.16	68,81432	11,02	57,80
02.09.16	64,06253	11,02	53,05
03.09.16	42,77181	11,02	31,76
04.09.16	37,64445	11,02	26,63
05.09.16	22,1166	11,02	11,10
06.09.16	55,06067	11,02	44,04
07.09.16	69,66196	11,02	58,65
08.09.16	69,15948	11,02	58,14
09.09.16	65,76122	11,02	54,75
10.09.16	56,7338	11,02	45,72
11.09.16	70,03657	11,02	59,02
12.09.16	69,61075	11,02	58,60
13.09.16	65,20947	11,02	54,19
14.09.16	55,2728	11,02	44,26

15.09.16	67,49859	11,02	56,48
16.09.16	55,30243	11,02	44,29
17.09.16	8,254892	11,02	-2,76
18.09.16	13,79631	11,02	2,78
19.09.16	9,969034	11,02	-1,05
20.09.16	23,25997	11,02	12,24
21.09.16	26,99852	11,02	15,98
22.09.16	39,09399	11,02	28,08
23.09.16	43,50693	11,02	32,49
24.09.16	57,2875	11,02	46,27
25.09.16	58,91778	11,02	47,90
26.09.16	47,90772	11,02	36,89
27.09.16	52,10348	11,02	41,09
28.09.16	43,23027	11,02	32,21
29.09.16	55,6029	11,02	44,59
30.09.16	43,50255	11,02	32,49
01.10.16	57,76355	11,02	46,75
02.10.16	8,428639	11,02	-2,59
03.10.16	16,46751	11,02	5,45
04.10.16	13,15147	11,02	2,14
05.10.16	21,12067	11,02	10,10
06.10.16	9,229446	11,02	-1,79
07.10.16	22,52541	11,02	11,51
08.10.16	17,41029	11,02	6,39
09.10.16	27,80903	11,02	16,79
10.10.16	28,79476	11,02	17,78
11.10.16	14,37809	11,02	3,36
12.10.16	8,784002	11,02	-2,23
13.10.16	13,28469	11,02	2,27
14.10.16	7,263334	11,02	-3,75
15.10.16	25,44907	11,02	14,43
16.10.16	26,1596	11,02	15,14
17.10.16	23,50327	11,02	12,49
18.10.16	8,629594	11,02	-2,39
19.10.16	11,72826	11,02	0,71
20.10.16	21,11707	11,02	10,10
21.10.16	12,36252	11,02	1,35
22.10.16	17,81823	11,02	6,80
23.10.16	45,69868	11,02	34,68
24.10.16	18,02044	11,02	7,00
25.10.16	7,222326	11,02	-3,79
26.10.16	7,69391	11,02	-3,32
27.10.16	18,96633	11,02	7,95
28.10.16	18,33441	11,02	7,32

29.10.16	17,48424	11,02	6,47
30.10.16	30,07939	11,02	19,06
31.10.16	30,07939	11,02	19,06
01.11.16	49,29662	11,02	38,28
02.11.16	21,30472	11,02	10,29
03.11.16	38,59199	11,02	27,58
04.11.16	39,64603	11,02	28,63
05.11.16	22,53484	11,02	11,52
06.11.16	7,130886	11,02	-3,88
07.11.16	17,94562	11,02	6,93
08.11.16	33,04892	11,02	22,03
09.11.16	25,36016	11,02	14,34
10.11.16	3,964292	11,02	-7,05
11.11.16	8,470812	11,02	-2,54
12.11.16	5,07139	11,02	-5,94
13.11.16	34,55268	11,02	23,54
14.11.16	40,79219	11,02	29,78
15.11.16	13,95869	11,02	2,94
16.11.16	6,085882	11,02	-4,93
17.11.16	6,347181	11,02	-4,67
18.11.16	26,84652	11,02	15,83
19.11.16	37,31124	11,02	26,30
20.11.16	5,164579	11,02	-5,85
21.11.16	32,70249	11,02	21,69
22.11.16	6,40947	11,02	-4,61
23.11.16	6,929737	11,02	-4,09
24.11.16	5,652099	11,02	-5,36
25.11.16	3,438583	11,02	-7,58
26.11.16	3,654794	11,02	-7,36
27.11.16	4,626918	11,02	-6,39
28.11.16	10,77898	11,02	-0,24
29.11.16	37,92917	11,02	26,91
30.11.16	12,55696	11,02	1,54
01.12.16	5,549192	11,02	-5,47
02.12.16	19,96392	11,02	8,95
03.12.16	39,39581	11,02	28,38
04.12.16	33,77655	11,02	22,76
05.12.16	5,27	11,02	-5,75
06.12.16	5,47	11,02	-5,55
07.12.16	14,70974	11,02	3,69
08.12.16	29,79681	11,02	18,78
09.12.16	3,959336	11,02	-7,06
10.12.16	24,7502	11,02	13,73
11.12.16	4,50	11,02	-6,52



<b>12.12.16</b>	3,937569	11,02	<b>-7,08</b>
<b>13.12.16</b>	8,186482	11,02	<b>-2,83</b>
<b>14.12.16</b>	4,886663	11,02	<b>-6,13</b>
<b>15.12.16</b>	4,963042	11,02	<b>-6,05</b>
<b>16.12.16</b>	28,61732	11,02	<b>17,60</b>
<b>17.12.16</b>	6,421714	11,02	<b>-4,59</b>
<b>18.12.16</b>	5,463777	11,02	<b>-5,55</b>
<b>19.12.16</b>	3,004314	11,02	<b>-8,01</b>
<b>20.12.16</b>	3,13064	11,02	<b>-7,89</b>
<b>21.12.16</b>	4,629445	11,02	<b>-6,39</b>

