

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

## DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ostrovní systém pro malý obytný automobil

Stand-alone system for small recreation vehicle

Autor práce: Bc. Filip Sauer

Vedoucí práce: Ing. Milan Bělík, Ph.D.

Plzeň 2017

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Filip SAUER**

Osobní číslo: **E15N0091P**

Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Technická ekologie**

Název tématu: **Ostrovní systém pro malý obytný automobil**

Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

### 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 jednotlivých druhů OZE jako mobilních zdrojů energie.
2. Rozeberte energetické potřeby malého obytného automobilu s ohledem na provoz osvětlení, ledničky, čerpadla užitkové vody, ventilace, topení a případných dalších spotřebičů.
3. Navrhněte různé varianty krytí uvedených energetických potřeb s využitím obnovitelných zdrojů energie.
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 KEE/VEN, KEE/SOES**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Milan Bělík, Ph.D.**

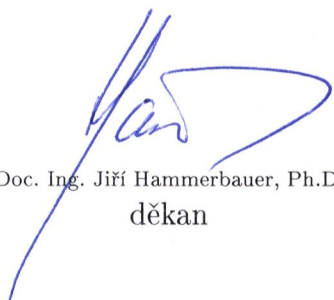
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce:


**14. října 2016**

Termín odevzdání diplomové práce:

**19. května 2017**



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



Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

# Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem ostrovního systému pro malý obytný automobil. Shrnuje informace o možném použití obnovitelných zdrojů elektrické energie, jako mobilních zdrojů energie a blíže popisuje vybraný princip přeměny sluneční energie na elektrickou. Hlavním výsledkem této práce je návrh dvou variant fotovoltaických systémů pro napájení vybraných spotřebičů instalovaných v přestavěném obytném automobilu Volkswagen Transporter T5. Na základě navržených fotovoltaických systémů jsou provedeny simulace pro tři různá místa s odlišnými klimatickými podmínkami a jejich provoz je následně zhodnocen.

## Klíčová slova

Obytný automobil, ostrovní systém, fotovoltaický systém, solární panel, solární regulátor, akumulátor, obnovitelné zdroje energie, energetická bilance



# Abstract

This diploma thesis deals with the design of stand-alone system for small recreation vehicle. It summarizes the information about possible use of renewable energy sources as mobile sources and describes the selected principle of converting solar energy into electricity. The main result of this work is the design of two variants of photovoltaic systems for the power supply of selected appliances installed in the converted recreation vehicle Volkswagen Transporter T5. Based on the proposed photovoltaic systems, simulations are made for three different places with different climatic conditions and their operation is subsequently evaluated.

## Keywords

Recreation vehicle, photovoltaic system, solar panel, solar regulator, accumulator, renewable energy sources, energy balance

# 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 bakalářské práce, je legální.

.....  
*Podpis*

V Plzni dne 15. 5. 2017

Filip Sauer

# Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Bělíkovi, Ph.D. za odborné rady a pomoc při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům a přátelům za podporu při studiu.

# Obsah

Seznam obrázků	vii
Seznam tabulek	ix
Úvod	1
<b>1 Teoretická část</b>	<b>2</b>
1.1 Ostrovní systém . . . . .	2
1.1.1 Komponenty ostrovního systému . . . . .	2
1.2 Druhy OZE jako mobilní zdroje energie . . . . .	3
1.2.1 Mobilní vodní elektrárny . . . . .	3
1.2.2 Mobilní větrné elektrárny . . . . .	4
1.2.3 Mobilní termální solární systémy . . . . .	5
1.2.4 Mobilní fotovoltaické elektrárny . . . . .	6
1.3 Fotovoltaické články . . . . .	6
1.3.1 Princip přeměny sluneční energie na elektrickou . . . . .	6
1.3.2 Solární článek . . . . .	7
<b>2 Praktická část</b>	<b>9</b>
2.1 Volkswagen Transporter T5 jako obytný automobil . . . . .	9
2.1.1 Technické parametry Volkswagen Transporter T5 . . . . .	10
2.2 Vybavení obytného automobilu . . . . .	12
2.2.1 Sprchový kout . . . . .	12
2.2.2 Kuchyňka . . . . .	14
2.2.3 Osvětlení . . . . .	15
2.2.4 Topení . . . . .	17
2.2.5 Ventilace . . . . .	18
2.3 Návrh FV systému varianta A . . . . .	20
2.3.1 Solární panely . . . . .	20
2.3.2 Solární regulátor . . . . .	23
2.3.3 Akumulátor . . . . .	24
2.3.4 Nabíjecí booster . . . . .	27

