

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh ostrovního FV systému pro obytný automobil

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš MASÁK**
Osobní číslo: **E14N0025P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh ostrovního FV systému pro obytný automobil**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište možnosti a vlastnosti fotovoltaických panelů jako mobilních zdrojů energie.
2. Zhodnoťte energetické potřeby malého obytného automobilu s důrazem na provoz interiérového osvětlení, ledničky, čerpadla užitkové vody, ventilace, topení a případných dalších spotřebičů.
3. Navrhněte různé varianty krytí uvedených energetických potřeb s využitím fotovoltaických panelů.
4. Zhodnoťte navržená řešení s ohledem na provoz obytného automobilu v jednotlivých ročních obdobích a v různém cestovním režimu.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

1. přednášky z předmětu KEE/SOES

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Bělk, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2016**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na problematiku využití solární energie pro fotovoltaický systém obytného automobilu. V teoretické části je popsán princip přeměny solární energie na energii elektrickou a popis jednotlivých částí fotovoltaického systému. Empirická část práce obsahuje popis navrženého systému ve vztahu k různým obdobím, kdy bude v České republice využíván. V závěru práce je uvedeno doporučení krytí spotřeby a také ekonomické zhodnocení pro určení návratnosti celkových nákladů na pořízení systému.

Klíčová slova

Fotovoltaický panel, fotovoltaický systém, obytný automobil, solární regulátor, měnič.

Abstract

This diploma thesis is focused on the solar energy use for photovoltaic system of recreational vehicle. The theoretical part comprises the principles of converting solar energy into electricity as well as the description of main parts of photovoltaic system. The empirical part includes the description of designed system in relation to various seasons of its usage in Czech Republic. The thesis is concluded by the recommendation for cover losses and economic evaluation to determine the return on total costs of system acquisition.

Key words

Photovoltaic panel, photovoltaic system, recreational vehicle, solar controller, converters.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 9.5.2016

Tomáš Masák

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Bělíkovi Ph.D. za veškeré cenné rady, připomínky a vedení práce. Můj vděk patří všem, kteří se svými radami podíleli na vzniku této diplomové práce. Rodině bych rád poděkoval za morální a finanční podporu během celého studia.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
1 FV ČLÁNEK	11
1.1 DĚLENÍ FV ČLÁNKŮ	11
1.1.1 Podle struktury materiálu	11
1.1.2 Podle druhu vrstev a technologie jejich výroby	13
1.1.3 Podle druhu materiálu	13
1.1.4 Podle počtu přechodů	13
1.2 FOTOVOLTAICKÝ JEV	14
2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	15
2.1 SÍŤOVÉ SYSTÉMY (ON – GRID)	15
2.1.1 Přímý prodej	16
2.1.2 Prodej přebytku.....	16
2.2 OSTROVNÍ SYSTÉMY (OFF – GRID)	16
2.2.1 Systémy s akumulací energie.....	16
2.2.2 Hybridní systémy.....	16
2.2.3 Systémy s přídatným napájením	17
2.3 MALÉ APLIKACE	17
3 DEFINICE KOMPONENT PRO OSTROVNÍ FV SYSTÉM	17
3.1 FOTOVOLTAICKÉ PANELE	17
3.1.1 Základní vlastnosti	18
3.1.2 Umístění FV panelů	19
3.1.3 Výkon FV panelů.....	20
3.1.4 Přímé a difuzní záření.....	22
3.1.5 Intenzita slunečního záření	23
3.2 SOLÁRNÍ REGULÁTOR	23
3.3 AKUMULÁTOR	24
3.3.1 Možnosti propojení článků akumulátoru.....	26
3.4 MĚNIČ	26
3.4.1 Účinnost měniče.....	26
4 ZTRÁTY OSTROVNÍHO FV SYSTÉMU	27
4.1 PŘEHLED ZTRÁT.....	27
4.1.1 Fotovoltaické panely.....	27
4.1.2 Měnič napětí.....	28
4.1.3 Solární regulátor.....	28
4.1.4 Vodiče, konektory a svorky	29
5 ŘEŠENÍ NÁVRHU	29
5.1 SPOTŘEBIČE OBYTNÉHO AUTOMOBILU A VÝPOČET ENERGETICKÝCH POTŘEB	30
5.1.1 Celoroční provoz.....	36
5.1.2 Provoz v období květen až srpen.....	45
5.1.3 Provoz v období leden až duben.....	48
5.2 PROVOZ V ROČNÍM OBDOBÍ.....	50
5.2.1 Jaro	50
5.2.2 Léto	51
5.2.3 Podzim	51
5.2.4 Zima	51
5.3 ULOŽENÍ PANELOU.....	52

6	ZHODNOCENÍ.....	53
6.1	NÁKLADY A NÁVRATNOST.....	53
6.2	ENERGETICKÁ NEZÁVISLOST	56
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM LITERATURY	1

Úvod

Fotovoltaický systém má široké využití. Lze ho využívat pro výrobu a distribuci elektrické energie, pro ostrovní systémy v oblastech bez možnosti připojení k rozvodné síti, nebo pro obytné automobily. U obytných automobilů je hlavním účelem pokrývat veškerou spotřebu spotřebičů. Výhodou je, že systém může být zcela nezávislý na vnějších energetických zdrojích a dokáže pracovat zcela samostatně. Je však nutné ho navrhnout tak, aby nedocházelo k problému s nedostatkem elektrické energie. Díky velkému rozvoji fotovoltaiky je stále levnější tento systém pořídit. Ačkoliv nejsou podmínky v České republice úplně ideální po celý rok, v letním období se zde využití tohoto systému vyplatí.

Diplomová práce se zabývá návrhem fotovoltaického ostrovního systému pro obytný automobil. Předkládaná diplomová práce je koncipovaná do dvou hlavních částí. V první části je uveden teoretický popis fotovoltaického systému, popis komponent a také popis ztrát, které v tomto systému vznikají.

Druhá část práce se zabývá návrhem samotného fotovoltaického systému. Jedná se o systém panelů připevněných na obytný automobil či volně stojících, které dokáží pokrýt celkovou spotřebu všech spotřebičů. Systém je navržen pro území České republiky a to pro různá období. Jelikož jsou obytné automobily vybaveny různými spotřebiči, byl pro návrh vybrán konkrétní obytný automobil a to Elnagh Baron 26G, aby bylo navržené řešení co nejpřesnější.

1 FV článek

Fotovoltaický článek přeměňuje světlo na elektrickou energii. V podstatě se jedná o velkoplošnou polovodičovou diodu, která k přeměně využívá fotovoltaický jev. Základ fotovoltaického článku je křemíková destička s vodivostí typu P. Při výrobě článku se na tuto destičku nanese tenká vrstva polovodiče typu N. Tyto vrstvy jsou vzájemně odděleny přechodem P-N. Podle výroby se články dále rozdělují do několika skupin. [1] [2]

1.1 Dělení FV článků

FV články můžeme rozdělit do skupin podle:

- *struktury materiálu*
- *druhu vrstev a technologie jejich výroby*
- *druhu materiálu*
- *počtu přechodů*

1.1.1 Podle struktury materiálu

- *Monokrystalické články*

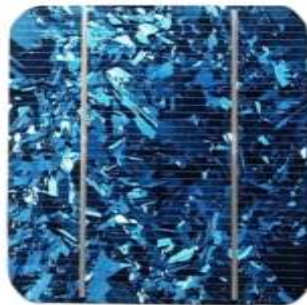
Tyto články se vyrábějí pomocí křemíku, který je tažen do tvaru tyče. Tyto tyče se posléze nařežou na tenké plátky. Jejich teoretická účinnost je 33 %. Ve skutečnosti se však pohybuje v rozmezí 14 – 17 %. Pro maximální využití je důležité, aby byly správně orientovány ke slunečnímu záření. Povrch je opatřen antireflexní vrstvou a kovovou mřížkou, na které jsou kontakty. [1] [2]



Obr. 1.1 Monokrystalický článek [3]

- **Polykrystalické články**

Tyto články se vyrábějí pomocí polykrystalického kvádrového nebo krychlového ingotu, který se rozřeže. Mohou se také vytvářet pomocí nalití roztaveného křemíku do forem, ale to snižuje jejich kvalitu a účinnost. Účinnost je nepatrně horší než u monokrystalických článků ale mají lepší využití plochy u solárních panelů. Účinnost se pohybuje mezi hodnotami 12 – 15 %. Jsou levější než monokrystalické články. Povrch je opatřen antireflexní vrstvou a kovovou mřížkou, na které jsou kontakty stejně jako u monokrystalických článků. [1] [2]



Obr. 1.2 Polykrystalický článek [4]

- **Amorfni články**

Jedná se o polymerní, organické, uměle vytvořené nanomateriály. Jedná se o nejlevnější typ. Nejčastěji se dají použít pro velmi tenké nebo ohebné fotovoltaické články. Pro dosažení požadovaného výkonu potřebují až 3x větší plochu než potřebují monokrystalické články. [1] [2]



Obr. 1.3 Amorfni článek [5]

Tab. 1.1 porovnání fotovoltaických článků, převzato z [2]

materiál článku	maximální laboratorní účinnost (v roce 2014)	provozní účinnost	Plocha potřebná na 1 [kW]
monokrystalický	24,70%	15%	6,7 m ²
polykrystalický	18,50%	14%	7,2 m ²
amorfní	12,70%	6%	16,7 m ²

1.1.2 Podle druhu vrstev a technologie jejich výroby

- **Tvořeny z tlusté vrstvy**

Jedná se o polovodičový substrát, který je nařezán z monokrystalického nebo polykrystalického ignotu. Dále se na něm vytvoří další potřebné vrstvy. Jsou stabilní a mají dobré parametry. Jejich nevýhodou je větší spotřeba materiálu a vyšší cena. Ze všech vyráběných pokrývají cca 80 %. [1] [2]

- **Tvořeny z tenké vrstvy**

Na nepolovodičový substrát (např.: plast, sklo, papír) je nanášena polovodičová vrstva. Oproti článkům tvořeným z tlusté vrstvy jsou flexibilnější, lehčí a mají menší spotřebu materiálu při výrobě. Mají i lepší energetickou návratnost, ale to vše na úkor horší účinnosti a menší stability parametrů. [1] [2]

1.1.3 Podle druhu materiálu

- **Křemíkové**

Jedná se o nejrozšířenější technologii. Tyto články mají vyšší cenu ale nejstabilnější parametry. [1]

- **Na bázi jiných materiálů než křemíku**

Jde o materiály, jako jsou například GaAs, InP, CuInSe. Z důvodu snadného nanášení se nejvíce používá CdTe. [1]

1.1.4 Podle počtu přechodů

- **Jednopřechodové**

Jedno-přechodové články se jednoduše vyrábí, ale mají nejmenší účinnost. To je způsobeno tím, že mohou být zachyceny jen fotony s energií větší nebo rovnou šířce zakázaného pásu. K zachycení nedojde u fotonů s nižší energií, naopak u fotonu s vyšší

energií než je šířka zakázaného pásu, se část energie přemění na teplo. [1]

- **Vícepřechodové**

Jejich účinnost je vyšší stejně tak jako jejich cena, to je způsobeno složitější výrobou.

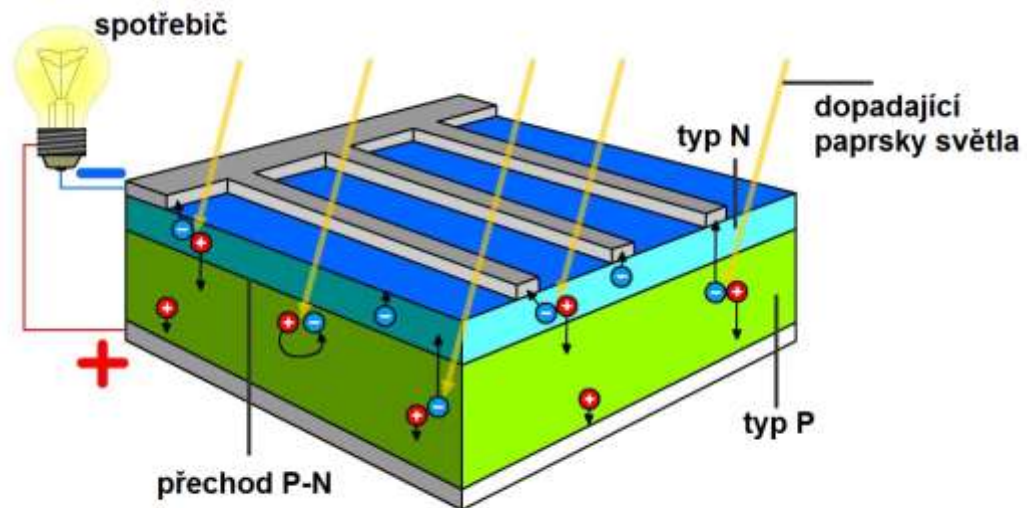
[2]

1.2 Fotovoltaický jev

Objevitelem fotovoltaického jevu byl v roce 1839 francouzský fyzik Alexandre-Edmond Becquerel. Tento jev umožňuje využít světlo, respektive částice světla, fotonů, k přeměně na elektrickou energii. Světelné částice uvolní z N- vrstvy polovodičového materiálu volné elektrony, které se přesunují k vrstvě P-. Vrstva N- je materiál, který má přebytek volných elektronů. Vrstva P- má jejich nedostatek. Přesun elektronů v materiálu se nazývá průtok proudu a probíhá vždy od – k +. [6]

Osvětlením fotovoltaického článku začne v polovodiči vznikat fotovoltaický jev. Při tomto jevu se začnou z krystalové mřížky polovodiče uvolňovat záporné elektrony. Aby se tyto elektrony uvolnily, je potřeba aby fotony záření měly energii aspoň 1,12 [eV] pro křemíkové články. Uvolňováním těchto elektronů začne na přechodu P-N vznikat elektrické napětí. U křemíkových článků je velikost tohoto napětí přibližně 0,5 [V]. Pokud zapojíme k článku nějaký spotřebič, začnou se záporné a kladné náboje vyrovnávat a díky tomu začne obvodem procházet elektrický proud. [6]

Pro vznik tohoto jevu je důležité, aby fotony dopadajícího světla měli dostatečnou energii. Energie fotonu je nepřímo závislá na vlnové délce. Pro větší energii fotonu je potřeba, aby vlnová délka záření byla kratší. Pokud je však vlnová délka příliš malá, dochází tak k ohřevu a ztrátám. Energii 1,12 [eV] odpovídá vlnová délka asi 1105 [nm]. Jedná se o infračervené světlo. Fotony viditelného světla mají dostatek energie, aby mohly elektrony z krystalové mřížky uvolnit. [6]



Obr. 1.4 Princip fotovoltaického jevu [7]

2 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaické systémy lze rozdělit do tří skupin dle účelu jejich použití.

- *Síťové systémy (On – grid)*
- *Ostrovní systémy (Off – grid)*
- *Malé aplikace*

Síťové systémy (On-grid) jsou zde zmíněny pouze z důvodu, aby byl vidět rozdíl mezi nimi a mezi ostrovními systémy (Off-grid), pro které je systém pro obytný automobil navrhován.