<b>22.12.16</b>	6,372252	11,02	<b>-4,64</b>
<b>23.12.16</b>	4,254161	11,02	<b>-6,76</b>
<b>24.12.16</b>	5,789697	11,02	<b>-5,23</b>
<b>25.12.16</b>	3,150949	11,02	<b>-7,86</b>
<b>26.12.16</b>	6,057993	11,02	<b>-4,96</b>
<b>27.12.16</b>	3,356569	11,02	<b>-7,66</b>
<b>28.12.16</b>	2,873519	11,02	<b>-8,14</b>
<b>29.12.16</b>	28,1091	11,02	<b>17,09</b>
<b>30.12.16</b>	37,19308	11,02	<b>26,18</b>
<b>31.12.16</b>	37,6221	11,02	<b>26,61</b>

### 12.3 Příloha 3 – Hodnoty pro 7 kWp

Datum	7kWp	Spotřeba [kWh]	rozdíl [kWh]
01.01.16	0,30	11,02	-10,71
02.01.16	2,10	11,02	-8,92
03.01.16	0,27	11,02	-10,75
04.01.16	2,35	11,02	-8,66
05.01.16	1,07	11,02	-9,94
06.01.16	0,55	11,02	-10,47
07.01.16	12,64	11,02	1,63
08.01.16	31,08	11,02	20,07
09.01.16	3,83	11,02	-7,19
10.01.16	3,83	11,02	-7,19
11.01.16	4,89	11,02	-6,12
12.01.16	4,37	11,02	-6,65
13.01.16	1,68	11,02	-9,34
14.01.16	11,72	11,02	0,70
15.01.16	5,33	11,02	-5,68
16.01.16	3,80	11,02	-7,21
17.01.16	7,31	11,02	-3,70
18.01.16	3,80	11,02	-7,22
19.01.16	6,71	11,02	-4,30
20.01.16	2,83	11,02	-8,19
21.01.16	5,41	11,02	-5,60
22.01.16	6,51	11,02	-4,51
23.01.16	1,81	11,02	-9,21
24.01.16	6,28	11,02	-4,73
25.01.16	1,96	11,02	-9,06
26.01.16	13,76	11,02	2,75
27.01.16	19,65	11,02	8,63
28.01.16	1,91	11,02	-9,11
29.01.16	33,29	11,02	22,28
30.01.16	11,39	11,02	0,38
31.01.16	6,02	11,02	-5,00
01.02.16	3,67	11,02	-7,34
02.02.16	4,76	11,02	-6,26
03.02.16	4,62	11,02	-6,40
04.02.16	5,26	11,02	-5,75
05.02.16	11,92	11,02	0,90
06.02.16	24,02	11,02	13,01
07.02.16	19,32	11,02	8,31
08.02.16	25,16	11,02	14,14

09.02.16	13,63	11,02	2,61
10.02.16	9,78	11,02	-1,23
11.02.16	11,70	11,02	0,68
12.02.16	11,57	11,02	0,56
13.02.16	7,77	11,02	-3,24
14.02.16	21,80	11,02	10,79
15.02.16	16,30	11,02	5,29
16.02.16	4,53	11,02	-6,48
17.02.16	4,72	11,02	-6,29
18.02.16	38,38	11,02	27,36
19.02.16	15,04	11,02	4,02
20.02.16	12,63	11,02	1,62
21.02.16	5,51	11,02	-5,51
22.02.16	12,89	11,02	1,87
23.02.16	5,85	11,02	-5,17
24.02.16	11,12	11,02	0,10
25.02.16	24,20	11,02	13,18
26.02.16	27,84	11,02	16,83
27.02.16	23,40	11,02	12,39
28.02.16	7,34	11,02	-3,68
29.02.16	6,32	11,02	-4,70
01.03.16	4,99	11,02	-6,02
02.03.16	4,02	11,02	-7,00
03.03.16	8,52	11,02	-2,50
04.03.16	28,47	11,02	17,45
05.03.16	18,46	11,02	7,44
06.03.16	6,39	11,02	-4,63
07.03.16	17,91	11,02	6,89
08.03.16	12,11	11,02	1,10
09.03.16	18,79	11,02	7,77
10.03.16	6,77	11,02	-4,24
11.03.16	7,88	11,02	-3,13
12.03.16	5,18	11,02	-5,83
13.03.16	6,40	11,02	-4,61
14.03.16	33,51	11,02	22,49
15.03.16	4,57	11,02	-6,45
16.03.16	8,53	11,02	-2,48
17.03.16	45,89	11,02	34,88
18.03.16	47,26	11,02	36,24
19.03.16	9,17	11,02	-1,84
20.03.16	7,82	11,02	-3,19