2.4	Návrh FV systému varianta B . . . . .	28
2.4.1	Solární panely . . . . .	29
2.4.2	Solární regulátor . . . . .	33
2.4.3	Akumulátor . . . . .	34
2.5	Energetické bilance . . . . .	37
2.5.1	Denní spotřeba pro jednotlivá roční období . . . . .	38
2.5.2	Plynové spotřebiče . . . . .	41
2.5.3	Energetická bilance pro území ČR varianta A . . . . .	42
2.5.4	Energetická bilance pro území ČR varianta B . . . . .	44
2.5.5	Energetická bilance pro deštivé podnebí Anglie varianta A . . . . .	46
2.5.6	Energetická bilance pro deštivé podnebí Anglie varianta B . . . . .	48
2.5.7	Energetická bilance pro slunečné podnebí Španělska varianta A . . . . .	50
2.5.8	Energetická bilance pro slunečné podnebí Španělska varianta B . . . . .	52
2.6	Dodatečná zařízení pro výrobu el energie . . . . .	53
2.6.1	Přenosné větrné elektrárny . . . . .	53
2.6.2	Palivový článek . . . . .	55
2.7	Zhodnocení . . . . .	56
	<b>Závěr</b>	<b>60</b>
	<b>Literatura</b>	<b>60</b>

# Seznam obrázků

1.1	Příklad zapojení ostrovního systému . . . . .	3
1.2	Mobilní vodní turbína . . . . .	4
1.3	Větrná turbína . . . . .	5
1.4	Termální solární systém . . . . .	6
1.5	Solární článek . . . . .	8
1.6	Energie ze slunce . . . . .	8
2.1	Volkswagen Transporter (ilustrační fotografie) . . . . .	10
2.2	Volkswagen Transporter T5 LWB Medium Roof rozměry . . . . .	11
2.3	Sprchový kout převzato z [4] . . . . .	12
2.4	Membránové tlakové čerpadlo Fiamma Aqua 8 . . . . .	13
2.5	Průtokový ohřívač vody Eccotemp 5 l . . . . .	13
2.6	Solární sprcha Solar shower 20 l . . . . .	14
2.7	Plynový vaříč Camping Flame 2 . . . . .	14
2.8	Kompresorový chladicí box Dometic CFX 28 . . . . .	15
2.9	Rozmístění světelných zdrojů . . . . .	16
2.10	Plynové topení Truma S3004 . . . . .	18
2.11	Ventilátor SilentiumPC Mistral . . . . .	19
2.12	Ventilátor Hella turbo . . . . .	19
2.13	Solární panel Solara Power S Series . . . . .	22
2.14	Polohovací systém solárních panelů . . . . .	23
2.15	MPPT měnič Epsolar 3215BN s displejem MT-50 LCD . . . . .	24
2.16	Trakční gelový akumulátor Dry bull DB 180 . . . . .	27
2.17	Nabíjecí booster MT-LB 25 . . . . .	28
2.18	Zapojení solárního systému s boosterem . . . . .	28
2.19	Flexibilní solární panel Solara M série S320P41 Marine . . . . .	30
2.20	Rozhraní aplikace PVGIS . . . . .	31
2.21	Solárního regulátoru LandStar LS2024B . . . . .	34
2.22	Trakční akumulátor Exide Equipment gel ES1300 . . . . .	36
2.23	Zapojení akumulátoru s propojovačem Cyrix-CT . . . . .	37
2.24	Místa pro vygenerované hodnoty ČR . . . . .	42

2.25	Vyrobená a spotřebovaná energie ČR varianta A . . . . .	43
2.26	Vyrobená a spotřebovaná energie ČR varianta B . . . . .	45
2.27	Místa pro vygenerované hodnoty Anglie . . . . .	46
2.28	Vyrobená a spotřebovaná energie Anglie varianta A . . . . .	47
2.29	Vyrobená a spotřebovaná energie Anglie varianta B . . . . .	49
2.30	Místa pro vygenerované hodnoty Španělsko . . . . .	50
2.31	Vyrobená a spotřebovaná energie Španělsko varianta A . . . . .	51
2.32	Vyrobená a spotřebovaná energie Španělsko varianta B . . . . .	53
2.33	Umístění větrné turbíny na obytném automobilu . . . . .	54
2.34	Palivový článek Efoy . . . . .	55
2.35	Porovnání bilancí pro systém A . . . . .	58
2.36	Porovnání bilancí pro systém B . . . . .	58

# Seznam tabulek

2.1	Technické parametry vozidla . . . . .	11
2.2	Technické parametry vodního čerpadla . . . . .	12
2.3	Technické parametry průtokového ohřívače . . . . .	13
2.4	Technické parametry plynového vařiče . . . . .	14
2.5	Technické parametry kompresorového chladícího boxu . . . . .	15
2.6	Technické parametry osvětlení . . . . .	17
2.7	Technické parametry topení . . . . .	18
2.8	Technické parametry ventilátorů . . . . .	19
2.9	Volba solárních panelů . . . . .	21
2.10	Technické parametry solárních panelů . . . . .	22
2.11	Technické parametry MPPT měniče . . . . .	24
2.12	Denní spotřeba . . . . .	25
2.13	Technické parametry trakčních akumulátorů . . . . .	26
2.14	Technické parametry nabíjecího boosteru . . . . .	27
2.15	Vyrobené množství energie z 1 Wp . . . . .	29
2.16	Technické parametry flexibilních solárních panelů . . . . .	30
2.17	Porovnání parametrů solárních regulátorů . . . . .	33
2.18	Technické parametry solárního regulátoru . . . . .	34
2.19	Technické parametry trakčního akumulátoru . . . . .	36
2.20	Denní spotřeba elektřiny na jaře . . . . .	38
2.21	Denní spotřeba v létě . . . . .	39
2.22	Denní spotřeba na podzim . . . . .	40
2.23	Denní spotřeba v zimě . . . . .	41
2.24	Spotřeba plynu . . . . .	42
2.25	Vyrobená a spotřebovaná energie ČR varianta A . . . . .	43
2.26	Vyrobená a spotřebovaná energie ČR varianta B . . . . .	44
2.27	Vyrobená a spotřebovaná energie Anglie varianta A . . . . .	47
2.28	Vyrobená a spotřebovaná energie Anglie varianta B . . . . .	48
2.29	Vyrobená a spotřebovaná energie Španělsko varianta A . . . . .	51
2.30	Vyrobená a spotřebovaná energie Španělsko varianta B . . . . .	52
2.31	Technické parametry větrných turbín . . . . .	54