2.1 Síťové systémy (On – grid)

Síťové systémy jsou připojené přímo k rozvodné síti. Používají se převážně v oblastech, kde je velká hustota elektrických rozvodů. Pokud je dostatečný slunečný svit, pak jsou přístroje napájeny energií, která je vyrobena fotovoltaickými panely. Síťové systémy jsou nejčastěji budovány v průmyslových oblastech nebo na rodinných domech. Špičkový výkon těchto systémů se pohybuje mezi jednotkami až stovkami kW. Tyto systémy lze využívat tak, že energii spotřebováváme a přebytečnou prodáme, nebo budeme všechnu vyrobenou energii prodávat. [8] [9] [10]

2.1.1 Přímý prodej

Zde se jedná o prodej energie, vyrobené pomocí fotovoltaických panelů. Fotovoltaické panely jsou připojeny k napěťovému měniči a elektroměru, který slouží pro odpočet vyrobené energie. Všechna energie je dodávána do rozvodné sítě. Pomocí jističe a přepěťové ochrany je okruh připojen před hlavní elektroměr. Za vyrobenou energii, která je dodána do sítě, je obdrženo výkupní bonus. [8] [9] [10]

2.1.2 Prodej přebytku

Přes napěťový měnič je proud přeměněn ze stejnosměrného (DC) na střídavý (AC). Do elektrického okruhu je zapojen elektroměr, jistič a přepěťová ochrana. Elektroměr slouží pro odpočet vyrobené energie fotovoltaickým systémem. Vyrobená energie je využita k vlastní spotřebě a přebytečná energie je odváděna do elektrické sítě přes čtyř-kvadrantní elektroměr. [8] [9] [10]

2.2 Ostrovní systémy (Off – grid)

Ostrovní systémy se nachází v místech, kde se nenachází rozvodné sítě a kde je zapotřebí napájecí střídavé napětí 230 [V]. Tyto systémy nejsou připojeny k síti. Systém se používá v horských oblastech nebo v oblastech špatně dostupných. Tyto systémy se dále dělí na systémy s akumulací energie, hybridní a systémy s přídavným napájením. [8] [9] [10]

2.2.1 Systémy s akumulací energie

Doba, po kterou nastává největší spotřeba vyrobené energie, je odlišná od doby, po kterou je energie z fotovoltaických panelů k dispozici. Tyto systémy pracují s akumulací energií bateriemi. Životnost akumulátorů je závislá na způsobu a počtu nabíjení a vybíjení. Vybíjení a nabíjení je zajištěno regulátorem. Pomocí tohoto systému lze napájet stejnosměrné spotřebiče, které fungují na napětí 12 [V] nebo 24 [V]. Lze k tomuto systému také připojit síťové spotřebiče fungující na napětí 230 [V] a frekvenci 50 [Hz]. V tomto případě jsou spotřebiče napájeny přes napěťový měnič. [8] [9] [10]

2.2.2 Hybridní systémy

Tyto systémy pracují celoročně. Z důvodu, že v zimních měsících získáváme méně energie, je nutné, aby byl systém dimenzován na zimní provoz. Dimenzování na zimní provoz

nám však zapříčiní nárůst instalovaného výkonu, což vede ke zvýšení investic. Z finančního hlediska je proto vhodnější k tomuto systému připojit doplňkový zdroj. Může se jednat o spalovací generátor či malý větrný generátor. [8] [9] [10]

2.2.3 Systémy s přídatným napájením

Systémy s přídatným napájením se používají v případech, kdy nezáleží na tom, zda spotřebič funguje pouze při dostatečné intenzitě osvětlení. Může se jednat o nabíjení akumulátorů u malých přístrojů, odvětrávání uzavřených prostor. Spotřebič je přímo napojen na fotovoltaický modul. [8] [9] [10]



Obr. 2.1 Rozdíl mezi On – grid a Off – grid systémem [12]

2.3 Malé aplikace

Jedná se o nabíjecí zařízení, která dokážou nabít mobilní telefon, MP3 přehrávač, atd. ve volné přírodě. Poptávka po takových zařízeních neustále roste. [8] [9] [10]

3 Definice komponent pro ostrovní FV systém

Systém pro ostrovní fotovoltaický systém se skládá z několika důležitých částí:

- *Fotovoltaické panely*
- *Solární regulátor*
- *Akumulátor*
- *Měnič*

3.1 Fotovoltaické panely

Tyto panely slouží k tomu, aby docházelo k přeměně světelné energie na energii elektrickou. Využívají k tomu fotovoltaický jev. Fotovoltaické panely, které se běžně

používají pro fotovoltaické elektrárny mají nominální napětí 12 [V] nebo 24 [V]. Dalším důležitým parametrem je výkon, který se udává ve Watt peak (Wp). Jedná se o jednotku maximálního výkonu fotovoltaického panelu, pokud jsou podmínky pro jeho funkčnost přesně definované. Ideálními podmínkami je myšlen letní, bezoblačný den. Fotovoltaické panely se dále dělí podle různých kritérií. [2]



Obr. 3.1 Fotovoltaický panel, převzato z [11]

3.1.1 Základní vlastnosti

- ***Z hlediska využití různých typů fotočlánků***

Fotovoltaické panely mohou využívat jak monokrystalické, tak polykrystalické články. Pokud využívají monokrystalické články, pak panely mají lepší účinnost, pokud jsou naklopeny a natočeny přímo na slunce. Oproti tomu panely využívající polykrystalické články dokáží lépe zpracovat sluneční svit i v případě, že jejich poloha nesměruje přímo na slunce a jsou od přímého slunečního svitu lehce odkloněny. Pokud chceme využívat solární panely pouze v některá roční období, je lepší využít monokrystalické panely, pokud však celoročně je lepší použít polykrystalické panely z důvodu lepší účinnosti při nepřímém slunečním svitu. Je zde možnost využít i amorfnní panely. Tyto panely jsou levné, ale mají velmi malou účinnost. Abychom dosáhli stejného výkonu jako u předchozích dvou typů, potřebovali bychom plochu amorfnního panelu, která by byla 2x až 2,5x větší. [2]

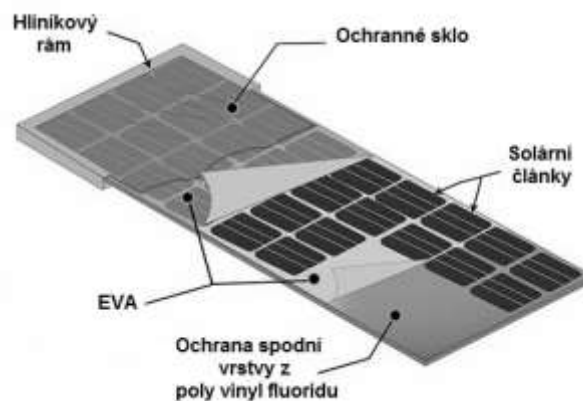
- ***Z hlediska napětí systému***

Jedním z důležitých parametrů fotovoltaického panelu je jejich výstupní napětí. Toto napětí je stejnosměrné a nejčastěji se jedná o napětí 12 [V], 24 [V] a 48 [V]. Velikost tohoto

napětí se odvíjí od vnitřního zapojení článků v solárním panelu. Dále lze toto napětí měnit sériovou, paralelní či sérioparalelní kombinací panelu. V ostrovním systému je vhodné zvolit panely s nominálním napětím 12 [V] a to z toho důvodu, že zpracování tohoto napětí je nejjednodušší. Na trhu lze pro toto napětí lehce sehnat měniče a další komponenty či spotřebiče. Proto pro ostrovní systém pro obytný automobil budeme využívat právě zmíněných 12 [V]. Pokud však panel s nominálním napětím 12 [V] bude nezatížený, tak v ideálních podmínkách můžeme naměřit i vyšší napětí. Proto je nutné použít solární regulátor, který nám hlídá výstupní napětí a upravuje ho na požadovanou hodnotu. Nelze tedy připojit výstup solárního panelu přímo na spotřebič. [2]

- **Z hlediska konstrukce a odolnosti**

Kvalita, konstrukce a životnost se různí podle výrobce. Z hlediska odolnosti je také důležitost životnosti fotovoltaického panelu. Důležitá je jak mechanická životnost, tak i životnost, co se výkonu týče. Záleží na tom, aby při delším užívání docházelo co k nejmenším ztrátám ve výkonu. Z mechanického hlediska se panely vytvářejí tak, že jsou zabudovány do hliníkového rámu a do tvrzeného skla. Vrstvu mezi sklem a samotnými fotočlánky tvoří EVA. Jedná se o etylen-vinyl-acetát a zabraňuje mechanickému poškození fotočlánků. Nanesení této vrstvy se provádí při vysokých teplotách ve vakuu a je to velice komplikovaný proces. Na ochranu spodní části se používá deska z polyvinylfluoridu. [2]



Obr. 3.2 Konstrukce fotovoltaického panelu, převzato z [5]

3.1.2 Umístění FV panelů

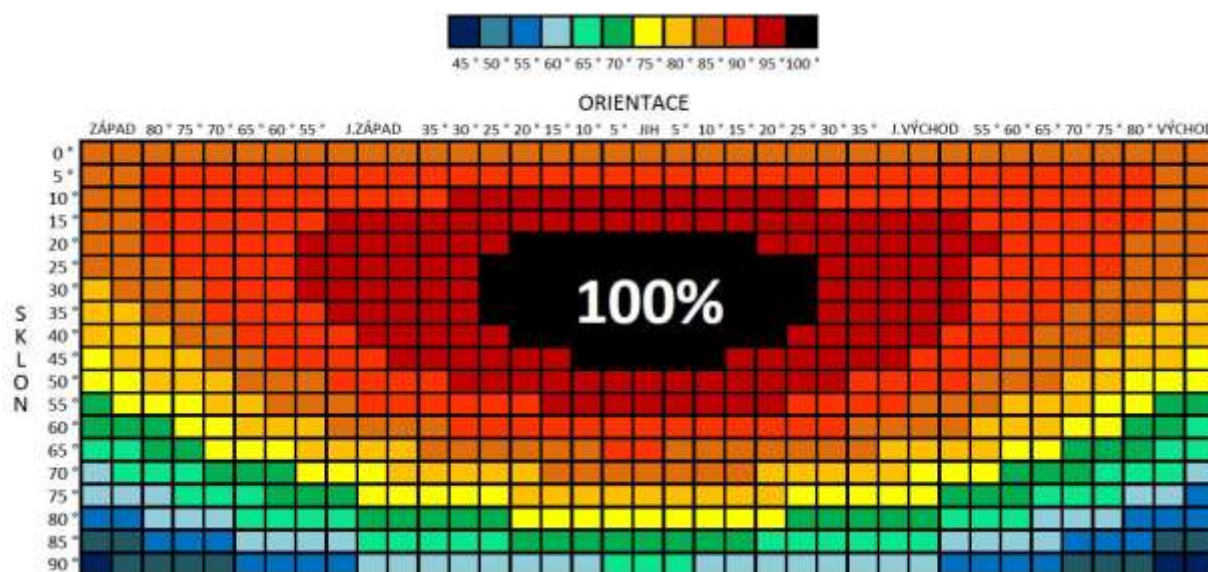
- **orientace světových stran**

Aby měli sluneční panely co největší příjem slunečního svitu, je nutné je vhodným

způsobem nasměrovat. Optimálním řešením je směřovat panely přímo na jih. Pokud však tuto možnost nemáme, je dobré panely nasměrovat na jihovýchod či na jihozápad. To však bude mít za následek snížení výkonu fotovoltaických panelů v zimě cca o 10 % a v létě cca o 3 %. [14]

- **optimální sklon**

Optimální sklon panelů se pohybuje mezi 25 ° až 45°, který je typický pro jarní období. V případě například zimního období je nutné sklon panelů upravit. Sklon panelů je celkem důležitý, protože v letním období svítí slunce z jiné výšky nad horizontem než v zimním období. Pokud tedy budeme používat panely v období jaro – léto, je vhodné volit sklon menší. Tedy takový, že budou panely více na plocho. Pokud budeme panely využívat celoročně, nebo pouze podzim – zima je vhodné je více naklonit. Díky tomuto většímu náklonu docílíme toho, že díky níže položenému slunci v zimním období, bude dopadat sluneční svit přímo na plochu panelu. Tím ze systému získáme více elektrické energie. Sklon i orientace mají vliv na celkový výkon panelů. [14]

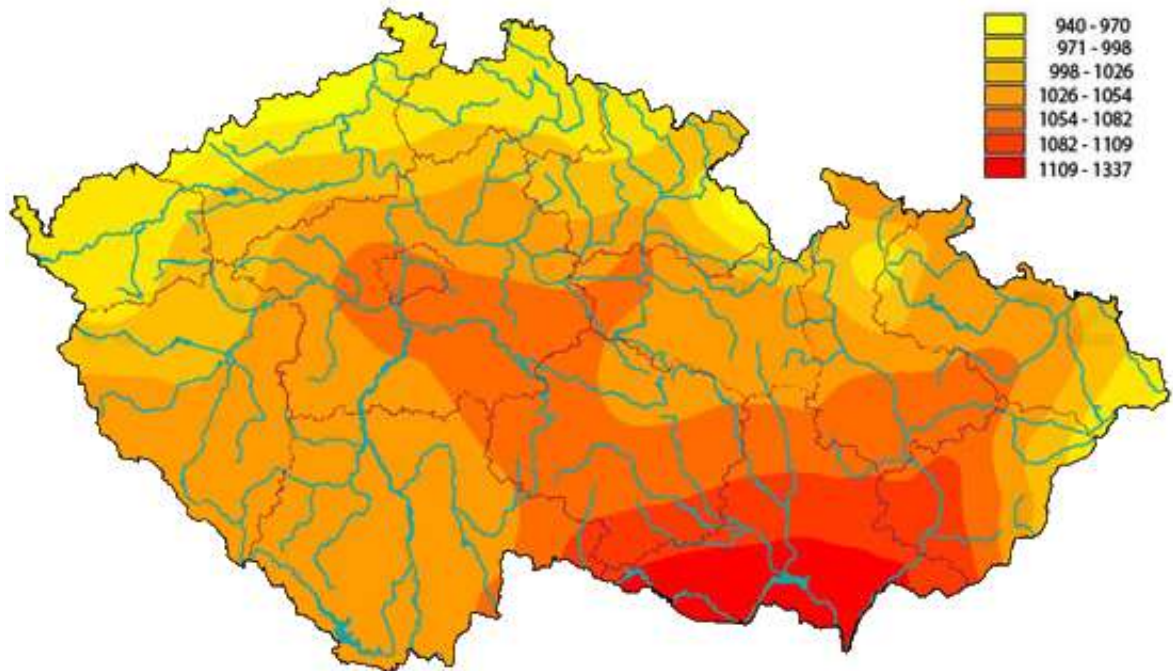


Obr. 3.3 Vliv orientace a sklonu fotovoltaického panelu na jeho výkon, převzato z [14]

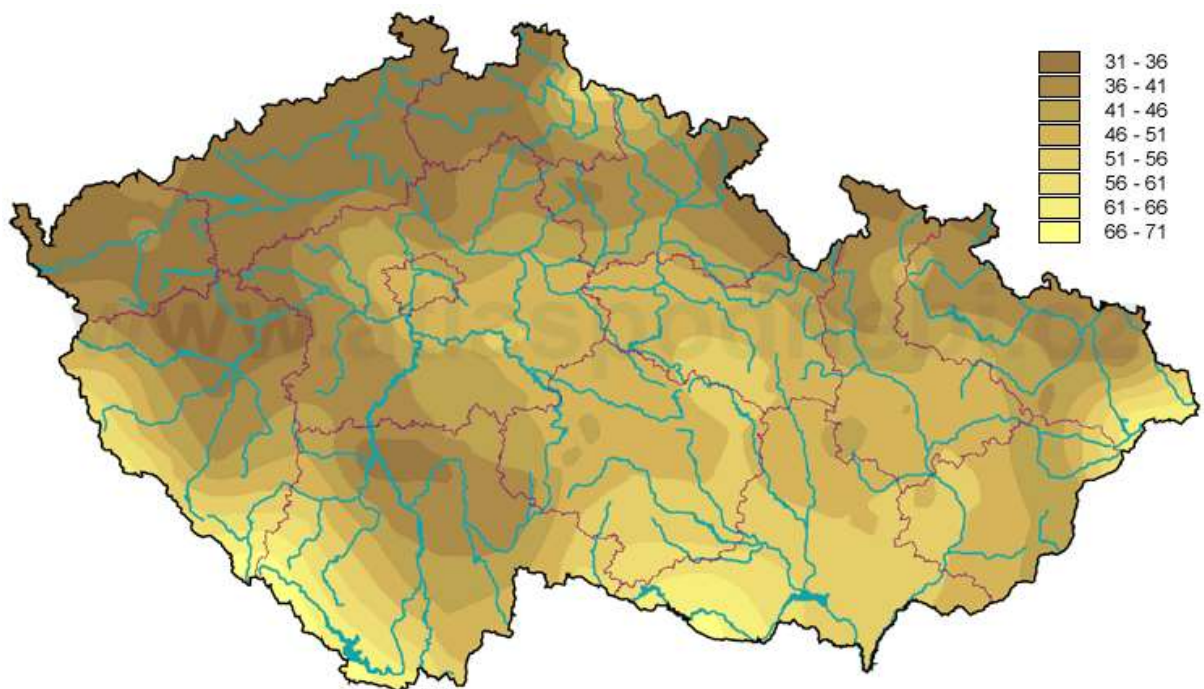
3.1.3 Výkon FV panelů

Fotovoltaický systém, který má instalovaný výkon 1 [kW_p] je schopný při ideálních podmínkách v ČR dodat ročně 800 – 1340 [kWh] elektrické energie. Pokud podmínky nebudou ideální, výrazně se toto množství sníží. Plocha systému pro výkon 1 [kW_p] se pohybuje od 6 do 9 [m²]. Záleží na použitých komponentech a typu fotovoltaického panelu.