21.03.16	12,71	11,02	1,70
22.03.16	13,30	11,02	2,28
23.03.16	20,34	11,02	9,33
24.03.16	16,33	11,02	5,31
25.03.16	12,11	11,02	1,09
26.03.16	8,84	11,02	-2,18
27.03.16	41,06	11,02	30,05
28.03.16	31,54	11,02	20,53
29.03.16	29,36	11,02	18,34
30.03.16	11,42	11,02	0,40
31.03.16	48,87	11,02	37,85
01.04.16	9,64	11,02	-1,37
02.04.16	48,56	11,02	37,55
03.04.16	39,76	11,02	28,74
04.04.16	40,69	11,02	29,68
05.04.16	46,11	11,02	35,10
06.04.16	23,28	11,02	12,27
07.04.16	27,84	11,02	16,82
08.04.16	13,79	11,02	2,78
09.04.16	12,16	11,02	1,14
10.04.16	19,66	11,02	8,64
11.04.16	16,53	11,02	5,52
12.04.16	45,07	11,02	34,05
13.04.16	33,58	11,02	22,56
14.04.16	17,75	11,02	6,74
15.04.16	9,19	11,02	-1,83
16.04.16	19,55	11,02	8,54
17.04.16	13,81	11,02	2,80
18.04.16	18,11	11,02	7,09
19.04.16	18,49	11,02	7,47
20.04.16	72,57	11,02	61,56
21.04.16	55,45	11,02	44,43
22.04.16	44,89	11,02	33,87
23.04.16	21,12	11,02	10,11
24.04.16	25,96	11,02	14,95
25.04.16	30,16	11,02	19,14
26.04.16	16,17	11,02	5,15
27.04.16	28,47	11,02	17,46
28.04.16	32,81	11,02	21,79
29.04.16	47,38	11,02	36,36
30.04.16	55,71	11,02	44,69
01.05.16	19,29	11,02	8,28
02.05.16	47,65	11,02	36,63
03.05.16	43,13	11,02	32,11

04.05.16	12,94	11,02	1,93
05.05.16	23,72	11,02	12,70
06.05.16	52,04	11,02	41,02
07.05.16	51,69	11,02	40,68
08.05.16	43,34	11,02	32,33
09.05.16	50,37	11,02	39,35
10.05.16	33,11	11,02	22,10
11.05.16	51,39	11,02	40,37
12.05.16	8,62	11,02	-2,40
13.05.16	22,00	11,02	10,99
14.05.16	30,95	11,02	19,94
15.05.16	26,33	11,02	15,31
16.05.16	26,61	11,02	15,59
17.05.16	16,53	11,02	5,51
18.05.16	29,07	11,02	18,06
19.05.16	32,45	11,02	21,43
20.05.16	39,95	11,02	28,93
21.05.16	44,79	11,02	33,77
22.05.16	49,73	11,02	38,71
23.05.16	29,62	11,02	18,60
24.05.16	12,13	11,02	1,11
25.05.16	23,40	11,02	12,38
26.05.16	46,77	11,02	35,76
27.05.16	34,02	11,02	23,00
28.05.16	35,96	11,02	24,94
29.05.16	36,40	11,02	25,39
30.05.16	31,42	11,02	20,40
31.05.16	19,01	11,02	7,99
01.06.16	32,86	11,02	21,84
02.06.16	27,67	11,02	16,66
03.06.16	15,83	11,02	4,81
04.06.16	38,55	11,02	27,54
05.06.16	39,47	11,02	28,46
06.06.16	36,18	11,02	25,17
07.06.16	52,23	11,02	41,21
08.06.16	45,01	11,02	34,00
09.06.16	17,55	11,02	6,53
10.06.16	40,13	11,02	29,11
11.06.16	18,71	11,02	7,70
12.06.16	27,38	11,02	16,37
13.06.16	26,68	11,02	15,67
14.06.16	38,38	11,02	27,36
15.06.16	24,57	11,02	13,56
16.06.16	39,51	11,02	28,49

17.06.16	17,45	11,02	6,44
18.06.16	42,40	11,02	31,38
19.06.16	27,49	11,02	16,47
20.06.16	32,24	11,02	21,22
21.06.16	18,70	11,02	7,68
22.06.16	37,56	11,02	26,55
23.06.16	56,48	11,02	45,47
24.06.16	56,53	11,02	45,51
25.06.16	24,36	11,02	13,34
26.06.16	32,98	11,02	21,97
27.06.16	35,31	11,02	24,30
28.06.16	42,75	11,02	31,73
29.06.16	34,92	11,02	23,91
30.06.16	21,07	11,02	10,05
01.07.16	42,77	11,02	31,76
02.07.16	23,08	11,02	12,06
03.07.16	29,35	11,02	18,33
04.07.16	46,03	11,02	35,01
05.07.16	44,45	11,02	33,44
06.07.16	35,35	11,02	24,33
07.07.16	49,90	11,02	38,88
08.07.16	47,39	11,02	36,37
09.07.16	40,72	11,02	29,70
10.07.16	55,53	11,02	44,52
11.07.16	39,96	11,02	28,95
12.07.16	17,08	11,02	6,06
13.07.16	23,70	11,02	12,69
14.07.16	12,10	11,02	1,08
15.07.16	13,97	11,02	2,96
16.07.16	43,43	11,02	32,41
17.07.16	17,63	11,02	6,61
18.07.16	50,70	11,02	39,68
19.07.16	47,59	11,02	36,58
20.07.16	50,79	11,02	39,78
21.07.16	22,77	11,02	11,75
22.07.16	38,87	11,02	27,85
23.07.16	26,31	11,02	15,30
24.07.16	20,33	11,02	9,31
25.07.16	40,29	11,02	29,27
26.07.16	67,08	11,02	56,06
27.07.16	34,74	11,02	23,72
28.07.16	39,15	11,02	28,14
29.07.16	30,80	11,02	19,78
30.07.16	35,48	11,02	24,46