2.32	Technické parametry palivových článků Efoy . . . . .	56
2.33	Náklady na pořízení FV systému A . . . . .	57
2.34	Náklady na pořízení FV systému B . . . . .	57

# Úvod

Cílem této práce je navrhnout varianty ostrovního systému malého obytného automobilu. Rozebrat energetické potřeby malého obytného automobilu s ohledem na provoz elektrických zařízení. Navrhnout různé varianty krytí energetických potřeb. Zhodnotit navržená řešení s ohledem na různá roční období a cestovní režim automobilu.

Tato práce může sloužit jako návod pro přestavbu malého obytného automobilu, jehož spotřebiče jsou vybírány s ohledem na malou energetickou náročnost a k jejich napájení může být použita jedna ze dvou navržených variant fotovoltaického systému. Také ukazuje, jaké jsou rozdíly mezi uvedenými FV systémy v různých lokalitách s různými klimatickými podmínkami.

Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou popsány jednotlivé obnovitelné zdroje elektrické energie jako mobilní zdroje pro obytný automobil. Blíže je v této práci rozebrána přeměna sluneční energie na elektrickou. Praktická část obsahuje popis automobilu Volkswagen Transporter T5 zvoleného pro přestavbu na obytný automobil. Dále jsou popsány spotřebiče a zařízení zajišťující základní potřeby posádky. Následují kapitoly s návrhem dvou variant fotovoltaických systémů, jedna pro maximální využití sluneční energie a druhá určená spíše pro letní provoz. Jako další je v této práci rozebrána denní spotřeba pro jednotlivá roční období a jsou zde spočítané energetické bilance pro obě varianty fotovoltaických systémů v různých lokalitách s různými klimatickými podmínkami. Před zhodnocením obou systémů jsou uvedeny další možná zařízení pro použití jako dodatečné zdroje elektrické energie.

Práce je zakončena zhodnocením obou FV systémů a závěrem, který je syntézou všech předchozích kapitol.

# 1

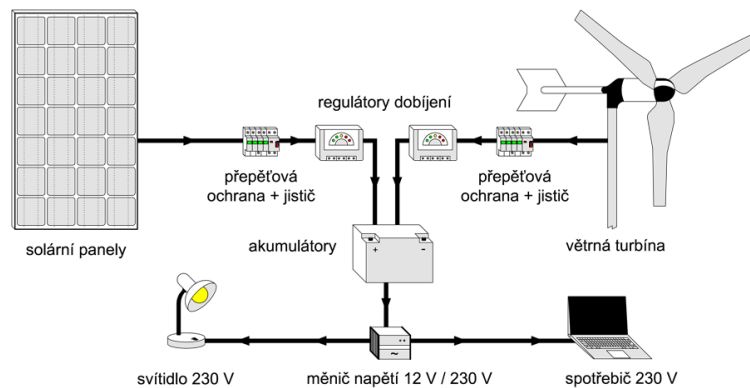
## Teoretická část

### 1.1 Ostrovní systém

Ostrovní fotovoltaický systém, označován také jako off-grid systém, se oproti ostatním fotovoltaickým systémům liší dvěma základními vlastnostmi. Tou první je, že ostrovní systém, jak už anglický název off-grid napovídá, není zapojen do sítě. Druhý rozdíl je, že systém obsahuje akumulátory. Ostrovní systémy jsou používány pro mobilní zařízení a také tam, kde není přístup k rozvodné síti, nebo tam, kde je vybudování elektrické přípojky finančně nevýhodné.

#### 1.1.1 Komponenty ostrovního systému

Jako zdroje elektrické energie jsou používány pro ostrovní systémy obnovitelné zdroje, nejčastěji fotovoltaické články nebo větrné turbíny, popřípadě kombinace obou. Jako za každý zdroj je dobré připojit jistící a ochranné obvody. Dále je potřeba zapojit regulátor dobíjení, který upravuje parametry napětí a proudu vhodné k nabíjení baterie. Nejčastěji se používají trakční baterie 12 V nebo 24 V. Z baterie lze napájet spotřebiče se stejným jmenovitým napětím a nebo připojit měnič napětí, do kterého lze zapojit libovolná zařízení jako do klasické 220V zásuvky.