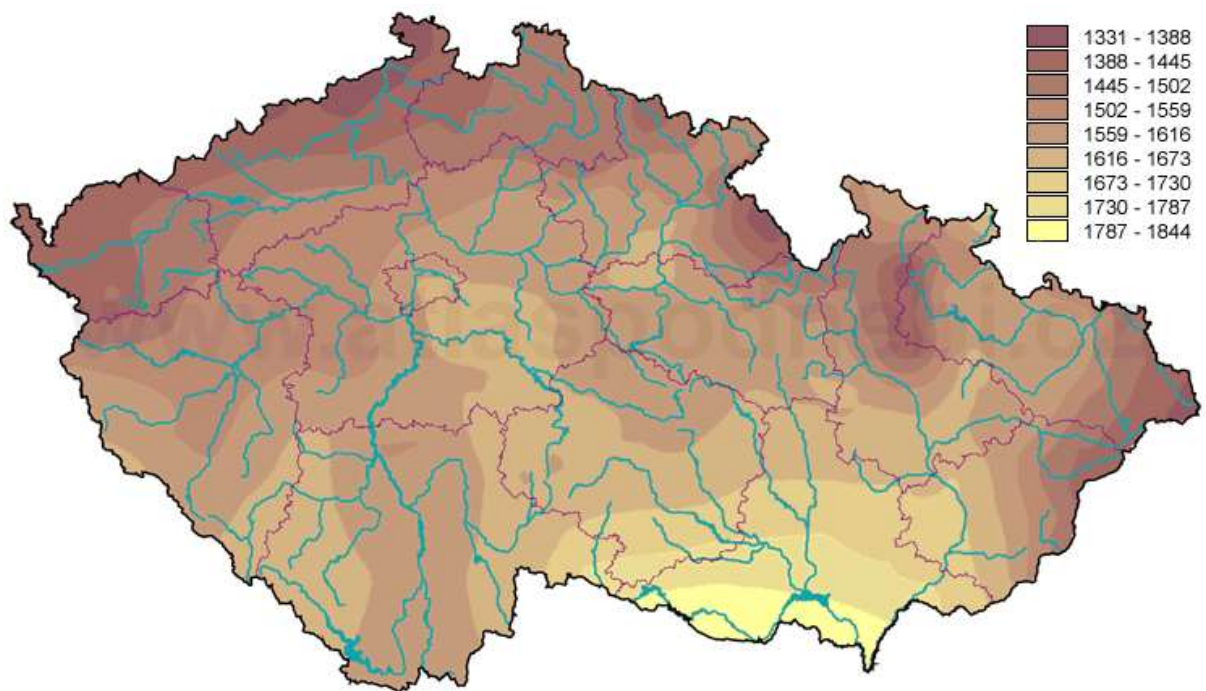
Výkon panelů je závislý na záření dopadající na fotovoltaické panely. Toto záření je dvojího druhu. [13]



Obr. 3.4 Roční průměrný úhrn slunečního záření [kWh / m²], převzato z [13]



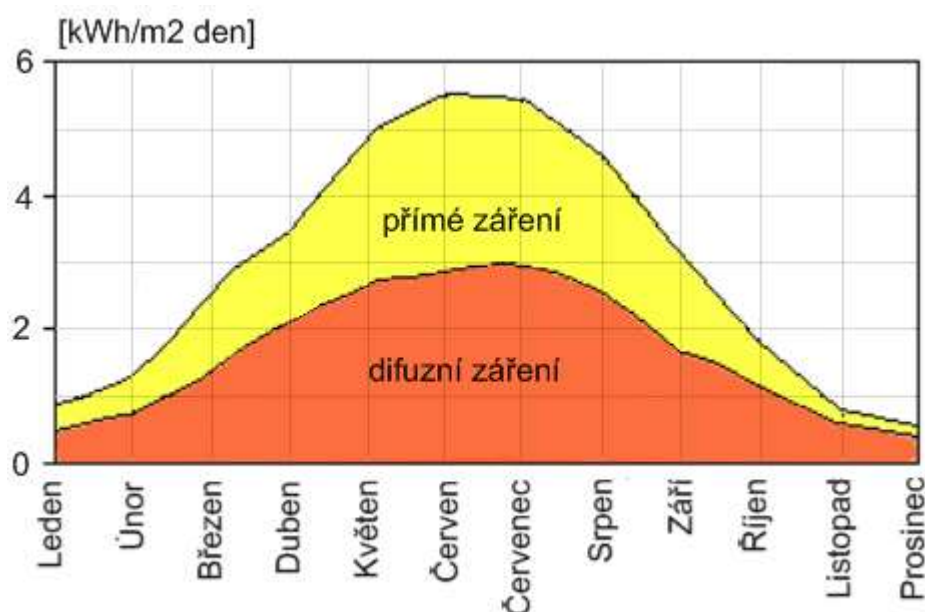
Obr. 3.5 Roční průměrný počet jasných dnů, převzato z [16]



Obr. 3.6 Roční průměrný úhrn doby trvání slunečního svitu, převzato z [16]

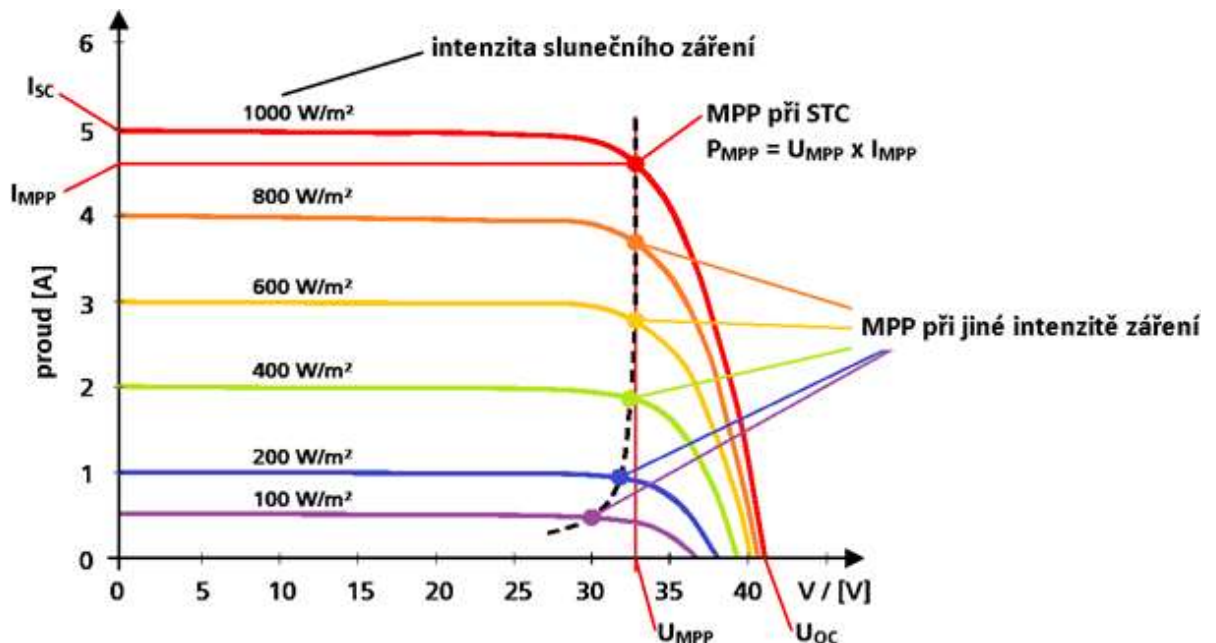
3.1.4 Přímé a difuzní záření

Pokud je obloha jasná a bezmračná, největší část slunečního záření dopadá na Zemi, bez změny směru. V tomto případě se jedná o přímé záření. Pokud není obloha jasná, pak se přímé záření rozptýlí v mracích a vzniká tak difuzní záření. Toto záření dopadá na Zemi ve všech směrech. [17]

Obr. 3.7 Přímé a difuzní záření v podmínkách ČR [kWh / m²], převzato z [17]

3.1.5 Intenzita slunečního záření

Intenzita záření se udává v jednotkách W / m^2 (Watt na metr čtvereční) Za ideálních podmínek se intenzita při kolmém dopadu slunečních paprsků pohybuje kolem $100 W / m^2$. [18]



Obr. 3.8 VA charakteristika fotovoltaického panelu, převzato z [18]

I_{MPP} – proud při jmenovitém výkonu

I_{SC} – proud nakrátko – největší proud, který panel dokáže dodat

P_{MPP} – jmenovitý výkon panelu

U_{MPP} – napětí při jmenovitém výkonu

U_{OC} – napětí naprázdno – napětí panelu bez připojené zátěže

MPP – Maximum Power Point – bod maximálního výkonu – je závislé na intenzitě dopadajícího slunečního záření a na teplotě fotovoltaického panelu

3.2 Solární regulátor

Solární regulátor je využíván ke stabilizaci výstupního napětí fotovoltaického panelu. Ačkoliv by se mohlo zdát, že na výstupu solárního panelu bude stabilní napětí, není tomu tak. Výstupní napětí je výrazně vyšší, než je udávané nominální napětí systému. Další jeho vlastností je automatické dobíjení akumulátorů. Regulátor upraví výstupní napětí na takové napětí, které je vhodné pro dobíjení akumulátoru a kontroluje stav nabití. Pokud jsou akumulátory plně nabitý, regulátor je odpojí od solárních panelů. Dále regulátor kontroluje

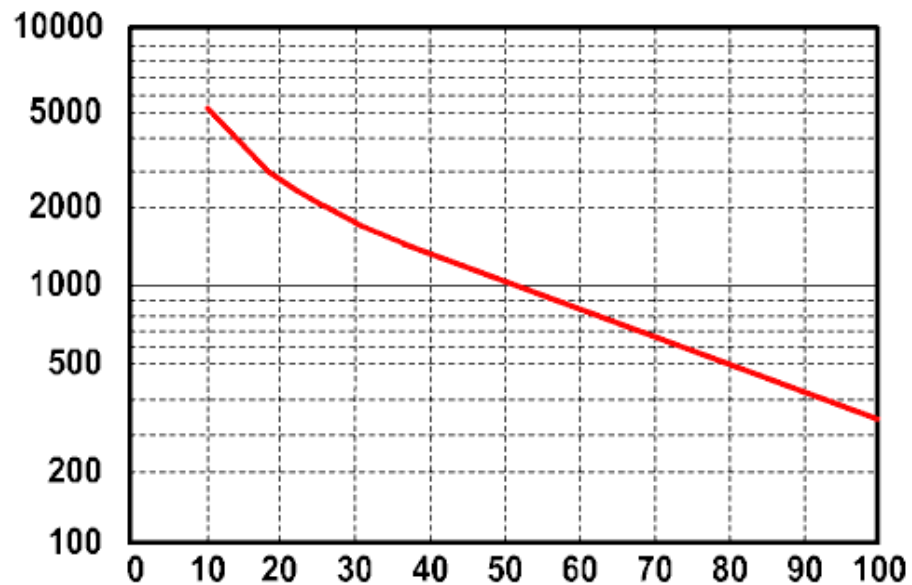
stav nabití a udržuje akumulátory v optimálním nabitém stavu. Pokud napětí na fotovoltaických panelech poklesne pod hodnotu dobíjecího napětí akumulátorů, opět jsou akumulátory odpojeny od fotovoltaických panelů. [15]



Obr. 3.9 Solární regulátor nabíjení Steca, převzato z [15]

3.3 Akumulátor

V případě nepříznivých světelných podmínek a nízké dodávky energie z fotovoltaických panelů lze využít speciální akumulátory. Tyto speciální akumulátory mají dlouhou dobu nabíjení i vybíjení. Je potřeba, aby měli zvýšenou odolnost proti hlubokému vybití, velmi nízké samovybíjení, byli odolné proti nestálosti podmínek při nabíjení, nebyly náročné na údržbu a aby měly vysoký počet pracovních cyklů. Jako jeden pracovní cyklus se počítá jedno vybití a následné nabití (ze 100 % na 20 % a následně zpět na 100 %). Počet cyklů, životnost baterie a hloubka vybití jsou propojené veličiny. Pokud budeme akumulátor vybíjet každý den na 50 %, jeho životnost bude delší, než když budeme akumulátor vybíjet na 20 %. [19]



Obr. 3.10 Vztah mezi hloubkou vybití v procentech (osa x) a počtem cyklů, který je akumulátor schopen zvládnout (osa y), převzato z [19]

Celková kapacita akumulátorů by měla být alespoň o 20 % vyšší než je kapacita nutná pro bezproblémový provoz. Je to z důvodu, že do celého systému může být zapojen další spotřebič, se kterým se zpočátku nepočítalo. Celkový akumulátor je tvořen zapojením dílčích akumulátorů, které jsou stejného typu, stejnou kapacitou. Aby při paralelním propojení nedošlo k jejich poškození v důsledku velkých vyrovnávacích proudů, je každý akumulátor chráněn pojistkou. [19]

- ***Olovněné akumulátory***

Jedná se o nejčastěji používaný typ akumulátorů. Jsou optimalizovány pro nízké samovybíjení a pro hluboké vybíjení. Technologie těchto akumulátorů je velmi zvládnutá z důvodu používání již po dlouhou dobu. [19]

- ***Alkalické akumulátory***

Tyto akumulátory se ve fotovoltaice moc nevyužívají a vyskytují se velmi zřídka. Patří sem akumulátory nikl-metalhydridové (NiMH), nikl-kadmiové (Ni-Cd) a nikl-ocelové (Ni-Fe). Nevýhodou je vyšší samovybíjení, špatný paměťový efekt. [19]

- ***Lithium-iontové akumulátory***

Tyto akumulátory se v oblasti fotovoltaiky využívají jen u obytných automobilů. Velikou výhodou je jejich nízká hmotnost. Jsou přibližně o 80 % lehčí než běžné olovněné akumulátory. Dále disponují vysokým napětím článku (3V). [19]

3.3.1 Možnosti propojení článků akumulátoru

Napětí u jednotlivých článků akumulátoru není dostatečné (2 - 4V), proto je nutné tyto články propojit a docílit tím většího napětí nebo zvýšení kapacity akumulátoru. [19]

- *Sériové*

Při sériovém zapojení dochází k tomu, že energie není ukládána do všech jednotlivých článků akumulátoru rovnoměrně. Dochází zde ke sčítání svorkových napětí. [19]

- Paralelní

Při paralelním zapojení se sčítají jednotlivé kapacity. Pokud mají všechny větve stejný vnitřní odpor, pak je energie odebírána ze všech článků akumulátoru rovnoměrně. [19]