31.07.16	9,50	11,02	-1,51
01.08.16	45,52	11,02	34,50
02.08.16	19,24	11,02	8,23
03.08.16	23,05	11,02	12,04
04.08.16	54,40	11,02	43,39
05.08.16	12,87	11,02	1,86
06.08.16	35,03	11,02	24,01
07.08.16	51,20	11,02	40,19
08.08.16	54,88	11,02	43,87
09.08.16	11,18	11,02	0,16
10.08.16	13,13	11,02	2,11
11.08.16	37,21	11,02	26,19
12.08.16	8,95	11,02	-2,07
13.08.16	24,65	11,02	13,64
14.08.16	45,42	11,02	34,40
15.08.16	43,15	11,02	32,14
16.08.16	43,80	11,02	32,79
17.08.16	52,47	11,02	41,45
18.08.16	52,32	11,02	41,31
19.08.16	51,18	11,02	40,16
20.08.16	43,58	11,02	32,57
21.08.16	21,61	11,02	10,59
22.08.16	29,85	11,02	18,84
23.08.16	42,64	11,02	31,62
24.08.16	44,13	11,02	33,11
25.08.16	51,75	11,02	40,74
26.08.16	51,21	11,02	40,19
27.08.16	51,01	11,02	40,00
28.08.16	48,32	11,02	37,30
29.08.16	16,11	11,02	5,10
30.08.16	33,78	11,02	22,76
31.08.16	50,11	11,02	39,09
01.09.16	47,96	11,02	36,95
02.09.16	44,65	11,02	33,63
03.09.16	29,81	11,02	18,79
04.09.16	26,24	11,02	15,22
05.09.16	15,41	11,02	4,40
06.09.16	38,38	11,02	27,36
07.09.16	48,55	11,02	37,54
08.09.16	48,20	11,02	37,19
09.09.16	45,83	11,02	34,82
10.09.16	39,54	11,02	28,53
11.09.16	48,81	11,02	37,80
12.09.16	48,52	11,02	37,50

13.09.16	45,45	11,02	34,43
14.09.16	38,52	11,02	27,51
15.09.16	47,04	11,02	36,03
16.09.16	38,54	11,02	27,53
17.09.16	5,75	11,02	-5,26
18.09.16	9,62	11,02	-1,40
19.09.16	6,95	11,02	-4,07
20.09.16	16,21	11,02	5,20
21.09.16	18,82	11,02	7,80
22.09.16	27,25	11,02	16,23
23.09.16	30,32	11,02	19,31
24.09.16	39,93	11,02	28,91
25.09.16	41,06	11,02	30,05
26.09.16	33,39	11,02	22,37
27.09.16	36,31	11,02	25,30
28.09.16	30,13	11,02	19,11
29.09.16	38,75	11,02	27,74
30.09.16	30,32	11,02	19,30
01.10.16	40,26	11,02	29,24
02.10.16	5,87	11,02	-5,14
03.10.16	11,48	11,02	0,46
04.10.16	9,17	11,02	-1,85
05.10.16	14,72	11,02	3,70
06.10.16	6,43	11,02	-4,58
07.10.16	15,70	11,02	4,68
08.10.16	12,13	11,02	1,12
09.10.16	19,38	11,02	8,37
10.10.16	20,07	11,02	9,05
11.10.16	10,02	11,02	-0,99
12.10.16	6,12	11,02	-4,89
13.10.16	9,26	11,02	-1,76
14.10.16	5,06	11,02	-5,95
15.10.16	17,74	11,02	6,72
16.10.16	18,23	11,02	7,22
17.10.16	16,38	11,02	5,37
18.10.16	6,01	11,02	-5,00
19.10.16	8,17	11,02	-2,84
20.10.16	14,72	11,02	3,70
21.10.16	8,62	11,02	-2,40
22.10.16	12,42	11,02	1,40
23.10.16	31,85	11,02	20,83
24.10.16	12,56	11,02	1,54
25.10.16	5,03	11,02	-5,98
26.10.16	5,36	11,02	-5,65

27.10.16	13,22	11,02	2,20
28.10.16	12,78	11,02	1,76
29.10.16	12,19	11,02	1,17
30.10.16	20,96	11,02	9,95
31.10.16	20,96	11,02	9,95
01.11.16	34,36	11,02	23,34
02.11.16	14,85	11,02	3,83
03.11.16	26,90	11,02	15,88
04.11.16	27,63	11,02	16,62
05.11.16	15,71	11,02	4,69
06.11.16	4,97	11,02	-6,05
07.11.16	12,51	11,02	1,49
08.11.16	23,03	11,02	12,02
09.11.16	17,68	11,02	6,66
10.11.16	2,76	11,02	-8,25
11.11.16	5,90	11,02	-5,11
12.11.16	3,53	11,02	-7,48
13.11.16	24,08	11,02	13,07
14.11.16	28,43	11,02	17,42
15.11.16	9,73	11,02	-1,29
16.11.16	4,24	11,02	-6,77
17.11.16	4,42	11,02	-6,59
18.11.16	18,71	11,02	7,70
19.11.16	26,00	11,02	14,99
20.11.16	3,60	11,02	-7,42
21.11.16	22,79	11,02	11,78
22.11.16	4,47	11,02	-6,55
23.11.16	4,83	11,02	-6,19
24.11.16	3,94	11,02	-7,08
25.11.16	2,40	11,02	-8,62
26.11.16	2,55	11,02	-8,47
27.11.16	3,22	11,02	-7,79
28.11.16	7,51	11,02	-3,50
29.11.16	26,44	11,02	15,42
30.11.16	8,75	11,02	-2,26
01.12.16	3,87	11,02	-7,15
02.12.16	13,91	11,02	2,90
03.12.16	27,46	11,02	16,44
04.12.16	23,54	11,02	12,53
05.12.16	3,67	11,02	-7,34
06.12.16	3,81	11,02	-7,21
07.12.16	10,25	11,02	-0,76
08.12.16	20,77	11,02	9,75
09.12.16	2,76	11,02	-8,26