Obrázek 1.1: Příklad zapojení ostrovního systému

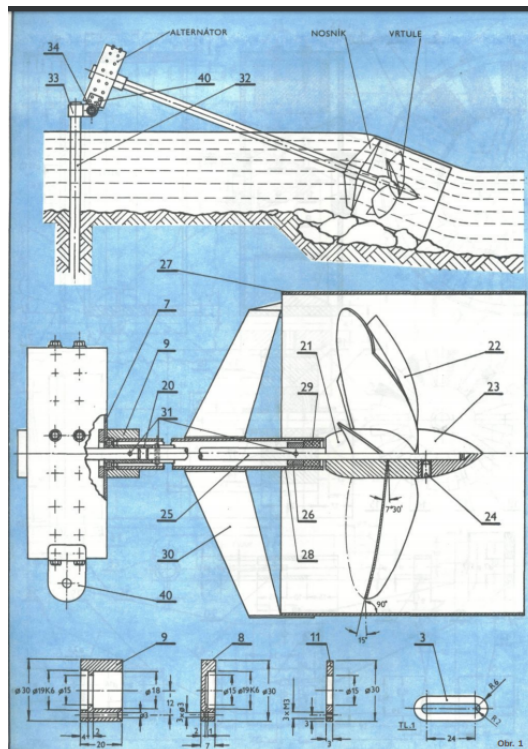
## 1.2 Druhy OZE jako mobilní zdroje energie

Jako mobilní obnovitelné zdroje elektrické energie mohou být použity systémy získávající elektrickou energii pomocí přeměny z energie sluneční, větrné a pohybem vodní masy.

### 1.2.1 Mobilní vodní elektrárny

Princip většiny vodních elektráren je založen na velikosti spádu. Zajištění spádu je však při campingu téměř nemožné. Znamenalo by to budovat hráze na vodních tocích nebo hledat lokality s přírodně vytvořeným rozdílem hladin, jako jsou vodopády a jezy.

Pro campingové použití by byla nejvhodnější variantou propelerová turbína (vrtulová turbína) jejíž princip je založen na principu lodního šroubu. Taková přenosná vodní elektrárna se pouze umístí do vodního toku a proud vody, který protéká přes lopatky, roztáčí generátor, který přeměňuje otáčky na elektrickou energii. Celé zařízení je vyobrazeno na obrázku 1.2. Takový typ přenosné vodní elektrárny vyžaduje campování v přímé blízkosti vhodných vodních toků, což spolu s faktem, že se takové vodní elektrárny komerčně nevyrábí, zapříčiňuje nevhodnost použití pro mnou navrhovaný ostrovní systém. [3]

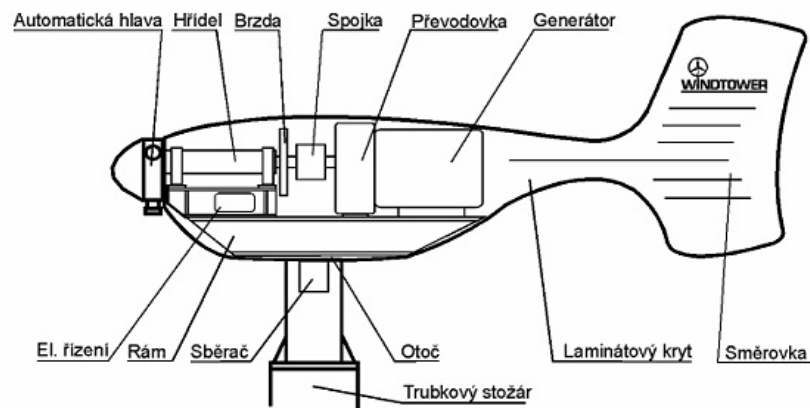


Obrázek 1.2: Mobilní vodní turbína

## 1.2.2 Mobilní větrné elektrárny

Větrné elektrárny využívají síly větru k roztočení turbíny, která je spojena s generátorem, který generuje elektrickou energii. Rychlost větru se v České republice pohybuje okolo 4 m/s ve výšce 10 m. Tato hodnota je dostačující k rozběhu většiny větrných elektráren, ale jmenovitého výkonu dosahují při mnohem vyšších hodnotách rychlosti větru.

Použití větrné elektrárny jako mobilního zdroje elektrické energie je závislé na poloze cílové destinace. Při kempování v nížinách v blízkosti lesů nebo v husté zástavbě je použití větrné elektrárny spíše nevhodné. Při kempování v otevřeném prostoru ve vyšších oblastech by použití větrné elektrárny mohlo být dobrým dodatečným zdrojem elektrické energie.



Obrázek 1.3: Větrná turbína

### 1.2.3 Mobilní termální solární systémy

Solární kolektory jsou zařízení, která přeměňují sluneční energii v teplo. K získání tepla ze sluneční energie se používají tělesa s matným černým povrchem, který nejlépe pohlcuje sluneční záření. Problémem těchto termálních solárních systémů jsou tepelné ztráty, odvedení a uložení vzniklého tepla pro pozdější využití.