- Kombinaci

Při sério-paralelní kombinaci lze docílit toho, že dokážeme znásobit jak kapacity, tak i velikost napětí akumulátoru. [19]

3.4 Měnič

Ve fotovoltaických panelech dochází k výrobě stejnosměrného napětí. Toto napětí, které je dodáváno do sítě, je nutné přeměnit na napětí střídavé o velikosti 230V / 400V a frekvenci 50 Hz. O tuto změnu se stará měnič napětí. Měnič napětí se nestará jen o přeměnu proudu z DC na AC, ale je také schopen podávat informace o tom, kolik energie fotovoltaické panely vyrobily. Dále monitoruje a reguluje napájení ze sítě. Pokud dojde k nějakému vzniku poruchy, je měnič schopen odpojit fotovoltaický systém od sítě. Měniče mohou být vybaveny displejem, který může zobrazit další informace, které se týkají celého fotovoltaického systému. Bohužel i ve měniči vznikají ztráty a tak jeho účinnost není 100%. [20]

3.4.1 Účinnost měniče

Nejdůležitějším parametrem měniče je jeho účinnost. Důležité je, aby měnič dokázal přeměnit co nejvíce energie získané z fotovoltaických panelů. Nejlepší přístroje na trhu dosahují účinnosti až 97 %. To znamená, že pouze 3 % energie se ztratí ve formě tepla při konverzi. Tato účinnost však není konstantní. Je závislá na ročním období, kdy je i výkon fotovoltaických panelů závislý na podnebí. Tím pádem se mění i účinnost měniče. [20]

4 Ztráty ostrovního FV systému

4.1 Přehled ztrát

Celkové ztráty fotovoltaického systému, jsou dány sumou ztrát jednotlivých komponent celého systému. Aby celý systém fungoval bez potíží, je potřeba předem vypočítat celkové ztráty, abychom mohli vytvořit dostatek energie pro pokrytí celkové spotřeby. Ztráty se nám vyskytují na komponentech, jako jsou:

- *Fotovoltaické panely*
- *Měnič napětí*
- *Solární regulátor*
- *Akumulátory*
- *Konektory, vodiče [21]*

4.1.1 Fotovoltaické panely

Na fotovoltaických panelech mohou vznikat ztráty z mnoha důvodů:

- *Ztráty vzniklé ohřevem panelů*

Jak se mění výkon panelů v závislosti na teplotě, udává teplotní koeficient. Informuje nás o tom, o kolik procent se změní výkon solárních článků, ze kterých jsou fotovoltaické panely složeny, při změně o jeden stupeň celsia. Běžná hodnota teplotního koeficientu je kolem 0,47 % / °C. To znamená, že v letních podmínkách, se při zvýšení teploty panelů o 20 °C sníží výkon o 10 %. [21]

Dalším důvodem ke vzniku ztrát na panelech je jejich znečištění.

- *Ztráty vzniklé znečištěním panelů*

Pokud jsou panely umístěny v blízkosti prašného prostředí (v blízkosti polí, nějaké stavby), může odcházet k jejich znečištění. Toto znečištění má za následek, že na panely dopadá méně slunečního záření a dochází k menší produkci energie.

V zimních podmínkách může být panel zapadán sněhem. Jejich povrch je však velmi hladký a tak sníh bez problému sklouzne, pokud tomu tak není, je vhodné sníh odstranit ručně. Pokud nám však na panely dopadá aspoň nějaké sluneční záření, panely se zahřejí a sníh z nich roztaje. [21]

- **Ztráty vzniklé úhlovou odrazivostí**

Tyto ztráty tvoří cca 3 % z celkového výkonu fotovoltaických panelů. Jsou způsobené odrazem světla od skleněného povrchu fotovoltaického panelu. [21]

4.1.2 Měnič napětí

Ztráty u kvalitnějších měničů napětí se pohybují okolo 10 %. Pokud bude polovina energie z měniče sloužit pro nabíjení akumulátorů a druhá polovina bude odebírána přímo z regulátoru, pak tato polovina nebude podléhat ztrátám. V tomto případě budou celkové ztráty pouze 5 %. [21]

4.1.3 Solární regulátor

Solární regulátor nemá konstantní ztráty, ztráty jsou proměnlivé a závislé na velikosti vstupního napětí. Ztráty se pohybují od 25 % až po 5 %. Tak nízkých ztrát je regulátor schopen dosáhnout pouze při nejlepších podmínkách a to pouze po dobu pár dní v roce. Napětí poskytované fotovoltaickými panely však musí odpovídat nabíjecímu napětí akumulátoru. Proto se ztráty obvykle pohybují od 15 % do 25 %. Ve výjimečných případech se pohybují i mimo tento rozsah. [21]

Ztráty vznikají ze dvou důvodů:

1. Ztráty vzniklé vysokou intenzitou slunečního svitu

Tyto ztráty vznikají z toho důvodu, protože regulátor dodává akumulátoru takový nabíjecí proud, jaký je mu dodán z fotovoltaických panelů. V případě že by výstupní proud z panelů byl 12 [A], pak do regulátoru půjde pouze 12 [A] snížených o vnitřní ztráty regulátoru. Z toho plyne, že dobíjecí proud je pouze takový, který dodá solární regulátor. [21]

2. Ztráty vzniklé nízkou intenzitou slunečního svitu

Pokud je výstupní napětí poskytované fotovoltaickými panely nižší, než je napětí, které je nutné pro dobíjení akumulátorů, nebude se akumulátor vůbec nabíjet a solární regulátor je v tomto případě zbytečný. [21]

Poslední možnost může nastat, že napětí na fotovoltaickém panelu bude stejné, jako je nabíjecí napětí akumulátoru. Tím pádem bude regulátor pracovat v optimálním režimu a

ztráty vzniklé na tomto regulátoru budou minimální. Bude se jednat pouze o ztráty vzniklé na vnitřních pasivních součástkách. V tomto případě by ztráty byly pouze 5 %. [21]

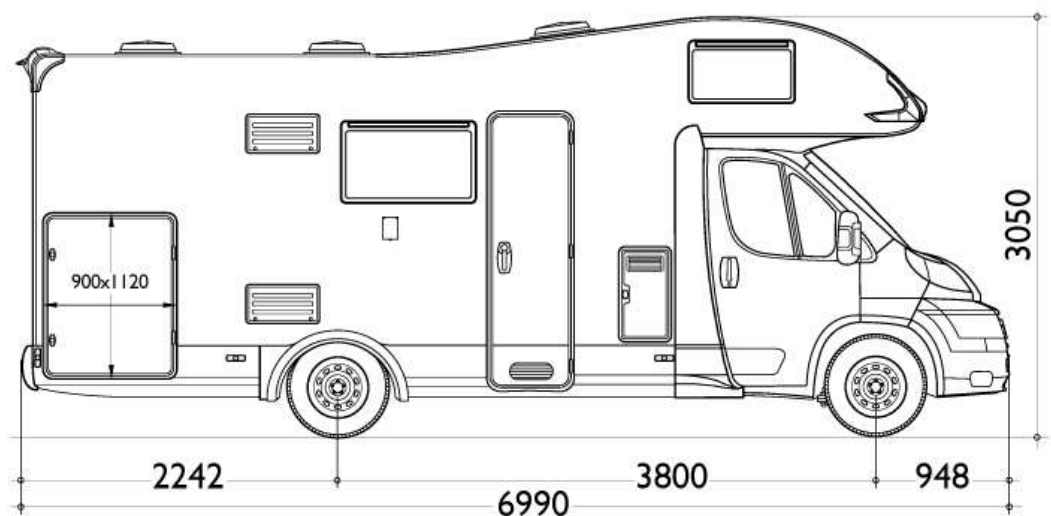
4.1.4 Vodiče, konektory a svorky

Ztráty nám vznikají i na kabeláži a díky vlivu přechodovému odporu i na konektorech a svorkách. Velikost ztrát je závislá na průřezu vodiče a na jeho délce. Ztráty na vodičích, konektorech a svorkách se pohybují okolo 2 – 4 %. [21]

5 Řešení návrhu

Pro návrh fotovoltaického systému byl zvolen obytný automobil Elnagh Baron 26G.

Obytné automobily nejsou v dnešní době nic neobvyklého. Fotovoltaické panely začínají být pro obytné automobily nepostradatelnou součástí, díky nedostupnosti elektrického zdroje v prostředí, ve kterém se obytným automobilem pohybujeme.



Obr. 5.1 Obytný automobil Elnagh Baron 26G, převzato z [22]

V následující části jsou popsány komponenty, které budou využity pro sestavení celého systému.

- **Fotovoltaické panely**

Výrobce: SCHUTTEN

Typ: Polykrystalický

Jmenovitý výkon: 300 [Wp]

Typ: Monokrystalický

Jmenovitý výkon: 200 [Wp]

Jmenovitý výkon: 150 [Wp]

Tyto panely mají vestavěný MPPT měnič, takže není potřeba připojovat solární regulátor.

- **Měnič**

Název: GWL / Power Invertor DC-AC 12V/230V, 1000W, sinusový

Výrobce: GWL / Power

Výstupní napětí: 230 [V]

Výkon: 1000 [W]

Průběh: sinusový

5.1 Spotřebiče obytného automobilu a výpočet energetických potřeb

Základními elektrickými spotřebiči jsou:

- **Lednice**
- **LED osvětlení**
- **Čerpadlo**
- **Topení**
- **Ventilace**

Při výpočtu se budeme zabývat třemi případy. Prvním případem bude celoroční provoz celého fotovoltaického systému, druhým případem bude provoz tohoto systému pouze v období květen až srpen a třetím případem provoz systému v období leden až duben. V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé množství a příkon pro spotřebiče obytného automobilu.

Tab. 5.1 Množství a příkon jednotlivých spotřebičů

Spotřebič	Množství - n	Příkon - P [W]
Čerpadlo na vodu	1	50
Čerpadlo k topení	1	45
Lednice	1	40
Ventilace	2	40
Světlo	3	11

V následujících tabulkách (Tab. 5.3 – Tab. 5.14), jsou uvedeny doby běhu jednotlivých spotřebičů za jeden den v daném měsíci. Dále je zde uvedena jejich spotřeba za 1 den a celková denní spotřeba.

Pomocí následující rovnice (5.1) vypočteme tepelnou ztrátu obytného automobilu. [27]

$$Q_z = (S_a * k_a * \Delta t_e + S_o * k_o * \Delta t_e + S_d * k_d * \Delta t_e + S_s * k_s * \Delta t_e + S_p * k_p * \Delta t_e) * p_i \quad (5.1)$$

Q_z : tepelná ztráta objektu [W]

k_a, k_o, k_d, k_s, k_p : součinitele prostupu tepla stěn, oken, dveří, stropu a podlahy [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

S_a, S_o, S_d, S_s, S_p : plochy stěn, oken, dveří, stropů a podlah stanovené pro jmenovité rozměry konstrukcí [m^2]

t_{is}, t_e : střední teploty vzduchu interiéru budovy, vnější [$^{\circ}C$]

$\Delta t_e = t_{is} - t_e$: rozdíl teplot mezi vnitřním a vnějším prostředím

p_i : součinitel vyjadřující vliv přírážek a tepelné ztráty infiltrací (cca 1,65-1,8) [27]

Tab. 5.2 Potřebné hodnoty pro výpočet tepelných ztrát obytného automobilu a minimální doby běhu čerpadla k topení

Sa	ka	So	ko	Ss	kd	Ss	ks	Sp	kp	tis	te	Δt_e	pi	Qz/měsíc	Qz/den	Čas běhu
35,1	0,6	5,0	3,8	2,3	6,5	12,4	0,6	12,4	0,6	23,0	-15,0	38,0	1,8	4790,2	154,5	3,4

Z tabulky (Tab. 5.2) je vidět že minimální doba běhu čerpadla k topení musí být cca 3,5 hodiny.

Tab. 5.3 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc leden

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,15	7,5
Čerpadlo k topení	3,5	140
Lednice	6	240
Ventilace	0,25	10
Světlo	3	33
Celková spotřeba		430,5

Tab. 5.4 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc únor

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,15	7,5
Čerpadlo k topení	3,5	140
Lednice	6	240
Ventilace	0,25	10
Světlo	3	33
Celková spotřeba		430,5

Tab. 5.5 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc březen

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,15	7,5
Čerpadlo k topení	3,5	140
Lednice	6	240
Ventilace	0,5	20
Světlo	3	33
Celková spotřeba		440,5

Tab. 5.6 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc duben

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,2	10
Čerpadlo k topení	2	80
Lednice	6	240
Ventilace	0,3	12
Světlo	3	33
Celková spotřeba		375

Tab. 5.7 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc květen

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,25	12,5
Čerpadlo k topení	0	0
Lednice	6	240
Ventilace	1	40
Světlo	2,5	27,5
Celková spotřeba		320

Tab. 5.8 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc červen

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,25	12,5
Čerpadlo k topení	0	0
Lednice	6	240
Ventilace	1,2	48
Světlo	0,6	6,6
Celková spotřeba		307,1

Tab. 5.9 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc červenec

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,3	15
Čerpadlo k topení	0	0
Lednice	6	240
Ventilace	1,2	48
Světlo	2	22
Celková spotřeba		325

Tab. 5.10 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc srpen

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,3	15
Čerpadlo k topení	0	0
Lednice	6	240
Ventilace	1,2	48
Světlo	3	33
Celková spotřeba		336

Tab. 5.11 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc září

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,25	12,5
Čerpadlo k topení	0	0
Lednice	6	240
Ventilace	0,6	24
Světlo	3	33
Celková spotřeba		309,5

Tab. 5.12 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc říjen

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,25	12,5
Čerpadlo k topení	0	0
Lednice	6	240
Ventilace	0,4	16
Světlo	3	33
Celková spotřeba		301,5

Tab. 5.13 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc listopad

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,25	12,5
Čerpadlo k topení	3	120
Lednice	6	240
Ventilace	0,25	10
Světlo	3	33
Celková spotřeba		415,5

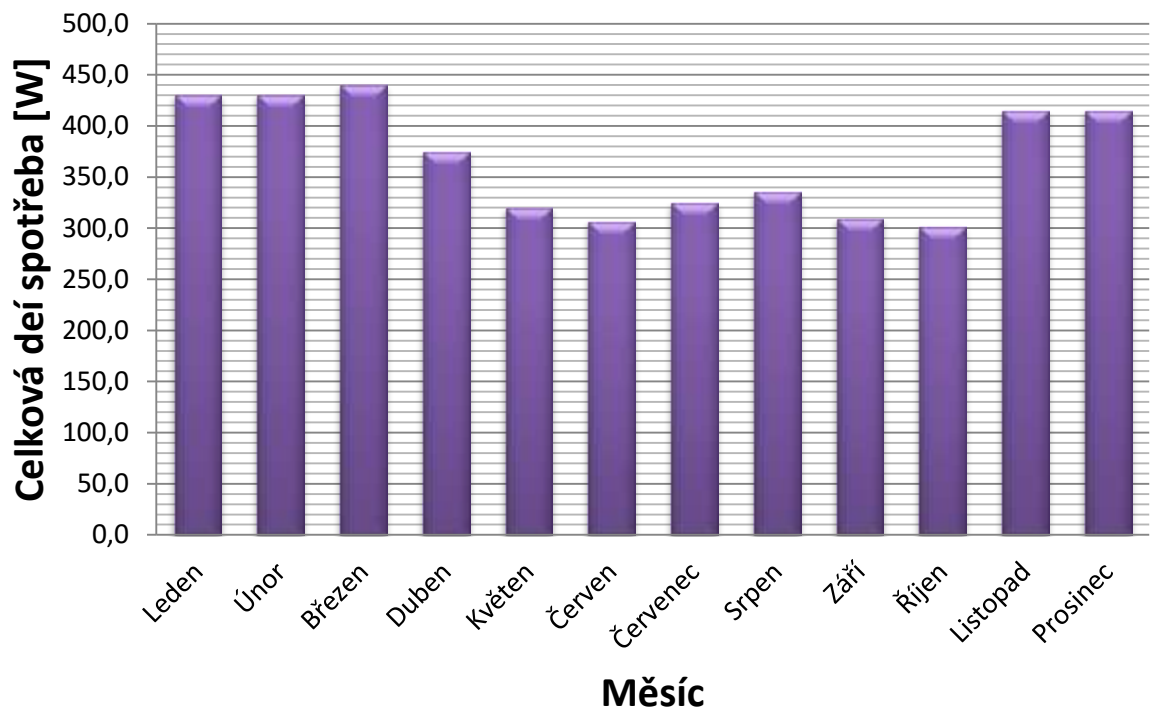
Tab. 5.14 Doba běhu jednotlivých spotřebičů, jejich spotřeba a celková spotřeba za 1 den pro měsíc prosinec

Spotřebič	Doba běhu - t [h / den]	Spotřeba [Wh / den]
Čerpadlo na vodu	0,25	12,5
Čerpadlo k topení	3	120
Lednice	6	240
Ventilace	0,25	10
Světlo	3	33
Celková spotřeba		415,5

$$\text{Spotřeba} = n * P * t \quad (5.2)$$

Pomocí rovnice (5.2) a tabulky (Tab. 5.1) vypočteme denní spotřebu jednotlivých spotřebičů pro všechny měsíce v roce a následně spočteme celkovou denní spotřebu pro jednotlivé měsíce. Doba běhu spotřebičů se v jednotlivých měsících liší z důvodu, že není potřeba využívat spotřebiče ve všech měsících stejně. Například v letním období není nutné využívat čerpadlo k topení, naopak je nutné využívat více ventilace.