<b>10.12.16</b>	17,25	11,02	6,23
<b>11.12.16</b>	3,13	11,02	-7,88
<b>12.12.16</b>	2,74	11,02	-8,27
<b>13.12.16</b>	5,71	11,02	-5,31
<b>14.12.16</b>	3,41	11,02	-7,61
<b>15.12.16</b>	3,46	11,02	-7,56
<b>16.12.16</b>	19,95	11,02	8,93
<b>17.12.16</b>	4,48	11,02	-6,54
<b>18.12.16</b>	3,81	11,02	-7,21
<b>19.12.16</b>	2,09	11,02	-8,92
<b>20.12.16</b>	2,18	11,02	-8,83

<b>21.12.16</b>	3,23	11,02	-7,79
<b>22.12.16</b>	4,44	11,02	-6,57
<b>23.12.16</b>	2,97	11,02	-8,05
<b>24.12.16</b>	4,04	11,02	-6,98
<b>25.12.16</b>	2,20	11,02	-8,82
<b>26.12.16</b>	4,22	11,02	-6,79
<b>27.12.16</b>	2,34	11,02	-8,68
<b>28.12.16</b>	2,00	11,02	-9,01
<b>29.12.16</b>	19,59	11,02	8,58
<b>30.12.16</b>	25,92	11,02	14,91
<b>31.12.16</b>	26,22	11,02	15,21

## 12.4 Příloha 4 – Hodnoty pro 5 kWp

Datum	FVE 5kWp	Spotřeba [kWh]	Rozdíl [kWh]
01.01.16	0,22	11,02	-10,79
02.01.16	1,55	11,02	-9,47
03.01.16	0,20	11,02	-10,82
04.01.16	1,74	11,02	-9,28
05.01.16	0,79	11,02	-10,22
06.01.16	0,40	11,02	-10,61
07.01.16	9,35	11,02	-1,67
08.01.16	22,97	11,02	11,96
09.01.16	2,83	11,02	-8,19
10.01.16	2,83	11,02	-8,19
11.01.16	3,62	11,02	-7,40
12.01.16	3,23	11,02	-7,79
13.01.16	1,24	11,02	-9,77
14.01.16	8,66	11,02	-2,36
15.01.16	3,94	11,02	-7,07
16.01.16	2,81	11,02	-8,21
17.01.16	5,41	11,02	-5,61
18.01.16	2,81	11,02	-8,21
19.01.16	4,96	11,02	-6,05
20.01.16	2,09	11,02	-8,93
21.01.16	4,00	11,02	-7,02
22.01.16	4,81	11,02	-6,21
23.01.16	1,34	11,02	-9,68
24.01.16	4,64	11,02	-6,37
25.01.16	1,45	11,02	-9,57
26.01.16	10,17	11,02	-0,84
27.01.16	14,52	11,02	3,51
28.01.16	1,41	11,02	-9,61
29.01.16	24,61	11,02	13,59
30.01.16	8,42	11,02	-2,59
31.01.16	4,45	11,02	-6,57
01.02.16	2,71	11,02	-8,30
02.02.16	3,51	11,02	-7,50
03.02.16	3,41	11,02	-7,60
04.02.16	3,89	11,02	-7,12
05.02.16	8,81	11,02	-2,21
06.02.16	17,76	11,02	6,74
07.02.16	14,28	11,02	3,27

08.02.16	18,60	11,02	7,58
09.02.16	10,07	11,02	-0,94
10.02.16	7,23	11,02	-3,79
11.02.16	8,65	11,02	-2,37
12.02.16	8,55	11,02	-2,46
13.02.16	5,75	11,02	-5,27
14.02.16	16,12	11,02	5,10
15.02.16	12,05	11,02	1,03
16.02.16	3,35	11,02	-7,67
17.02.16	3,49	11,02	-7,52
18.02.16	28,36	11,02	17,35
19.02.16	11,12	11,02	0,10
20.02.16	9,34	11,02	-1,68
21.02.16	4,07	11,02	-6,94
22.02.16	9,53	11,02	-1,49
23.02.16	4,32	11,02	-6,70
24.02.16	8,22	11,02	-2,80
25.02.16	17,89	11,02	6,87
26.02.16	20,58	11,02	9,56
27.02.16	17,30	11,02	6,28
28.02.16	5,42	11,02	-5,59
29.02.16	4,67	11,02	-6,35
01.03.16	3,69	11,02	-7,33
02.03.16	2,97	11,02	-8,04
03.03.16	6,30	11,02	-4,72
04.03.16	21,04	11,02	10,03
05.03.16	13,64	11,02	2,63
06.03.16	4,72	11,02	-6,29
07.03.16	13,24	11,02	2,22
08.03.16	8,95	11,02	-2,06
09.03.16	13,89	11,02	2,87
10.03.16	5,01	11,02	-6,01
11.03.16	5,83	11,02	-5,19
12.03.16	3,83	11,02	-7,19
13.03.16	4,73	11,02	-6,28
14.03.16	24,77	11,02	13,75
15.03.16	3,38	11,02	-7,64
16.03.16	6,31	11,02	-4,71
17.03.16	33,92	11,02	22,90
18.03.16	34,93	11,02	23,91