Termální solární systém se většinou skládá z kolektoru, který sbírá sluneční energii a přeměňuje ji v teplo, zásobníku, v němž se teplo ukládá, transportního systému s regulačním zařízením a záložního zdroje tepla při nedostatku sluneční energie.

Většina mobilních termálních solárních systémů však neobsahuje všechny tyto části. Používají se jednodušší systémy, které jsou tvořeny jenom tmavou nádobou, která má funkci kolektoru a zásobníku, jako například solární sprcha zmíněná dále v kapitole sprchový kout na obrázku 2.6. [2]



Obrázek 1.4: Termální solární systém

## 1.2.4 Mobilní fotovoltaické elektrárny

Základem fotovoltaické elektrárny jsou solární panely, které přeměňují sluneční energii na elektrickou. Solární panely jsou nejrozšířenějším mobilním obnovitelným zdrojem elektrické energie. Fotovoltaický systém bude hlavním zdrojem elektrické energie i pro mnou navrhovaný obytný automobil, proto bude podrobněji rozebrán dále.

## 1.3 Fotovoltaické články

### 1.3.1 Princip přeměny sluneční energie na elektrickou

V solárním článku probíhá přímá přeměna světla na elektrickou energii, takzvaný fotovoltaický jev. V solárně aktivních materiálech probíhá přeměna bezhlučně a bez emisí a spotřeby látek. Solární články jsou vyráběny z polovodičů, nejčastěji z křemíku.

Vodivost polovodičů leží mezi vodivostí kovu a dielektrika. Polovodiče se mohou stát vodivými při dodání energie. V atomu křemíku tvoří čtyři vnější

elektrony vazby elektronových párů se sousedními atomy. U krystalických solárních článků při tom vzniká pravidelná krystalická mřížka. V solárním článku se nacházejí dvě elektricky odlišně dotované oblasti s rozdílnou vodivostí, které spolu hraničí. Na této hranici mezi kladně dotovanou oblastí (p) a záporně dotovanou oblastí (n) vzniká vnitřní elektrické pole, které je způsobeno difuzí nadbytečných elektronů z polovodiče n do polovodiče p v oblasti pn přechod. Vzniká oblast s malým počtem volných nosičů náboje, neboli vrstva prostorového náboje. V prostoru n vrstvy prostorového náboje zůstávají kladně nabitě atomy a v oblasti p zůstávají záporně nabitě atomy dotujícího prvku. Tím vzniká elektrické pole orientované proti směru pohybu nosičů náboje, takže difuze elektronů nemůže pokračovat do nekonečna.

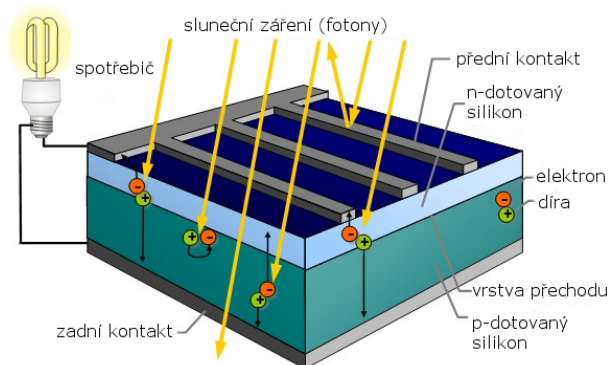
Světlo, které dopadne na solární článek, může uvolňovat elektrony z jejich vazeb v atomové mřížce díky zářivé energii fotonů, které se přitom absorbují. Uvolněné, volně pohybující se záporně nabitě elektrony ponechají na svém původním místě kladný náboj, takzvanou díru. Oba elektrické náboje (elektrony a díry) jsou vlivem vnitřního elektrického pole přitahovány do opačných směrů. V důsledku opačné polarizace vzniká rozdíl potenciálů, který lze naměřit jako elektrické napětí. Toto napětí naprázdno u krystalických solárních článků se pohybuje obvykle v rozmezí 0,6 až 0,7 V. Některé elektrony nedosáhnou kontaktů, nýbrž rekombinují. Tyto elektrony se nepodílí na průtoku proudu. [1]

### 1.3.2 Solární článek

Krystalický solární článek je složen ze dvou rozdílně dotovaných křemíkových vrstev. Strana blíže ke slunci je záporně dotovaná fosforem a spodní vrstva je kladně dotovaná bórem.