V následujícím grafu (Graf 5.1) je zobrazena celková denní spotřeba graficky, pro lepší přehlednost. Největší spotřeba nastává v měsících červenec a srpen, kdy je systém nejvíce zatížen chodem lednice, čerpadla na vodu a ventilací.



Graf 5.1 Celková denní spotřeba v jednotlivých měsících

5.1.1 Celoroční provoz

Tab. 5.15 Celková spotřeba, celková spotřeba včetně ztrát

	Celková spotřeba [Wh]	Celková spotřeba včetně ztrát (25 %) [Wh]
Leden	430,5	538,1
Únor	430,5	538,1
Březen	440,5	550,6
Duben	375,0	468,8
Květen	320,0	400,0
Červen	307,1	383,9
Červenec	325,0	406,3
Srpen	336,0	420,0
Září	309,5	386,9
Říjen	301,5	376,9
Listopad	415,5	519,4
Prosinec	415,5	519,4

Součtem jednotlivých spotřeb z tabulek (Tab. 5.3 – Tab. 5.14) získáme celkovou spotřebu. Pro výpočet potřebného výkonu fotovoltaických panelů, však musíme započítat i ztráty. Pro celoroční provoz budeme uvažovat ztráty 25 %. Tyto ztráty jsou ovlivněny ostatními komponenty v systému, o kterých byla zmínka v kapitole 4.

V ideálním případě by fotovoltaický systém měl vyrobit mezi 307,1 – 440,5 Wh elektrické energie. Reálná denní průměrná dodávka elektrické energie z fotovoltaických panelů je však mezi 383,9 – 550,6 Wh elektrické energie. Toto rozmezí hodnot pokryje plánovou denní spotřebu elektrické energie pro jednotlivé měsíce.

Pro výpočet potřebného výkonu panelů je nutné znát počet hodin v měsíci, při kterých svítí slunce. Tento počet hodin je dán v následující tabulce. Je zde uveden seznam více míst v ČR.

Tab. 5.16 Skutečná průměrná měsíční doby slunečního svitu ve vybraných lokalitách ČR,
platné pro rok 2015 převzato z [26]

Město	Měsíc/počet hodin v měsíci											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Benecko	52	71	121	141	195	179	168	194	136	110	40	44
Brno	41	67	127	159	224	218	212	219	155	117	44	37
České Budějovice	41	60	124	137	195	197	181	199	138	97	55	43
Hradec Králové	31	61	120	149	217	206	192	211	153	107	45	29
Cheb	36	48	111	135	183	176	172	191	133	96	37	32
Jeseník	67	78	118	131	185	162	169	188	134	121	67	60
Jindřichův Hradec	36	58	119	138	198	188	195	201	141	107	51	38
Karlovy Vary	40	55	121	145	187	187	207	207	142	115	41	26
Klatovy	37	61	119	136	194	199	198	208	139	97	53	44
Luhačovice	31	63	115	141	197	187	176	200	138	106	39	24
Olomouc	37	62	117	155	210	205	212	213	138	118	43	32
Opava	43	57	118	135	190	185	184	194	134	106	56	46
Ostrava	40	57	119	135	191	191	183	193	138	108	49	42
Pardubice	36	60	122	158	220	210	181	209	154	108	52	39
Plzeň	31	56	118	139	195	200	197	202	134	86	46	37
Praha	43	62	128	149	208	210	204	214	150	103	55	47
Prostějov	31	54	103	137	192	191	191	200	136	100	37	27
Přerov	37	61	112	150	209	208	200	203	142	106	37	31
Sedlčany	30	52	114	133	191	188	191	196	127	88	39	34
Strážnice	48	74	134	165	223	213	206	221	169	126	51	43
Šumperk	28	57	111	146	197	172	179	199	144	103	30	25
Telč	45	63	130	150	209	208	207	212	149	117	54	48
Teplice	21	36	92	127	172	155	155	177	115	64	27	15
Třeboň	43	64	126	140	196	191	197	203	141	107	58	48
Turnov	27	55	102	125	194	196	169	190	129	85	33	27
Ústí nad Labem	22	40	93	126	179	159	163	181	118	71	28	17
Valašské Meziříčí	36	60	114	133	194	190	181	199	140	108	43	33
Velké Meziříčí	34	57	124	153	210	215	209	211	153	114	45	33
Vsetín	39	69	109	128	182	175	168	182	133	113	40	33
Vyšší Brod	54	70	126	133	178	181	185	194	140	105	59	52
Zábřeh na Moravě	31	61	110	136	186	192	186	193	136	104	26	21
Žatec	30	53	121	143	199	196	202	205	138	88	46	33
Znojmo	50	71	138	164	226	217	215	227	166	131	58	52
Průměrně v ČR	38	60	117	142	198	192	189	201	140	104	45	36

Z tabulky (Tab. 5.16) vypočteme průměrnou hodnotu slunečního svitu pro ČR. Tato hodnota je pro jednotlivé měsíce. Abychom získali hodnotu skutečné doby svitu pro jeden den, podělíme tuto hodnotu počtem dní v jednotlivých měsících. Pro výpočet potřebného výkonů panelů však potřebujeme poměrnou dobu slunečního svitu. Tuto hodnotu vypočteme podle vzorce (5.3). [25]

$$\tau[-] = \frac{\tau_{skut} [h]}{\tau_{teor} [h]} \quad (5.3)$$

Tab. 5.17 Teoretická doba slunečního svitu, převzato z [25], vypočtené hodnoty pro poměrnou dobu svitu

Měsíc	Počet dní v měsíci	Teoretická doba slunečního svitu τ_{teor} [h]	Skutečná doba slunečního svitu τ_{skut} [h]	Poměrná doba slunečního svitu τ [-]
Leden	31	8,26	1,22	0,15
Únor	28	10,12	2,14	0,21
Březen	31	12,00	3,79	0,32
Duben	30	13,90	4,72	0,34
Květen	31	15,70	6,38	0,41
Červen	30	16,30	6,41	0,39
Červenec	31	15,70	6,09	0,39
Srpen	31	13,90	6,49	0,47
Září	30	12,00	4,68	0,39
Říjen	31	10,12	3,35	0,33
Listopad	30	8,26	1,50	0,18
Prosinec	31	7,85	1,17	0,15

Nyní je potřeba vypočítat denní úhrn sluneční energie dopadající na m^2 plochy. K tomuto výpočtu využijeme rovnici (5.4), a tabulky (Tab. 5.18) a (Tab. 5.18 – Tab. 5.22). [25]

$$E_{S den} = \tau * E_{S den teor} + (1 - \tau) * E_{D den} \quad (5.4)$$

Příklad výpočtu pro měsíc leden, úhel osluněné plochy 0° , azimutový úhel 0° (vůči jihu).

$$E_{S den} = 0,15 * 1,55 + (1 - 0,15) * 0,51$$

$$E_{S den} \cong 0,67$$

Tab. 5.18 Energie difuzního záření $E_{D\text{ den}}$ [kW.h] v jednotlivých měsících, převzato z [25]

Úhel sklonu oslněné plochy	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
0°	0,51	0,72	0,98	1,19	1,35	1,39	1,35	1,19	0,98	0,72	0,51	0,42
15°	0,51	0,72	0,98	1,19	1,36	1,40	1,36	1,19	0,98	0,72	0,51	0,42
30°	0,50	0,71	0,98	1,20	1,37	1,41	1,37	1,20	0,98	0,71	0,50	0,41
45°	0,48	0,69	0,97	1,22	1,40	1,45	1,40	1,22	0,97	0,69	0,48	0,40
60°	0,46	0,68	0,97	1,24	1,43	1,51	1,43	1,24	0,97	0,68	0,46	0,38
75°	0,43	0,66	0,97	1,26	1,47	1,56	1,47	1,26	0,97	0,66	0,43	0,35
90°	0,41	0,64	0,96	1,29	1,52	1,62	1,52	1,29	0,96	0,64	0,41	0,33

Tab. 5.19 Teoretická možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících

 $E_{S\text{ den teor}}$ [kW.h] pro jednotlivé úhly sklonu kufříkových panelů a pro azimut $\pm 0^\circ$ převzato z [25]

Úhel sklonu	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
0°	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16	8,38	6,73	4,93	2,74	1,55	1,09
15°	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76	9,12	7,50	5,82	3,75	2,30	1,78
30°	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98	9,56	7,98	6,44	4,48	2,96	2,35
45°	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64	9,42	8,06	6,70	4,96	3,40	2,70
60°	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48	8,09	7,41	6,54	5,26	3,71	3,00
75°	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44	6,44	6,44	6,24	5,32	3,90	3,08
90°	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31	4,49	5,19	5,56	5,00	3,96	3,11

Tab. 5.20 Teoretická možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících

 $E_{S\text{ den teor}}$ [kW.h] pro jednotlivé úhly sklonu kufříkových panelů a pro azimut $\pm 15^\circ$ převzato z [25]

Úhel sklonu	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
15°	1,99	3,41	5,42	7,35	8,75	9,42	8,75	7,35	5,42	3,41	1,99	1,51
30°	2,70	4,23	6,12	7,61	8,72	9,29	8,72	7,61	6,12	4,23	2,70	2,08
45°	3,16	4,79	6,42	7,42	8,22	8,55	8,22	7,42	6,42	4,79	3,16	2,70
60°	3,49	5,06	6,28	6,98	7,16	7,13	7,16	6,98	6,28	5,06	3,49	3,10
75°	3,68	4,87	5,96	6,23	5,85	5,61	5,85	6,23	5,96	4,87	3,68	3,15
90°	3,45	4,45	5,34	4,89	4,32	4,09	4,32	4,89	5,34	4,45	3,45	3,01

Tab. 5.21 Teoretická možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících

 $E_{S \text{ den teor}}$ [kW.h] pro jednotlivé úhly sklonu kufříkových panelů a pro azimut $\pm 30^\circ$ převzato z [25]

Úhel sklonu	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
15°	2,02	3,39	5,32	7,12	8,76	9,42	8,76	7,12	5,32	3,39	2,02	1,41
30°	2,58	4,08	5,90	7,55	8,65	9,28	8,65	7,55	5,90	4,08	2,58	1,94
45°	2,90	4,51	6,20	7,33	8,08	8,55	8,08	7,33	6,20	4,51	2,90	2,44
60°	3,04	4,70	6,10	6,99	7,38	7,52	7,38	6,99	6,10	4,70	3,04	2,63
75°	3,07	4,53	5,53	6,17	6,15	6,04	6,15	6,17	5,53	4,53	3,07	2,72
90°	2,98	4,45	4,79	4,90	4,55	4,42	4,55	4,90	4,79	4,45	2,98	2,61

Tab. 5.22 Teoretická možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících

 $E_{S \text{ den teor}}$ [kW.h] pro jednotlivé úhly sklonu kufříkových panelů a pro azimut $\pm 45^\circ$ převzato z [25]

Úhel sklonu	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
15°	1,69	3,30	5,38	7,26	8,86	9,43	8,86	7,26	5,38	3,30	1,69	1,36
30°	2,30	3,82	5,67	7,32	8,50	8,93	8,50	7,32	5,67	3,82	2,30	1,85
45°	2,52	4,15	5,69	7,10	8,08	8,20	8,08	7,10	5,69	4,15	2,52	2,08
60°	2,59	4,14	5,52	6,58	7,35	7,21	7,35	6,58	5,52	4,14	2,59	2,29
75°	2,64	3,98	5,22	6,03	6,34	6,15	6,34	6,03	5,22	3,98	2,64	2,35
90°	2,54	3,57	4,80	4,97	4,95	4,90	4,95	4,97	4,80	3,57	2,54	2,19

V tabulkách (Tab. 5.23 – Tab. 5.26) jsou vypočteny úhrn sluneční energie $E_{S \text{ den}}$ dopadající ze slunce, který je potřebný pro výpočet potřebného výkonu panelů, aby bylo možno pokrýt veškeré ztráty. Je zde počítáno pro jednotlivé měsíce, úhly sklonu fotovoltaických panelů a úhly natočení. Barevně vyznačené hodnoty, jsou nejvýhodnější pro daný sklon a natočení panelů.

Úhel osluněné plochy 0° se týká fotovoltaických panelů, které budou namontovány na střechu obytného automobilu. Úhel osluněné plochy 15° - 90° se týká fotovoltaických kufříkových panelů, které budou v případě nutnosti využity pro pokrytí zbylé spotřeby. Tyto panely jsou přenosné, a proto lze u nich měnit azimutový úhel. V následujících výpočtech je počítáno s azimutovým úhlem $\pm 0^\circ$ - $\pm 45^\circ$ vůči jihu. Jelikož jsou panely přenosné, může docházet jejich natáčení během dne, aby docházelo k nejvyšší možné výrobě elektrické energie z fotovoltaických panelů.