19.03.16	6,78	11,02	-4,24
20.03.16	5,78	11,02	-5,23
21.03.16	9,40	11,02	-1,62
22.03.16	9,83	11,02	-1,19
23.03.16	15,03	11,02	4,02
24.03.16	12,07	11,02	1,05
25.03.16	8,95	11,02	-2,07
26.03.16	6,53	11,02	-4,48
27.03.16	30,35	11,02	19,33
28.03.16	23,31	11,02	12,30
29.03.16	21,70	11,02	10,68
30.03.16	8,44	11,02	-2,58
31.03.16	36,12	11,02	25,10
01.04.16	7,13	11,02	-3,89
02.04.16	35,89	11,02	24,88
03.04.16	29,39	11,02	18,37
04.04.16	30,08	11,02	19,06
05.04.16	34,08	11,02	23,07
06.04.16	17,21	11,02	6,19
07.04.16	20,57	11,02	9,56
08.04.16	10,20	11,02	-0,82
09.04.16	8,98	11,02	-2,03
10.04.16	14,53	11,02	3,51
11.04.16	12,22	11,02	1,20
12.04.16	33,31	11,02	22,30
13.04.16	24,82	11,02	13,80
14.04.16	13,12	11,02	2,10
15.04.16	6,79	11,02	-4,23
16.04.16	14,45	11,02	3,44
17.04.16	10,21	11,02	-0,81
18.04.16	13,39	11,02	2,37
19.04.16	13,66	11,02	2,65
20.04.16	53,64	11,02	42,62
21.04.16	40,98	11,02	29,97
22.04.16	33,18	11,02	22,16
23.04.16	15,61	11,02	4,60
24.04.16	19,19	11,02	8,17
25.04.16	22,29	11,02	11,27
26.04.16	11,95	11,02	0,94
27.04.16	21,05	11,02	10,03
28.04.16	24,25	11,02	13,24
29.04.16	35,02	11,02	24,00
30.04.16	41,18	11,02	30,16
01.05.16	14,26	11,02	3,24

02.05.16	35,22	11,02	24,20
03.05.16	31,88	11,02	20,86
04.05.16	9,57	11,02	-1,45
05.05.16	17,53	11,02	6,51
06.05.16	38,46	11,02	27,45
07.05.16	38,21	11,02	27,19
08.05.16	32,03	11,02	21,02
09.05.16	37,23	11,02	26,21
10.05.16	24,47	11,02	13,46
11.05.16	37,98	11,02	26,97
12.05.16	6,37	11,02	-4,65
13.05.16	16,26	11,02	5,25
14.05.16	22,88	11,02	11,86
15.05.16	19,46	11,02	8,45
16.05.16	19,67	11,02	8,65
17.05.16	12,22	11,02	1,20
18.05.16	21,49	11,02	10,47
19.05.16	23,98	11,02	12,97
20.05.16	29,53	11,02	18,51
21.05.16	33,10	11,02	22,09
22.05.16	36,76	11,02	25,74
23.05.16	21,89	11,02	10,88
24.05.16	8,97	11,02	-2,05
25.05.16	17,30	11,02	6,28
26.05.16	34,57	11,02	23,56
27.05.16	25,14	11,02	14,13
28.05.16	26,58	11,02	15,56
29.05.16	26,91	11,02	15,89
30.05.16	23,22	11,02	12,21
31.05.16	14,05	11,02	3,03
01.06.16	24,29	11,02	13,27
02.06.16	20,46	11,02	9,44
03.06.16	11,70	11,02	0,68
04.06.16	28,49	11,02	17,48
05.06.16	29,18	11,02	18,16
06.06.16	26,75	11,02	15,73
07.06.16	38,60	11,02	27,59
08.06.16	33,27	11,02	22,25
09.06.16	12,97	11,02	1,95
10.06.16	29,66	11,02	18,64
11.06.16	13,83	11,02	2,82
12.06.16	20,24	11,02	9,22
13.06.16	19,72	11,02	8,71
14.06.16	28,37	11,02	17,35



15.06.16	18,16	11,02	7,15
16.06.16	29,20	11,02	18,19
17.06.16	12,90	11,02	1,89
18.06.16	31,34	11,02	20,32
19.06.16	20,32	11,02	9,30
20.06.16	23,83	11,02	12,81
21.06.16	13,82	11,02	2,80
22.06.16	27,76	11,02	16,75
23.06.16	41,75	11,02	30,73
24.06.16	41,78	11,02	30,76
25.06.16	18,00	11,02	6,99
26.06.16	24,38	11,02	13,36
27.06.16	26,10	11,02	15,08
28.06.16	31,60	11,02	20,58
29.06.16	25,81	11,02	14,80
30.06.16	15,57	11,02	4,56
01.07.16	31,61	11,02	20,60
02.07.16	17,06	11,02	6,04
03.07.16	21,69	11,02	10,68
04.07.16	34,02	11,02	23,00
05.07.16	32,86	11,02	21,84
06.07.16	26,13	11,02	15,11
07.07.16	36,88	11,02	25,86
08.07.16	35,03	11,02	24,01
09.07.16	30,10	11,02	19,08
10.07.16	41,05	11,02	30,03
11.07.16	29,54	11,02	18,52
12.07.16	12,62	11,02	1,61
13.07.16	17,52	11,02	6,50
14.07.16	8,94	11,02	-2,07
15.07.16	10,33	11,02	-0,69
16.07.16	32,10	11,02	21,08
17.07.16	13,03	11,02	2,01
18.07.16	37,47	11,02	26,46
19.07.16	35,18	11,02	24,16
20.07.16	37,54	11,02	26,53
21.07.16	16,83	11,02	5,81
22.07.16	28,73	11,02	17,71
23.07.16	19,45	11,02	8,43
24.07.16	15,02	11,02	4,01
25.07.16	29,78	11,02	18,76
26.07.16	49,58	11,02	38,56
27.07.16	25,67	11,02	14,66
28.07.16	28,94	11,02	17,92