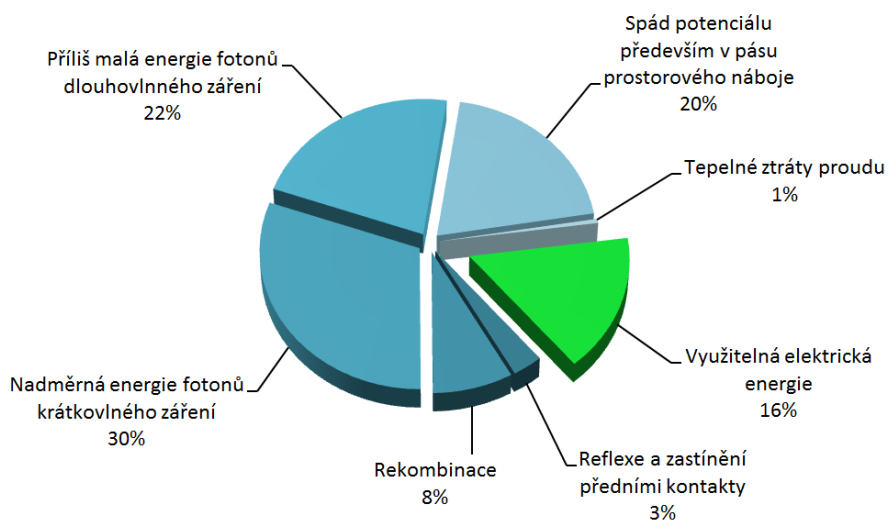
Z obou stran článku jsou umístěny kovové elektrody jako kontakty. Spodní strana je většinou provedena jako celoplošná elektroda. Elektroda na horní straně je tvořena tenkou mřížkou, která zakrývá co nejmenší část povrchu plochy článku, aby co nejlépe propouštěla světlo. Na povrch článku se umísťuje antireflexní vrstva, díky které se světlo co nejméně odráží, aby se co nejvíce fotonů absorbovalo. Tato vrstva také dodává jinak šedým křemíkovým článkům jejich barvu.





Obrázek 1.5: Solární článek

Při připojení spotřebiče k solárnímu článku poteče proud. Na solárním článku dochází ke ztrátám odrazem, rekombinací, zastíněním předními kontakty. Díky technickým vlastnostem použitého materiálu umí fotovoltaický článek využít jen část spektra slunečního záření. Největší ztráty jsou ve formě dlouhovlnného a krátkovlnného záření. Dlouhovlnné záření článkem prochází, a proto nepřispívá k přeměně sluneční energie na elektrickou. Další část nevyužitá energie se absorbuje a mění se na teplo. Tyto ztráty ovlivňují účinnost solárního článku, která se pohybuje okolo 16%.



Obrázek 1.6: Energie ze slunce

## 2

# Praktická část

Praktická část se zabývá návrhem ostrovního systému malého obytného automobilu, který používá jako hlavní zdroje elektrické energie solární panely.

Obytný automobil je realizován jako přestavba užitkového vozu Volkswagen Transporter T5. Dále je popsána výbava automobilu a volba spotřebičů. Následují dva návrhy solárních systémů a jejich komponent. Pro solární systémy jsou provedeny energetické bilance pro různá místa s různými klimatickými podmínkami.

Práce je zakončena srovnáním obou solárních systémů a celkovým zhodnocením.

## 2.1 Volkswagen Transporter T5 jako obytný automobil

Mnou zvolený automobil je Volkswagen Transporter T5, který je přestavěn na obytný automobil pro jednočlennou nebo dvoučlennou posádku. Tento automobil předpokládá použití spíše pro kempování mimo obydlené oblasti. Automobil není navržen jako komfortní obytný vůz pro odpočinek při dovolené, ale měl by zajistit všechny základní potřeby posádky při cestování, jako jsou spánek, příprava jídla a hygiena. Předpokládá se provoz spíše v letních měsících, ale dále bude zhodnocen i provoz v zimě. Přestavba, která zahrnuje zateplení, instalaci nábytku a další technické změny, nebude v této práci popisována.

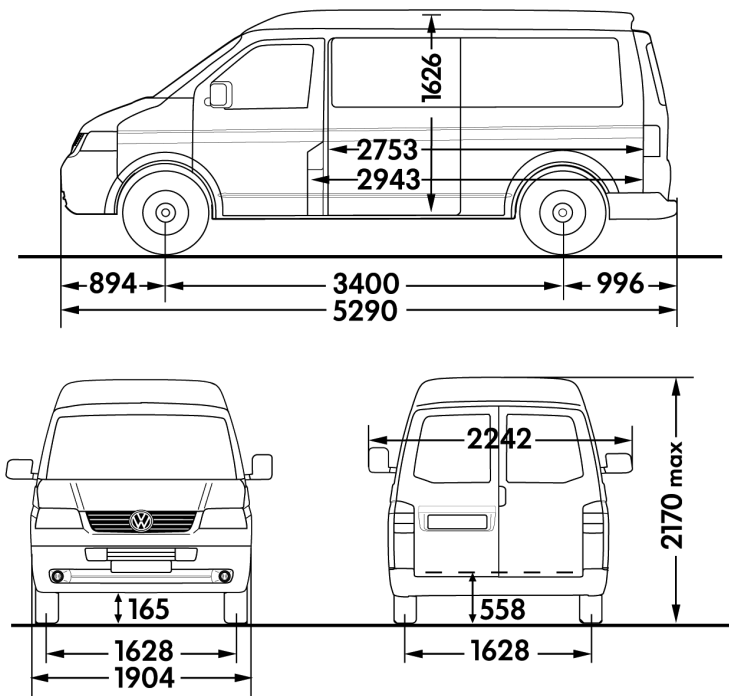


Obrázek 2.1: Volkswagen Transporter (ilustrační fotografie)

### **2.1.1 Technické parametry Volkswagen Transporter T5**

Pro přestavbu byl zvolen Volkswagen Transporter T5 LWB medium roof, což je prodloužená verze klasického Transporteru se středně vyvýšenou střechou, rozměry (viz obr. 2.2). Vybrána je varianta vozu s bočními výsuvnými dveřmi na levé straně, aby řidič měl pohodlný přístup do zadní části bez nutnosti obcházet automobil. Zadní dveře jsou vybrány s otvíráním směrem vzhůru, z důvodu instalace sprchy (dále bude upřesněno v další kapitole).