Tab. 5.23 Vypočtený denní úhrn sluneční energie $E_{S\text{ den}}$ [kW.h] energie dopadající na jeden m^2 pro jednotlivé úhly sklonu kufříkových panelů a pro azimut $\pm 0^\circ$

Úhel sklonu	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
0°	0,664	1,146	2,227	3,071	4,206	4,446	4,079	3,775	2,520	1,390	0,699	0,519
15°	0,774	1,359	2,508	3,332	4,513	4,688	4,372	4,135	2,868	1,724	0,835	0,622
30°	0,863	1,505	2,704	3,502	4,698	4,781	4,549	4,364	3,109	1,960	0,946	0,698
45°	0,911	1,591	2,779	3,542	4,659	4,671	4,513	4,412	3,205	2,106	1,010	0,741
60°	0,940	1,646	2,729	3,335	4,136	4,251	4,015	4,119	3,142	2,198	1,050	0,769
75°	0,942	1,643	2,634	3,019	3,489	3,479	3,399	3,677	3,025	2,205	1,060	0,755
90°	0,410	1,560	2,412	2,614	2,727	2,678	2,673	3,110	2,754	2,085	1,054	0,743

Tab. 5.24 Vypočtený denní úhrn sluneční energie $E_{S\text{ den}}$ [kW.h] energie dopadající na jeden m^2 pro jednotlivé úhly sklonu kufříkových panelů a pro azimut $\pm 15^\circ$

Úhel sklonu	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
15°	0,729	1,288	2,382	3,281	4,363	4,554	4,229	4,065	2,712	1,612	0,779	0,582
30°	0,825	1,453	2,603	3,376	4,356	4,509	4,223	4,191	2,985	1,877	0,899	0,658
45°	0,876	1,555	2,691	3,325	4,171	4,243	4,048	4,113	3,095	2,049	0,966	0,741
60°	0,908	1,604	2,647	3,189	3,758	3,720	3,654	3,919	3,041	2,132	1,010	0,784
75°	0,910	1,548	2,546	2,947	3,250	3,153	3,170	3,579	2,916	2,056	1,020	0,766
90°	0,859	1,444	2,343	2,512	2,658	2,591	2,607	2,970	2,668	1,903	0,962	0,728

Tab. 5.25 Vypočtený denní úhrn sluneční energie $E_{S\text{ den}}$ [kW.h] energie dopadající na jeden m^2 pro jednotlivé úhly sklonu kufříkových panelů a pro azimut $\pm 30^\circ$

Úhel sklonu	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
15°	0,733	1,283	2,350	3,203	4,367	4,554	4,233	3,957	2,673	1,605	0,784	0,567
30°	0,807	1,421	2,533	3,356	4,328	4,505	4,196	4,163	2,899	1,827	0,877	0,637
45°	0,837	1,496	2,621	3,294	4,114	4,243	3,993	4,071	3,010	1,956	0,919	0,703
60°	0,841	1,528	2,590	3,192	3,848	3,874	3,740	3,923	2,971	2,013	0,928	0,714
75°	0,820	1,477	2,410	2,927	3,372	3,322	3,287	3,551	2,748	1,943	0,909	0,702
90°	0,790	1,444	2,169	2,516	2,751	2,721	2,696	2,975	2,454	1,903	0,876	0,668

Tab. 5.26 Vypočtený denní úhrn sluneční energie $E_{S\text{ den}}$ [kW.h] energie dopadající na jeden m^2 pro jednotlivé úhly sklonu kufříkových panelů a pro azimut $\pm 45^\circ$

Úhel sklonu	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
15°	0,684	1,264	2,369	3,251	4,407	4,558	4,272	4,023	2,696	1,575	0,724	0,560
30°	0,766	1,366	2,461	3,278	4,267	4,368	4,138	4,056	2,809	1,741	0,827	0,624
45°	0,781	1,420	2,460	3,216	4,114	4,105	3,993	3,964	2,811	1,837	0,850	0,649
60°	0,775	1,410	2,407	3,053	3,835	3,752	3,728	3,732	2,744	1,827	0,847	0,664
75°	0,756	1,361	2,312	2,879	3,449	3,365	3,361	3,486	2,627	1,761	0,831	0,647
90°	0,725	1,258	2,172	2,539	2,914	2,910	2,852	3,007	2,458	1,611	0,797	0,606

Nyní lze vypočítat potřebný výkon panelů pro celoroční provoz celého systému. Pro příklad výpočtu vezmeme z tabulky (Tab. 5.15) hodnotu celkové denní spotřeby včetně ztrát, a z tabulky (Tab. 5.23) vezmeme hodnotu pro úhel oslněné plochy 0° , protože nejdříve počítáme potřebný výkon fotovoltaických panelů, které budou připevněny na střechu obytného automobilu. Příklad bude prováděn pro měsíc prosinec, protože v tomto měsíci je velká pravděpodobnost využití i kufříkových panelů. Výpočet bude prováděn z využití rovnice (5.5).

$$\text{Potřebný výkon panelů [W]} = \frac{\text{celková spotřeba včetně ztrát [Wh]}}{E_{S\text{ den}}[\text{W.h}]} \quad (5.5)$$

$$\text{Potřebný výkon panelů [W]} = \frac{519,4}{0,52}$$

$$\text{Potřebný výkon panelů [W]} \cong 999,9$$

Tab. 5.27 Potřebný výkon panelů pro jednotlivé měsíce

Měsíc	Potřebný výkon panelů pro celoroční provoz [Wp]
Leden	810,9
Únor	469,5
Březen	247,2
Duben	152,6
Květen	95,1
Červen	86,3
Červenec	99,6
Srpen	111,2
Září	153,5
Říjen	271,2
Listopad	743,3
Prosinec	999,9

Jelikož se nám však na střechu obytného automobilu vejdou pouze dva panely o velikosti 300 [Wp], je nutné použít již zmíněné kufříkové panely. Tyto panely však mají jiný sklon a tím pádem mají i jiné hodnoty $E_{S\text{ den}}$. Proto je nutné zbylý potřebný výkon v měsíci prosinec 399,9 [W] převést zpět na celkovou denní spotřebu včetně ztrát. To provedeme úpravou rovnice (5.5).

$$\text{celková spotřeba včetně ztrát [Wh]} = \text{Potřebný výkon panelů [W]} * E_{S\text{ den}}[\text{W} \cdot \text{h}]$$

$$\text{celková spotřeba včetně ztrát [Wh]} = 399,9 * 0,52$$

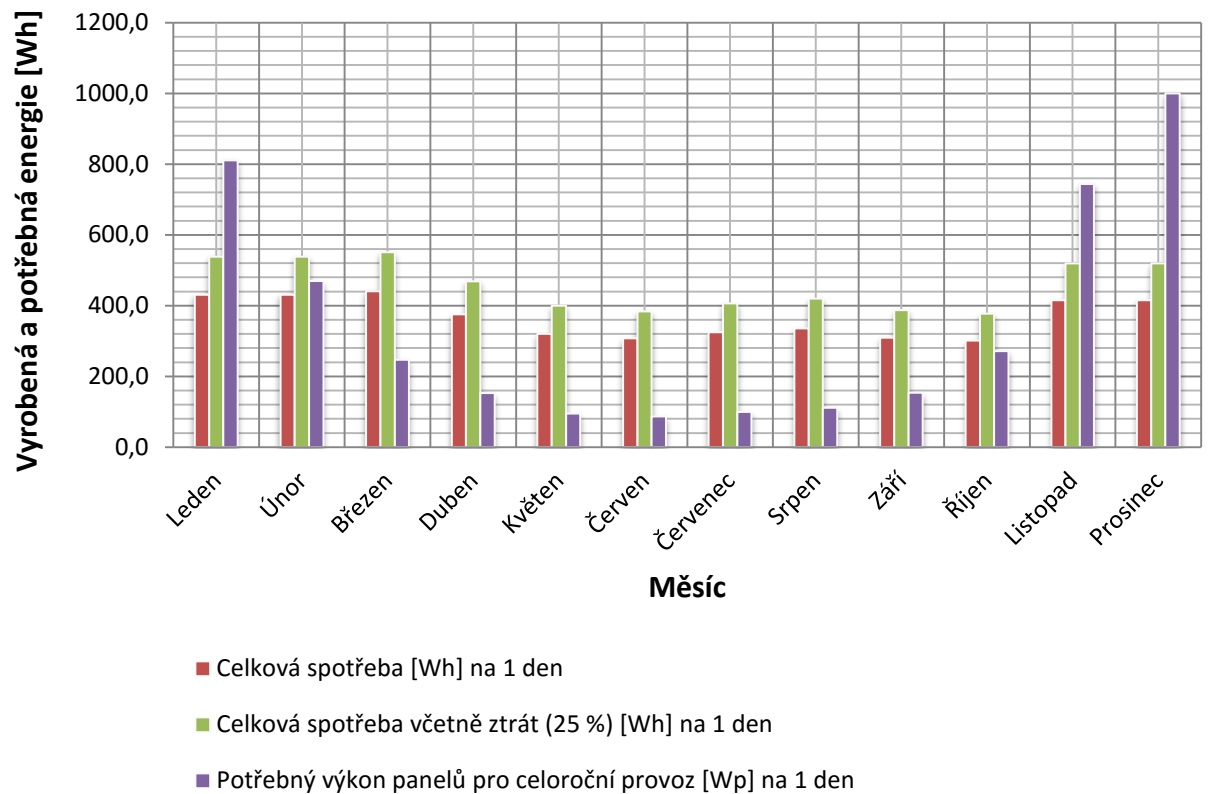
$$\text{celková spotřeba včetně ztrát [Wh]} = 207,7$$

Pro pokrytí zbylé denní spotřeby 207,7 bude potřeba panel o výkonu:

$$\text{Potřebný výkon panelů [W]} = \frac{207,7}{0,664}$$

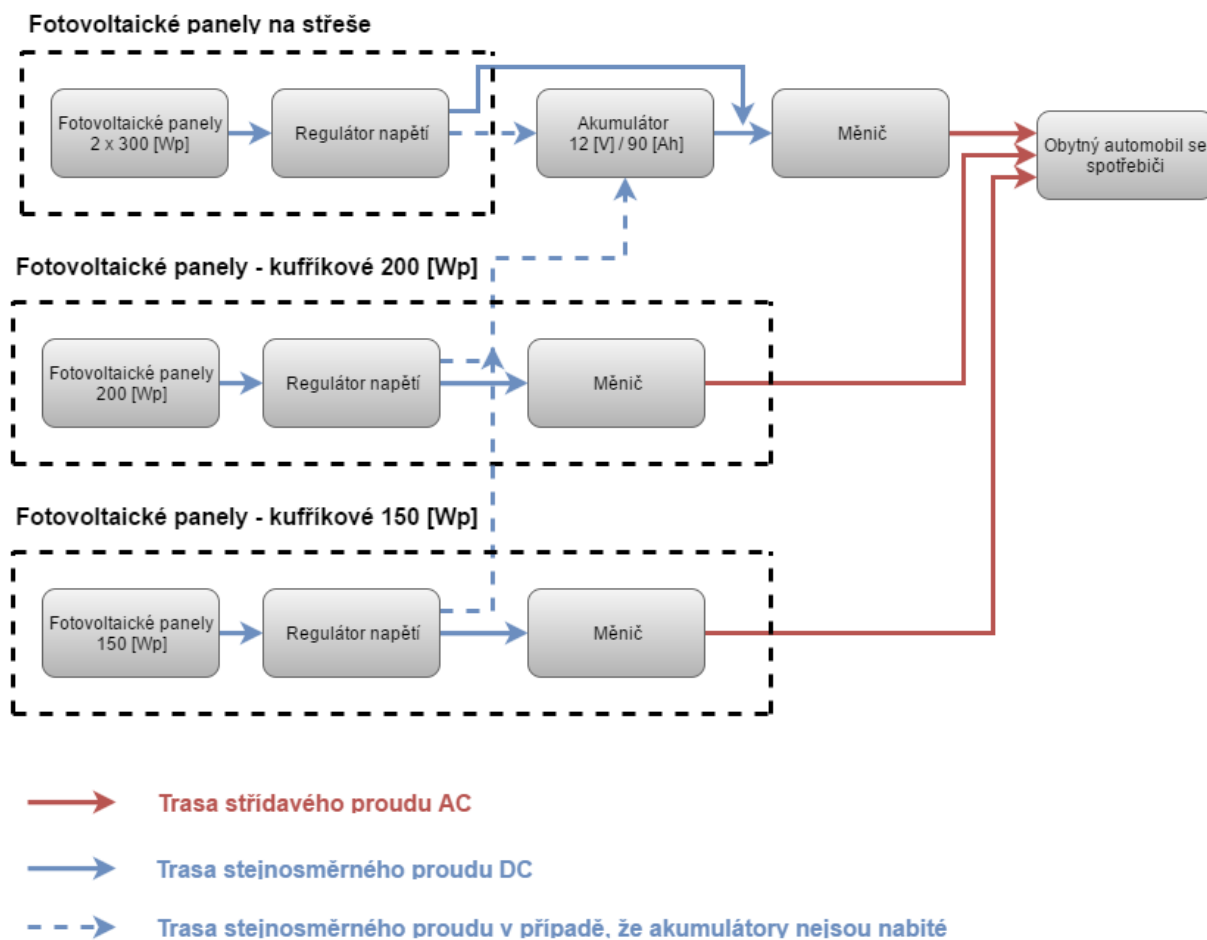
$$\text{Potřebný výkon panelů [W]} \cong 313$$

Hodnota pro $E_{S\text{ den}} = 0,664$, je vzata z tabulky (Tab.) pro hodnotu úhlu oslunění plochy 60° a pro azimutový úhel 45° , jelikož bude docházet k natáčení panelů v průběhu dne je nutné počítat s nejmenší hodnotou, aby byla spotřeba dostatečně pokryta. Pro pokrytí zbylé denní potřeby bude nutné v měsíci prosinec využít dva kufříkové fotovoltaické panely o velikostech 200 [W] a 150 [W].



Graf 5.2 Vyrobená a potřebná energie pro celoroční provoz

V grafu (Graf. 5.2) je zobrazená celková denní spotřeba včetně ztrát (25%) a potřebný výkon panelů. Z grafu lze vyčíst, že pro měsíc prosinec je potřeba největší výkon fotovoltaických panelů. Naopak pro měsíc červen je potřebný výkon cca 10x menší než pro měsíc prosinec. Je to z důvodu, že v červnu dopadá na panely větší množství slunečního záření.



Obr. 5.2 Blokové schéma zapojení pro celoroční provoz

Z blokového schématu (Obr. 5.2) je vidět, že v případě plného nabití akumulátoru dojde k jejich odpojení a fotovoltaické panely jsou od toho okamžiku připojeny na měnič, který nám vytvoří ze stejnosměrného proudu, proud střídavý. Jsou zde vidět veškeré komponenty, které celý systém obsahuje.

5.1.2 Provoz v období květen až srpen

Pro období květen až srpen, budeme uvažovat ztráty 20 %. Tyto ztráty jsou ovlivněny ostatními komponenty v systému, o kterých byla zmínka v kapitole 4. Ztráty jsou sníženy o ztráty vzniklé v průběhu zimního období, kdy může nastat problém se sněhem, který pokryje panely. Dále v tomto období nebudeme započítávat spotřebu topení, jelikož se jedná o nejteplejší období na území České republiky.

Tab. 5.28 Celková spotřeba, celková spotřeba včetně ztrát

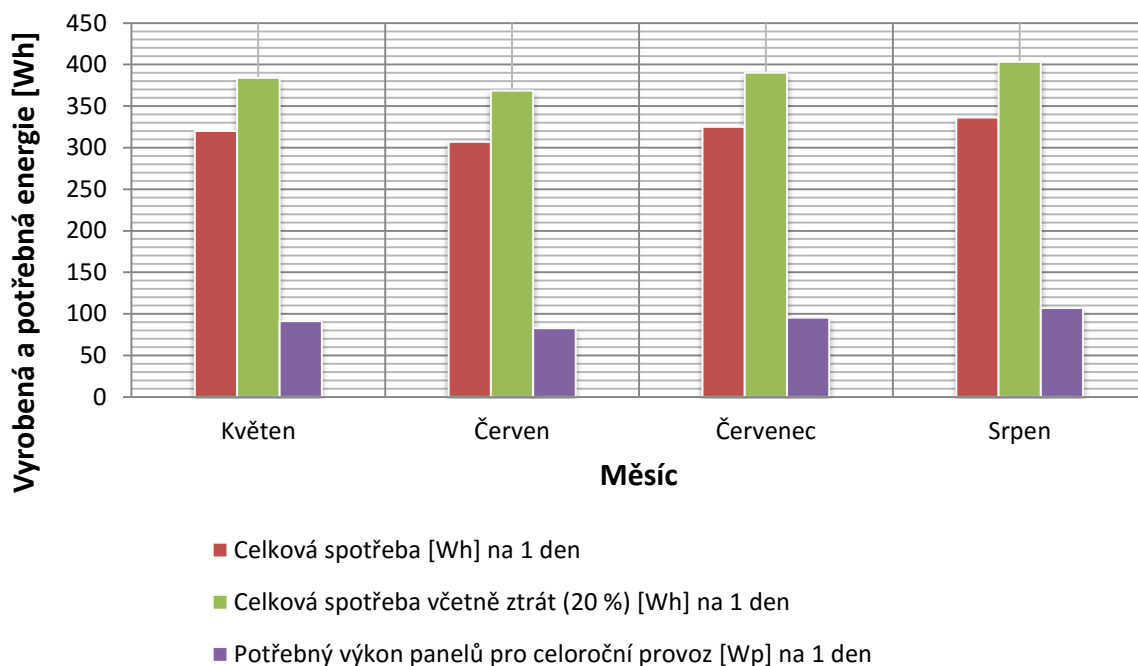
	Celková spotřeba [Wh]	Celková spotřeba včetně ztrát (20 %) [Wh]
Květen	320,0	384,0
Červen	307,1	368,5
Červenec	325,0	390,0
Srpen	336,0	403,2

V ideálním případě by fotovoltaický systém měl vyrobit mezi 307,1 – 336,0 [Wh] elektrické energie. Reálná denní průměrná dodávka elektrické energie z fotovoltaických panelů je mezi 368,5 – 403,2 [Wh]. Toto rozmezí hodnot pokryje plánovou spotřebu elektrické energie. Pro výpočet potřebného výkonu fotovoltaických panelů použijeme hodnoty z tabulky (Tab. 5.28) a využijeme rovnici (5.5).