29.07.16	22,77	11,02	11,75
30.07.16	26,22	11,02	15,21
31.07.16	7,02	11,02	-3,99
01.08.16	33,64	11,02	22,63
02.08.16	14,22	11,02	3,21
03.08.16	17,04	11,02	6,02
04.08.16	40,21	11,02	29,20
05.08.16	9,52	11,02	-1,50
06.08.16	25,89	11,02	14,87
07.08.16	37,85	11,02	26,83
08.08.16	40,57	11,02	29,55
09.08.16	8,26	11,02	-2,75
10.08.16	9,70	11,02	-1,31
11.08.16	27,50	11,02	16,49
12.08.16	6,61	11,02	-4,40
13.08.16	18,22	11,02	7,20
14.08.16	33,57	11,02	22,56
15.08.16	31,89	11,02	20,88
16.08.16	32,38	11,02	21,36
17.08.16	38,78	11,02	27,77
18.08.16	38,67	11,02	27,66
19.08.16	37,83	11,02	26,81
20.08.16	32,21	11,02	21,20
21.08.16	15,97	11,02	4,96
22.08.16	22,07	11,02	11,05
23.08.16	31,52	11,02	20,50
24.08.16	32,61	11,02	21,60
25.08.16	38,25	11,02	27,24
26.08.16	37,85	11,02	26,83
27.08.16	37,70	11,02	26,69
28.08.16	35,71	11,02	24,70
29.08.16	11,91	11,02	0,90
30.08.16	24,97	11,02	13,95
31.08.16	37,03	11,02	26,02
01.09.16	35,45	11,02	24,43
02.09.16	33,00	11,02	21,99
03.09.16	22,03	11,02	11,02
04.09.16	19,39	11,02	8,38
05.09.16	11,39	11,02	0,38
06.09.16	28,36	11,02	17,35
07.09.16	35,89	11,02	24,87
08.09.16	35,63	11,02	24,61
09.09.16	33,88	11,02	22,86
10.09.16	29,23	11,02	18,21

11.09.16	36,08	11,02	25,06
12.09.16	35,86	11,02	24,84
13.09.16	33,59	11,02	22,58
14.09.16	28,47	11,02	17,46
15.09.16	34,77	11,02	23,76
16.09.16	28,49	11,02	17,47
17.09.16	4,25	11,02	-6,76
18.09.16	7,11	11,02	-3,91
19.09.16	5,14	11,02	-5,88
20.09.16	11,98	11,02	0,97
21.09.16	13,91	11,02	2,89
22.09.16	20,14	11,02	9,12
23.09.16	22,41	11,02	11,40
24.09.16	29,51	11,02	18,50
25.09.16	30,35	11,02	19,34
26.09.16	24,68	11,02	13,66
27.09.16	26,84	11,02	15,83
28.09.16	22,27	11,02	11,25
29.09.16	28,64	11,02	17,63
30.09.16	22,41	11,02	11,39
01.10.16	29,76	11,02	18,74
02.10.16	4,34	11,02	-6,67
03.10.16	8,48	11,02	-2,53
04.10.16	6,77	11,02	-4,24
05.10.16	10,88	11,02	-0,14
06.10.16	4,75	11,02	-6,26
07.10.16	11,60	11,02	0,59
08.10.16	8,97	11,02	-2,05
09.10.16	14,33	11,02	3,31
10.10.16	14,83	11,02	3,82
11.10.16	7,41	11,02	-3,61
12.10.16	4,53	11,02	-6,49
13.10.16	6,84	11,02	-4,17
14.10.16	3,74	11,02	-7,27
15.10.16	13,11	11,02	2,09
16.10.16	13,48	11,02	2,46
17.10.16	12,11	11,02	1,09
18.10.16	4,45	11,02	-6,57
19.10.16	6,04	11,02	-4,97
20.10.16	10,88	11,02	-0,14
21.10.16	6,37	11,02	-4,65
22.10.16	9,18	11,02	-1,84
23.10.16	23,54	11,02	12,53
24.10.16	9,28	11,02	-1,73