Volkswagen Transporter T5 se vyráběl od roku 2003 do roku 2015 s různými motory. Pro přestavbu na obytný automobil by se hodil automobil s čtyřválcovým naftovým motorem 1,9 TDI s výkonem 77 kW s nižší spotřebou a údajně vyšší spolehlivostí oproti pětiválcovému 2,5 litrovému TDI motoru.



Obrázek 2.2: Volkswagen Transporter T5 LWB Medium Roof rozměry

Tabulka 2.1: Technické parametry vozidla

Volkswagen Transporter T5 LWB Medium Roof 1,9 TDI	
Hmotnost	2350 kg
Maximální rychlost	153 km/h
Zrychlení z 0 na 100 km/h	19,1 s
Spotřeba paliva	(9,6 / 7 / 7,9) l/100km
Výkon	77 kW při 3500 ot/min
Maximální točivý moment	250 Nm při 2000 ot/min
Motorová nafta	min. 51 cet. podle EN 59 nebo bionafta
Počet válců, zdvihový objem	4 válce, 1896 ccm
Přenos síly	RP5

## 2.2 Vybavení obytného automobilu

### 2.2.1 Sprchový kout

Sprchový kout je umístěn v prostoru pátých dveří, na kterých je uchycen plastový závěs, podobně jako na obrázku 2.3. Odpadní voda ze sprchování je zachycována v mělké nádobě, umístěné pod nohama sprchovaného a následně se vylije na nejvhodnější místo. Voda pro sprchu je umístěna v plastové nádrži o objemu 70 l.



Obrázek 2.3: Sprchový kout převzato z [4]

Pro čerpání vody je zde membránové tlakové čerpadlo Fiamma Aqua 8 s průtokem 6 l/min a s výkonem 16,8 W. Datasheety k zařízením zmiňovaných v této práci jsou k dispozici na přiloženém CD.

Tabulka 2.2: Technické parametry vodního čerpadla

Membránové tlakové čerpadlo Fiamma Aqua 8	
Napětí	12 V DC
Průtok	7 l/min
Výkon	16,8 W
Vypínací tlak vody	1,5 bar



Obrázek 2.4: Membránové tlakové čerpadlo Fiamma Aqua 8

K ohřátí vody pro sprchování slouží průtokový ohřívač vody na propan butan Eccotemp, který se smí používat pouze při otevřených zadních dveřích, které zaručí dostatečné odvětrávání.

Tabulka 2.3: Technické parametry průtokového ohřívače

Přenosný průtokový ohřívač vody Eccotemp 5 l	
Palivo	propan butan
Ohřev vody	5 l/min
Tlak vody	1,38-5,5 bar
Spotřeba plynu	890 g/h



Obrázek 2.5: Průtokový ohřívač vody Eccotemp 5 l

Pro případnou úsporu energie pro ohřívání vody je vhodné používat v letních měsících solární sprchu obrázek 2.6, která ohřívá vodu přes den pomocí slunečního záření.



Obrázek 2.6: Solární sprcha Solar shower 20 l

## 2.2.2 Kuchyňka

Kuchyňka je umístěna v prostoru blízko bočních vysouvacích dveří, díky kterým lze zajistit potřebné odvětrávání. Jelikož je mnou navržený obytný automobil navržen spíše pro provoz v letních měsících, předpokládá se, že se k vaření bude využívat převážně ohniště a gril. Proto je kuchyňka vybavena pouze přenosným dvouplotýnkovým vařičem Camping Flame 2 s jištěním pro případ sfouknutí plamene a kanystrem na vodu o objemu 15 l s ventilem pro oplachování nádobí. Dále je zde úložný prostor pro nádobí. Místo dřezu poslouží obyčejný škopík.

Tabulka 2.4: Technické parametry plynového vařiče

Camping Flame 2	
Tlak	50 mbar
Výkon	2,5 kW
Spotřeba plynu	182 g/h



Obrázek 2.7: Plynový vařič Camping Flame 2

Pro uskladnění potravin slouží kompresorový chladicí box Dometic CFX 28 na 12 V s objemem 26 l. Chladicí box také umožňuje nabíjení zařízení přes zabudovanou USB zásuvku. Spotřeba elektřiny na provoz chladicího boxu by se dala snížit uložením potravin na stinném místě ve vyhloubené dřevě v zemi. Tento způsob uložení potravin se však hodí pouze pro delší pobyt na jednom místě.