Tab. 5.29 Potřebný výkon panelů pro jednotlivé měsíce

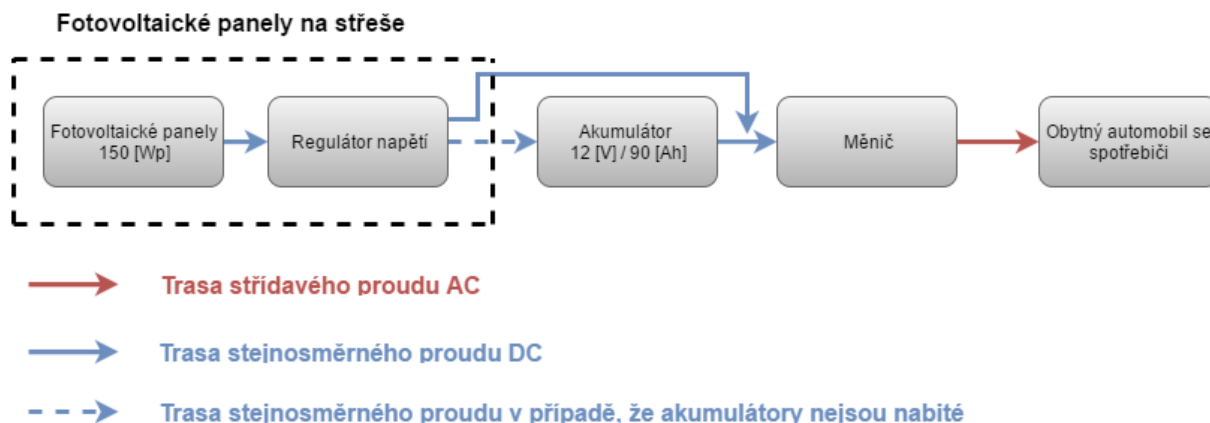
Měsíc	Potřebný výkon panelů pro období květen až srpen [Wp]
Květen	91,3
Červen	82,9
Červenec	95,6
Srpen	106,8

Nejvyšší výkon fotovoltaických panelů pro období květen až srpen je 106,8 [Wp]. V tomto případě nám bude postačovat panel o velikosti 150 [Wp].



Graf 5.3 Vyrobená a potřebná energie pro období květen až srpen

Stejně jako u případu celoročního provozu, je výkon panelů zdánlivě menší než celková denní spotřeba včetně ztrát. Tento výkon fotovoltaických panelů je však dostačující pro pokrytí celé spotřeby. Protože z 1 [Wp] lze v období květen až srpen získat až 4,45 [Wh] elektrické energie. Přebytek energie může být využit pro dobíjení akumulátorů.



Obr. 5.3 Blokové schéma zapojení pro provoz v období květen až srpen

Na obrázku (Obr. 5.3) je znázorněné blokové schéma pro období květen až srpen. Oproti schématu pro celoroční provoz (Obr. 5.2) je zde vidět patrná změna. Jsou zde vynechány kufříkové fotovoltaické panely, které nejsou potřeba, protože spotřebu zcela pokryje jeden fotovoltaický panel o velikosti 150 [Wp].

5.1.3 Provoz v období leden až duben

Pro období leden až duben, budeme uvažovat ztráty 25 %. Tyto ztráty jsou ovlivněny ostatními komponenty v systému, o kterých byla zmínka v kapitole 4. Z důvodu, že se jedná o zimní období, jsou ztráty velice závislé na podnebí.

Tab. 5.30 Celková spotřeba, celková spotřeba včetně ztrát pro období květen až srpen

	Celková spotřeba [Wh]	Celková spotřeba včetně ztrát (25 %) [Wh]
Leden	430,5	538,1
Únor	430,5	538,1
Březen	440,5	550,6
Duben	375,0	468,8

V ideálním případě by fotovoltaický systém měl vyrobit mezi 375 – 440,5 Wh elektrické energie. Reálná denní průměrná dodávka elektrické energie z fotovoltaických panelů je mezi 468,8 – 550,6 Wh. Toto rozmezí hodnot pokryje plánovou spotřebu elektrické energie. Pro období leden až duben, stejně jako v předchozích případech, je nutné vypočítat potřebný výkon fotovoltaických panelů pro pokrytí ztrát. Pro výpočet využijeme tabulku (Tab. 5.30). Tyto hodnoty použijeme pro výpočet výkonu, který by měly fotovoltaické panely mít pro pokrytí spotřeby. S využitím rovnice (5.5).

Tab. 5.31 Potřebný výkon panelů pro jednotlivé měsíce

Měsíc	Potřebný výkon panelů pro období leden až duben [Wp]
Leden	810,9
Únor	469,5
Březen	247,2
Duben	152,6

Nejvyšší potřebný výkon panelů je pro měsíc leden, kde budeme potřebovat výkon 810,9 [Wp]. V tomto případě budeme potřebovat 2x panel 300 [Wp]. Zbyde nám však 210,9 [Wp]. Podle upravené rovnice (5.5) přepočteme zpět na spotřebu a pomocí tabulky (Tab. 5.23 – Tab. 5.26) vypočteme potřebný výkon kufríkových fotovoltaických panelů.

celková spotřeba včetně ztrát [Wh] = Potřebný výkon panelů [W] * $E_{S den}$ [W.h]

celková spotřeba včetně ztrát [Wh] = 210,9 * 0,64

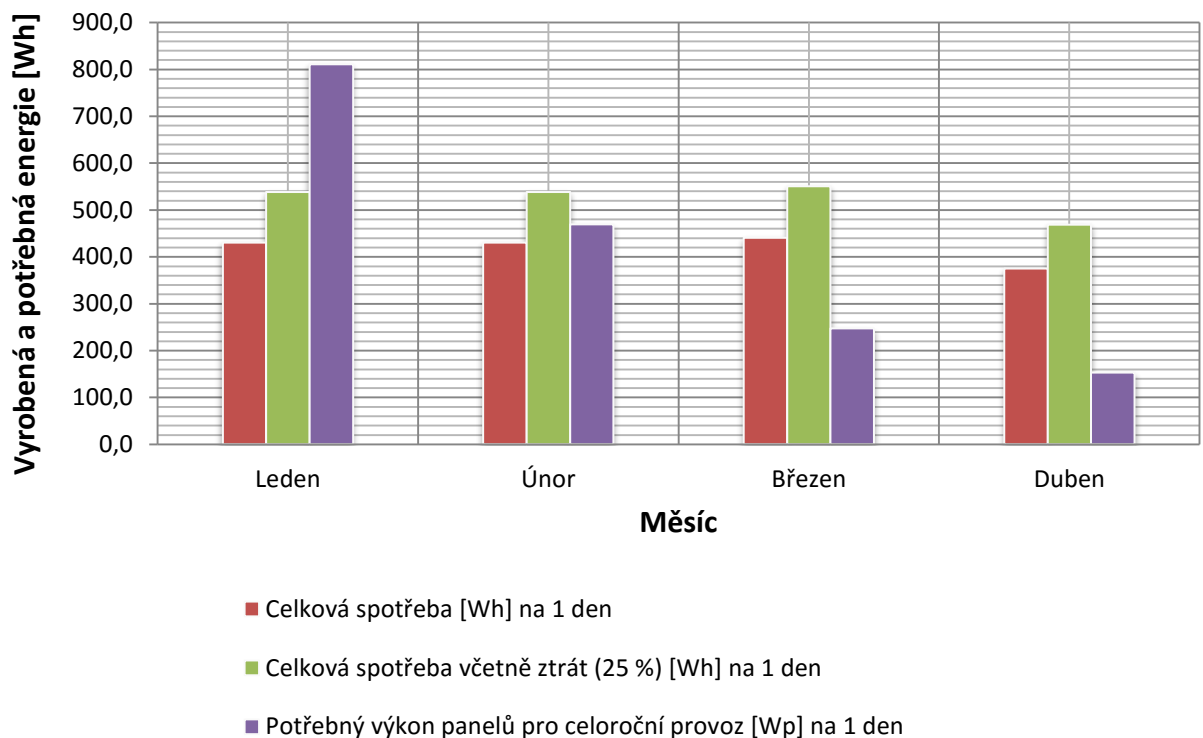
celková spotřeba včetně ztrát [Wh] = 139,9

Pro pokrytí zbylé denní spotřeby 139,9 [Wh] bude potřeba panel o výkonu:

Potřebný výkon panelů [Wp] = $\frac{109,9}{0,781}$

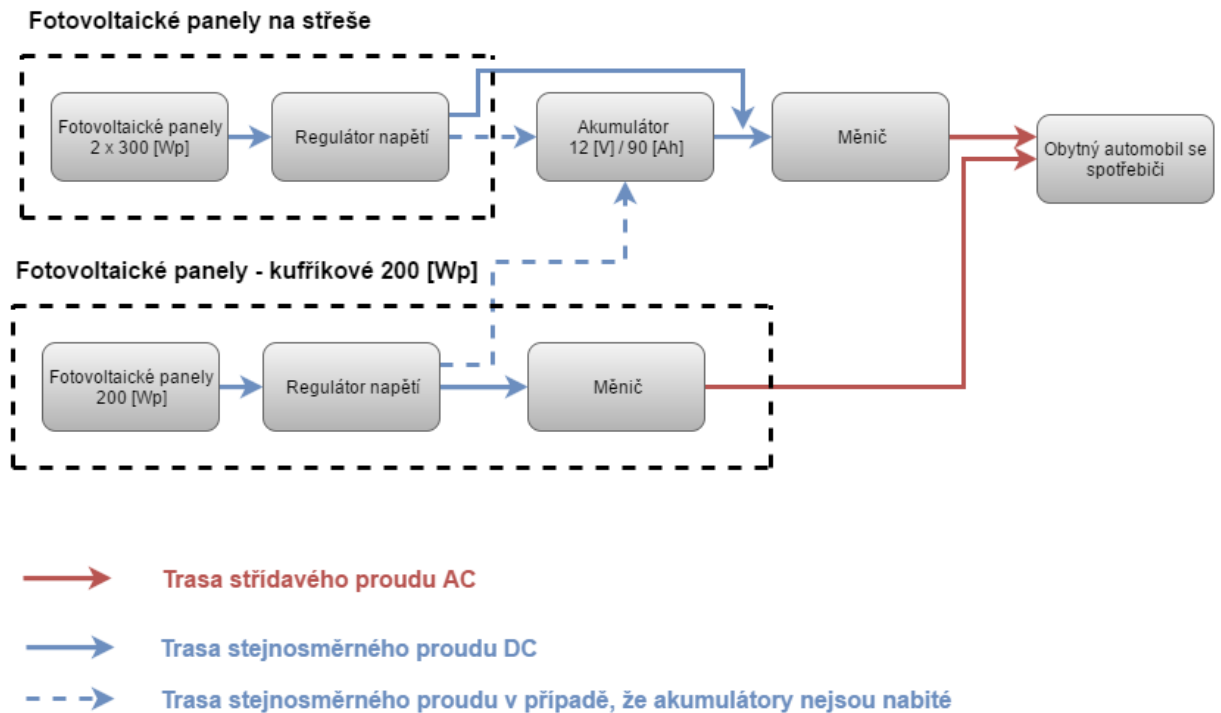
Potřebný výkon panelů [Wp] \cong 180

Pro pokrytí zbylých ztrát budeme potřebovat kufříkové fotovoltaické panely o výkonu 200 [Wp].



Graf 5.4 Vyrobená a potřebná energie pro období leden až duben

Z grafu (Graf. 5.4) je vidět, že v období leden až duben je na tom nejhůře měsíc leden, kdy potřebný výkon převyšuje celkovou denní spotřebu. Toto je dáno tím že v měsíci leden je úhrn slunečního záření tak malý že z 1 [Wp] dokáže vyrobit pouze 0,664 [Wh] pro fotovoltaické panely na střeše a pro kufříkové fotovoltaické panely 0,781 [Wh]. Stejně jako v ostatních případech je výkon panelů jen zdánlivý, ve skutečnosti dokážou celkovou spotřebu včetně ztrát bez problému pokrýt.



Obr. 5.4 Blokové schéma zapojení pro provoz v období leden až duben

Na obrázku (Obr. 5.3) je znázorněné blokové schéma pro období květen až srpen. Oproti schématu pro celoroční provoz (Obr. 5.2) je zde vidět patrná změna. Je zde vynechána elektrocentrála a fotovoltaické panely v kufříku, které nejsou potřeba, protože spotřebu zcela pokryjí dva fotovoltaické panely o velikosti 300 [Wp].

5.2 Provoz v ročním období

Provoz celoročního systému je velice závislý na tom, v jakém období je aktuálně využíván. V létě je systém zcela závislý pouze na panelech a není zde potřeba další přídavný zdroj. Naopak v zimním období je systém bez přídavných kufříkových panelů velmi omezený. Celá tato myšlenka je brána z hlediska provozu systému pro Českou republiku.

5.2.1 Jaro

V jarním období získáme nejvíce energie v měsíci květen, kdy za jeden den z 1 [Wp] získáme 4,206 [Wh]. Naopak nejméně získáme v období března, kdy teprve dochází k oteplování.

Tab. 5.32 průměrná denní výroba v jarním období z 1 [Wp]

Měsíc	Denní výroba [Wh]
Březen	2,227
Duben	3,071
Květen	4,206

5.2.2 Léto

V letním období získáme nejvíce energie v měsíci červen, kdy za jeden den z 1 [Wp] získáme 4,446 [Wh]. Naopak nejméně získáme v období srpna. Denní výroba v těchto měsících se však příliš neliší.

Tab. 5.33 průměrná denní výroba v letním období z 1 [Wp]

Měsíc	Denní výroba [Wh]
Červen	4,446
Červenec	4,079
Srpen	3,775

5.2.3 Podzim

Na podzim již dochází k úbytku slunečního svitu, takže panely nedokáží vyrobit takové množství energie. Nejvíce energie získáme v měsíci září, kdy za jeden den z 1 [Wp] získáme 2,520 [Wh]. V měsíci listopad získáme pouze 0,699 [Wh], což je 4 krát méně než v měsíci září. Solární panely již nevyrábí takové množství energie. Pokud není k dispozici dostatečný počet výkonných panelů, je nutné využít přídatný zdroj energie.

Tab. 5.34 průměrná denní výroba na podzim z 1 [Wp]

Měsíc	Denní výroba [Wh]
Září	2,520
Říjen	1,390
Listopad	0,699

5.2.4 Zima

V zimním období je na tom nejhůře měsíc prosinec, fotovoltaické panely dokáží vyrobit pouze 0,519 [Wh], což je nejmenší možná výroba za celý rok. Stejně jako na podzim, při nedostatečném množství výkonných panelů je nutné využít přídatné zdroje energie.