25.10.16	3,72	11,02	-7,30
26.10.16	3,96	11,02	-7,05
27.10.16	9,77	11,02	-1,25
28.10.16	9,45	11,02	-1,57
29.10.16	9,01	11,02	-2,01
30.10.16	15,50	11,02	4,48
31.10.16	15,50	11,02	4,48
01.11.16	25,40	11,02	14,38
02.11.16	10,98	11,02	-0,04
03.11.16	19,88	11,02	8,87
04.11.16	20,42	11,02	9,41
05.11.16	11,61	11,02	0,59
06.11.16	3,67	11,02	-7,34
07.11.16	9,24	11,02	-1,77
08.11.16	17,03	11,02	6,01
09.11.16	13,06	11,02	2,05
10.11.16	2,04	11,02	-8,97
11.11.16	4,36	11,02	-6,65
12.11.16	2,61	11,02	-8,40
13.11.16	17,80	11,02	6,78
14.11.16	21,01	11,02	10,00
15.11.16	7,19	11,02	-3,82
16.11.16	3,14	11,02	-7,88
17.11.16	3,27	11,02	-7,75
18.11.16	13,83	11,02	2,81
19.11.16	19,22	11,02	8,21
20.11.16	2,66	11,02	-8,36
21.11.16	16,85	11,02	5,83
22.11.16	3,30	11,02	-7,71
23.11.16	3,57	11,02	-7,45
24.11.16	2,91	11,02	-8,10
25.11.16	1,77	11,02	-9,24
26.11.16	1,88	11,02	-9,13
27.11.16	2,38	11,02	-8,63
28.11.16	5,55	11,02	-5,46
29.11.16	19,54	11,02	8,52
30.11.16	6,47	11,02	-4,55
01.12.16	2,86	11,02	-8,16
02.12.16	10,28	11,02	-0,73
03.12.16	20,29	11,02	9,28
04.12.16	17,40	11,02	6,38
05.12.16	2,71	11,02	-8,30
06.12.16	2,82	11,02	-8,20
07.12.16	7,58	11,02	-3,44

08.12.16	15,35	11,02	4,33
09.12.16	2,04	11,02	-8,98
10.12.16	12,75	11,02	1,73
11.12.16	2,32	11,02	-8,70
12.12.16	2,03	11,02	-8,99
13.12.16	4,22	11,02	-6,80
14.12.16	2,52	11,02	-8,50
15.12.16	2,56	11,02	-8,46
16.12.16	14,74	11,02	3,73
17.12.16	3,31	11,02	-7,71
18.12.16	2,81	11,02	-8,20
19.12.16	1,55	11,02	-9,47

20.12.16	1,61	11,02	-9,40
21.12.16	2,38	11,02	-8,63
22.12.16	3,28	11,02	-7,73
23.12.16	2,19	11,02	-8,82
24.12.16	2,98	11,02	-8,03
25.12.16	1,62	11,02	-9,39
26.12.16	3,12	11,02	-7,89
27.12.16	1,73	11,02	-9,29
28.12.16	1,48	11,02	-9,54
29.12.16	14,48	11,02	3,46
30.12.16	19,16	11,02	8,14
31.12.16	19,38	11,02	8,37

### 12.5 Příloha 5 – porovnání naměřených a spočtených dat

Měsíc	Spočtená hodnota [kWh]	Naměřená hodnota [kWh]
Leden	<b>313,43</b>	<b>325,29</b>
Únor	<b>561,07</b>	<b>544,86</b>
Březen	<b>787,00</b>	<b>954,43</b>
Duben	<b>1297,42</b>	<b>1388,71</b>
Květen	<b>1469,80</b>	<b>1427,14</b>
Červen	<b>1436,16</b>	<b>1655,71</b>
Červenec	<b>1573,71</b>	<b>1425,14</b>
Srpen	<b>1669,75</b>	<b>1528,71</b>
Září	<b>1458,15</b>	<b>1056,43</b>
Říjen	<b>606,76</b>	<b>753,00</b>
Listopad	<b>568,10</b>	<b>409,00</b>
Prosinec	<b>395,16</b>	<b>309,00</b>
Suma	<b>12136,50</b>	<b>11777,43</b>

## 12.6 Příloha 6 – Investiční náklady

Tabulka 12 Celkové investiční náklady

<b>Varianty</b>	<b>Celkem</b>	<b>V7 – 33</b>	<b>729 431 Kč</b>
<b>V10 – 55</b>	928 396 Kč	<b>V7 – 22</b>	583 265 Kč
<b>V10 – 44</b>	888 149 Kč	<b>V5 – 55</b>	831 657 Kč
<b>V10 – 33</b>	792 131 Kč	<b>V5 – 44</b>	733 639 Kč
<b>V10 – 22</b>	630 675 Kč	<b>V5 – 33</b>	654 911 Kč
<b>V7 – 55</b>	906 177 Kč	<b>V5 – 22</b>	439 455 Kč
<b>V7 – 44</b>	810 159 Kč		

## 12.7 Příloha 7 – Výše investice při rozdílu $\pm 30\%$

	<b>V10 – 22</b>	<b>+30 %</b>	<b>-30 %</b>	<b>V10 – 11</b>	<b>+30 %</b>	<b>-30 %</b>
<b>FVE [Kč]</b>	346 910	450 983	242 837	346 910	450 983	242 837
<b>EC [Kč]</b>	31 490	40 937	22 043	46 780	60 814	32 746
<b>Baterie [Kč]</b>	252 275	327 957	176 592	171 547	223 011	120 082
<b>Palivo [Kč]</b>	911	1 185	638	2 326	3 024	1 628

	<b>V7 – 22</b>	<b>+30 %</b>	<b>-30 %</b>
<b>FVE [Kč]</b>	242 837	369 473	198 947
<b>EC [Kč]</b>	46 870	60 814	32 746
<b>Baterie</b>	252 275	327 957	176 592
<b>Palivo</b>	1 420	1 846	994