Tab. 5.35 průměrná denní výroba v zimě z 1 [Wp]

Měsíc	Denní výroba [Wh]
Leden	0,644
Únor	1,146
Prosinec	0,519

5.3 Uložení panelů

Při umístování panelů je nutné vybrat vhodné uložení. Fotovoltaické panely můžeme umístit na střechu obytného automobilu, musíme však dbát na kvalitu upevnění. Pokud umístit panely na pevno na střechu, může nastat situace, že pokud by nebyli vodorovně, ale nakloněny pod nějakým úhlem, musely bychom celý obytný automobil vždy zaparkovat tak, aby byly panely natočeny na sluneční svit a byla tak zajištěna největší účinnost. To ovšem závisí na tom, jaký typ fotovoltaických panelů zvolíme.



Obr. 5.5 Panel určený pro montáž na střechu, převzato z [24]

Na střechu lze umístit i flexibilní fotovoltaické panely, které nebudou mít vliv na změnu výšky celého obytného automobilu.

Panely můžeme převážet uvnitř obytného automobilu a při zastávce je vyndat a natočit podle směru slunečního svitu. Nevýhodou tohoto typu uložení bohužel je, že se s panely musí při každém použití manipulovat a musejí se znovu zapojovat.



Obr. 5.6 Panely určené pro převoz uvnitř obytného automobilu, převzato z [24]

6 Zhodnocení

6.1 Náklady a návratnost

V následujících tabulkách jsou zobrazeny celkové náklady, které je potřeba investovat do solárního systému pro pokrytí spotřeby v jednotlivých provozech.

Tab. 6.1 Jednotlivé a celkové náklady pro pořízení systému pro celoroční provoz

	Množství	Cena / ks [Kč]	Cena za dané množství [Kč]
Fotovoltaické panely na střechu 300 [Wp]	2	6090	12180
Fotovoltaické panely kufříkové 200 [Wp]	1	13730	13730
Fotovoltaické panely kufříkové 150 [Wp]	1	10300	10300
Měnič napětí	1	5682	5682
Cena celkem [Kč]			41892

Tab. 6.2 Jednotlivé a celkové náklady pro pořízení systému pro provoz v období květen až srpen

	Množství	Cena / ks [Kč]	Cena za dané množství [Kč]
Fotovoltaické panely na střechu 150 [Wp]	1	3420	3420
Měnič napětí	1	5682	5682
Cena celkem [Kč]			9002

Tab. 6.3 Jednotlivé a celkové náklady pro pořízení systému pro provoz v období leden až duben

	Množství	Cena / ks [Kč]	Cena za dané množství [Kč]
Fotovoltaické panely na střechu 300 [Wp]	2	6090	12180
Fotovoltaické panely kufříkové 200 [Wp]	1	13730	13730
Měnič napětí	1	5682	5682
Cena celkem [Kč]			31592

Z tabulky (Tab. 6.1) vyplývá, že pořízení systému pro celoroční provoz vyjde na 41 872 Kč. Cena za 1 [kWh] v kempu stojí cca 6 Kč a poplatek za využití kempu 50 Kč. Pro celoroční provoz bychom za jeden den v kempu tedy zaplatili:

$$\text{Cena měsíc [Kč]} = \text{cena za kWh [Kč]} * \text{denní spotřeba [kWh]} + \text{poplatek} \quad (6.1)$$

Pokud dosadíme za denní spotřebu pro celoroční provoz hodnotu jednotlivé hodnoty z tabulky (Tab. 5.15), pak jsou z tabulky (Tab. 6.4) patrné jednotlivé ceny za jednotlivé měsíce a celková cena, která by byla zaplácena za energie a pobyt v kempu.

Tab. 6.4 Jednotlivé a celkové ceny za odebranou energii + poplatek zakempování, celoroční období

Měsíc	Celková spotřeba včetně ztrát (25 %) [Wh] za měsíc	Cena za spotřebu energie v kempu za měsíc [Kč]	Poplatek za kempování za měsíc [Kč]	Cena za měsíc v kempu včetně energií [Kč]
Leden	16,7	100,1	1550	1650,1
Únor	15,1	90,4	1400	1490,4
Březen	17,1	102,4	1550	1652,4
Duben	14,1	84,4	1500	1584,4
Květen	12,4	74,4	1550	1624,4
Červen	11,5	69,1	1500	1569,1
Červenec	12,6	75,6	1550	1625,6
Srpen	13,0	78,1	1550	1628,1
Září	11,6	69,6	1500	1569,6
Říjen	11,7	70,1	1550	1620,1
Listopad	15,6	93,5	1500	1593,5
Prosinec	16,1	96,6	1550	1646,6
Celkem za rok	167,4	1004,3	18250	19254,3

Celková cena za rok vychází na 19 254,3 Kč. Pomocí této částky a částky za náklady určíme dobu návratnosti fotovoltaického systému pro celoroční provoz. Celkové náklady jsou 41 892 Kč. Podílem těchto dvou částek získáme dobu návratnosti. Doba návratnosti je přibližně 2 roky a 3 měsíce. Fotovoltaický systém by se však musel využívat každý den.

Uvedená doba návratnosti je minimální.

Naopak z tabulky (Tab. 6.2) vyplývá, že pořízení systému pouze pro období květen až srpen vyjde na 9 002 Kč. Stejně jako v prvním případě zjistíme dobu návratnosti z vypočtené tabulky (Tab. 6.5).

Tab. 6.5 Jednotlivé a celkové ceny za odebranou energii + poplatek zakempování, období květen až srpen

Měsíc	Celková spotřeba včetně ztrát (20 %) [Wh] za měsíc	Cena za spotřebu energie v kempu za měsíc [Kč]	Poplatek za kempování za měsíc [Kč]	Cena za měsíc v kempu včetně energií [Kč]
Květen	11904	71,424	1550	1621,424
Červen	11055,6	66,3336	1500	1566,334
Červenec	12090	72,54	1550	1622,54
Srpen	12499,2	74,9952	1550	1624,995
Celkem	47548,8	285,2928	6150	6435,293

Systém je využíván po dobu čtyř měsíců, takže doba návratnosti pro období květen až srpen je vypočtena pouze pro čtyři měsíce v roce. Doba návratností pro toto období je 6 měsíců, po které bude systém využíván. Tato doba je dána tím, že je systém využíván pouze krátkou dobu v roce a proto bylo nutné návratnost počítat pouze pro dobu využívání systému.

Další dobu návratnosti počítáme pro období leden až duben. Z tabulky (Tab. 6.6) jsou vidět celkové náklady, které ušetříme za toto období.

Stejně jako pro období květen až srpen je systém využíván pouze po dobu čtyř měsíců. Z tabulky (Tab. 6.3) vyplývá, že celkové náklady pro pořízení systému pro celoroční provoz v levnější variantě vyjdou na 31 592 Kč. Doba návratnosti je 20 měsíců, po kterou systém bude využíván.

Tab. 6.6 Jednotlivé a celkové ceny za odebranou energii + poplatek zakempování, období leden až duben

Měsíc	Celková spotřeba včetně ztrát (25 %) [Wh] za měsíc	Cena za spotřebu energie v kempu za měsíc [Kč]	Poplatek za kempování za měsíc [Kč]	Cena za měsíc v kempu včetně energií [Kč]
Květen	16,681875	100,0913	1550	1650,091
Červen	16,14375	96,8625	1500	1596,863
Červenec	17,069375	102,4163	1550	1652,416
Srpen	14,53125	87,1875	1550	1637,188
Celkem	64,42625	386,5575	6150	6536,558

Všechny doby návratnosti jsou počítány pro maximální využití systému. Doby návratnosti jsou celkem krátké, což znamená, že se tyto systémy vyplatí i do budoucna. Jediné další náklady budou spojené s údržbou tohoto systému. Ceny za údržbu však nebudou tak vysoké.

6.2 Energetická nezávislost

Celý systém, jak v provozu celoročním, tak v provozu pro období květen až srpen, je zcela nezávislý na vnějších zdrojích. Postačí si pouze s energií, která je dodávána pomocí fotovoltaických panelů nebo elektrocentrály. Pokud by však nastala situace, kdy by fotovoltaické panely nedokázaly pokrýt celkovou spotřebu, je k dispozici akumulátor, který je dobíjen jak během jízdy, tak z fotovoltaických panelů, pokud nastane přebytek energie a všechna energie není spotřebována.

Závěr

Cílem předkládané diplomové práce bylo navrhnout fotovoltaický ostrovní systém pro obytný automobil. Nejdříve byly popsány části, ze kterých se systém skládá a popis přeměny solární energie na energii elektrickou. Poté byl řešen samotný návrh systému.

Systém byl navrhován pro podmínky na území České republiky. Řešení bylo prováděno pro tři různá období. Prvním obdobím byl celoroční provoz, kdy byl systém navržen tak, aby mohl pracovat nezávisle na vnějších energetických zdrojích po dobu celého roku. Při návrhu bylo nutné zvažovat podmínky v zimním období, jelikož je v tomto období menší úhrn slunečního záření. Podle návrhu bude nutné pro celoroční provoz využít 2 x 300 [Wp] panely, které jsou připevněny na střeše obytného automobilu a dále kufříkové panely, které budou převáženy uvnitř obytného automobilu. Kufříkové panely mají velikost 1 x 200 [Wp] a 1 x 150 [Wp]. Celkové náklady na pořízení tohoto systému jsou 41 892 Kč. Návratnost těchto nákladů byla vypočítána na 2 roky a 3 měsíce. Podmínkou však je, aby byl systém využíván, co nejvíce je to možné. V případě nepravidelného používání by se doba návratnosti prodloužila.

Dalším obdobím, pro které byl systém navrhován, je období květen až srpen. Jedná se o letní období kdy je vhodné tento systém využívat při kempování u vody. Systém byl navržen tak, že potřebná velikost fotovoltaického panelu je 1 x 150 [Wp]. Tento panel je umístěn na střeše obytného automobilu. Náklady spojené s pořízením byly spočítány na 9 002 Kč. Návratnost byla vypočítána na 6 měsíců. Jedná se však o dobu, po kterou bude systém využíván. Stejně tak jako u přechozího případu, je nutné systém využívat co nejčastěji jinak dojde k prodloužení doby návratnosti.

Třetí návrh je vytvořen pro období leden až duben. Návrh lze využít pro kempování v zimní sezoně například při lyžování. Systém je vybaven panely o velikosti 2 x 300 [Wp] které jsou přidělány na střechu a 1 x 200 [Wp] přenosným kufříkovým panelem. Celkové náklady na pořízení systému, se vyšplhaly na 31 592 Kč. Což je oproti návrhu pro celoroční provoz pouze o cca 10 000 Kč méně. Systém by tedy mohl pracovat celoročně, v některých měsících by nebyla pokryta celková spotřeba. Návratnost byla vypočítána na dobu 20 měsíců. Stejně jako u přechozích návrhů je nutné systém využívat co nejčastěji, jinak se doba návratnosti prodlouží.

Všechny tyto navržené systémy jsou zcela nezávislé a mohou pracovat kdekoliv, kde není přístup z rozvodné sítě či jiného zdroje energie. Systém je zcela soběstačný.

Seznam literatury

- [1] Současný stav a trendy ve vývoji fotovoltaických panelů. *Aldebaran* [online]. Praha: Copyright Aldebaran Group for Astrophysics, 2010, 2010 [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2010_37_fot.php
- [2] Jaké fotovoltaické panely budu potřebovat. *Deramax* [online]. Valašské Meziříčí, 2010 [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <http://www.deramax.cz/5-jake-fotovoltaicke-panely-pouziti-5-dil-ze-serialu-clanku>
- [3] *Rev-el solar* [online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://www.rev-el.cz/mypage5/bv000002.jpg>
- [4] *Stresniinstalace* [online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: http://www.stresniinstalace.cz/uploads/RTEmagicC_image1004.jpg.jpg
- [5] *Dřevo stavby* [online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: http://www.drevoastavby.cz/images/stories/stavba_techicka_zarizeni/fotovoltaika-amorfn%C3%AD%20panel.jpg
- [6] *Fotovoltaický jev* [online]. Praha, 2019 [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm>
- [7] *New ideas new world* [online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://3.bp.blogspot.com/-HykWVLeckIc/UQF30Ka8MmI/AAAAAAAAAGY/qzKyMZfkwTs/s1600/Sem+t%25C3%25ADtuloj.jpg>
- [8] *Ostrovní fotovoltaické systémy* [online] Energo Consulting c2008 [cit. 2015-12-20] Dostupné z: <http://www.vyjimecnedomy.cz/fotovoltaicke-systemy>
- [9] *Avis solar* [online]. 2008 [cit. 2015-12-20] Dostupné z: <http://www.solar-aleo.cz/teorie.html>
- [10] *Fotovoltaika* [online]. 2008 [cit. 2016-2-8]. Dostupné z: <http://www.energeticky poradce.cz/obnovitelne-zdroje/energieslunce/fotovoltaika.html>
- [11] *Alternative pure energy* [online]. 2015 [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: http://www.alternativepureenergy.ro/wp-content/uploads/Panou-Fotovoltaic-Solar-Panel-30w-www.AlternativePureEnergy.ro_.jpg
- [12] Hyper x solar home power system. *Pix shark* [online]. [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <http://pixshark.com/solar-panel-layer-diagram.htm>
- [13] Fotovoltaika a její princip. *Elektro Bukáček* [online]. Přerov, 2015 [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <http://www.bukacekelektro.cz/clanky/fotovoltaicke-elektrany/fotovoltaika-a-jeji-princip.html>

- [14] *Energie snadno* [online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://energie.snadno.eu/vliv-orientace-fotovoltaikeho-panelu-na-vykon.jpg>
- [15] Regulator Solar Steca PR3030 com LCD 12/24V 30A. *Click Plus* [online]. [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <http://www.clickplus.pt/p25288>
- [16] Fotovoltaika v ČR. Energotherm Praha,s.r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-10-13]. Dostupné z: <http://www.energotherm.cz/uvod-do-fotovoltaiky/fotovoltaika-v-r>
- [17] *ISOFEN ENERGY* [online]. [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: <http://www.elektrinazestrechy.cz/fotovoltaika.aspx>
- [18] *TZB-INFO* [online]. [cit. 2015-11-03]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>
- [19] *Northern Arizona Wind & Sun* [online]. 2014 [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: <http://www.solar-electric.com/deep-cycle-battery-faq.html>
- [20] Jaký měnič napětí použít. Deramax [online]. Valašské Meziříčí, 2010 [cit. 2016-02-07]. Dostupné z: <http://www.deramax.cz/8-jaky-menic-napeti-pouzit-8-dil-ze-serialu-clanku>
- [21] Jaké jsou ztráty ve fotovoltaickém systému. Deramax [online]. Valašské Meziříčí, 2010 [cit. 2016-02-07]. Dostupné z: <http://www.deramax.cz/4-jake-jsou-zraty-ve-fotovoltaickem-systemu-4-dil-ze-serialu-clanku>
- [22] Elnagh [online]. 2015 [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: http://www.elnagh.com/2014/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=56&lang=en
- [23] Fotovoltaické panely – praktické příklady návrhu. Deramax [online]. Valašské Meziříčí, 2010 [cit. 2016-02-07]. Dostupné z: <http://www.deramax.cz/fotovoltaiicke-panely-prakticke-priklady-navrhu>
- [24] Sun store [online]. 2016 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.sunstore.co.uk/Caravan-Solar-Kits/>
- [25] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*, 1994. 1. vydání. Praha: T. Malina.
- [26] *TZBinfo* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://m.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/99-prumerne-mesicni-doby-slunecniho-svitu-ve-vybranych-lokalitach-cr>
- [27] *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava: Fakulta stavební* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/6.html>