Tabulka 2.5: Technické parametry kompresorového chladicího boxu

Dometic CFX 28	
Užitečný prostor	26 l
Napájecí napětí	12 V
Jmenovitý proud pro 12 V	6,5 A
Spotřeba	61 kWh/rok
Rozsah teploty chlazení	-22 °C až +10 °C
USB	5 V, 500 mA
Hlučnost	34 db



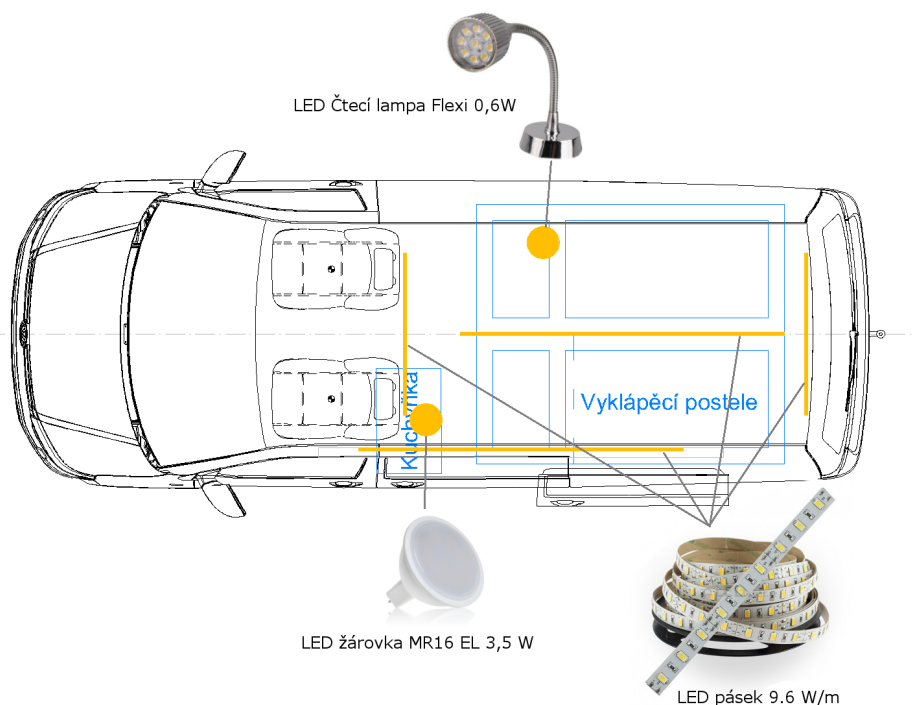
Obrázek 2.8: Kompresorový chladicí box Dometic CFX 28

### 2.2.3 Osvětlení

Všechny originální světelné zdroje v interieru jsou vyměněny za LED světelné zdroje. Další dodatečné světelné zdroje využívají také výhradně LED technologie, protože LED technologie je nejúspornější a nejefektivnější technologie přeměny elektrické energie na světelnou.



K osvětlení interieru slouží 4m LED pásek, který je rozdělen na více částí. Nejdelší 2m pásek je umístěn podélně uprostřed střechy a dva 1m pásy jsou umístěny kolmo k podélnému pásku v zadní a přední části. Dále v interieru bude čtecí lampička u postele a jedno bodové světlo v blízkosti výsuvných dveří namířené na místo s kuchyňkou. K venkovnímu osvětlení bude sloužit 2m LED pásek v liště, která bude umístěna nad dveřmi pod markýzou. Všechny LED pásy budou ovládaný stmívačem, aby bylo možné nastavit úroveň osvětlení vždy pouze podle potřeb a tím se dosáhlo co nejmenší spotřeby. Rozmístění světelných zdrojů je znázorněno na obrázku 2.9.



Obrázek 2.9: Rozmístění světelných zdrojů

Tabulka 2.6: Technické parametry osvětlení

LED pásek	
Napájecí napětí	12 V DC
Příkon	9,6 W/m
Úhel svitu	120°)
Světelný tok	800 lm/m
Teplota chromatičnosti	4000-4500 K
Krytí vnitřní / zalitý	IP20 / IP50
Čtecí lampa Flexi	
Napájecí napětí	12 V DC
Příkon	0,6 W
Teplota chromatičnosti	teplá bílá
Bodové světlo: LED žárovka MR16 EL	
Napájecí napětí	12 V DC
Příkon	3,5 W
Úhel svitu	100°
Světelný tok	270 lm
Teplota chromatičnosti	4000 K
Patice	MR16 (GU5,3)

## 2.2.4 Topení

Jelikož se předpokládá převážně provoz v letních měsících a vytápěný prostor není příliš velký, nejsou na topení kladeny příliš velké nároky. Proto je zvolené plynové topení Truma S3004 s piezo zapalováním. Toto topení patří mezi levnější ve své kategorii a lze ho provozovat na zkapalněný propan nebo propan butan. Ke svému správnému provozu potřebuje topení přívod vzduchu a odvod spalin mimo obytný prostor. Přívod vzduchu je řešen pod podlahovým nasáváním a o odvod spalin se stará komín. Komín je řešen jako stěnový, protože komín umístěný na střeše by mohl zastínit fotovoltaické panely.

Tabulka 2.7: Technické parametry topení

Plynové topení Truma S3004 s piezo zapalováním	
Palivo	zkapalněný propan / propan butan
Provozní tlak	30 mbar
Jmenovitý tepelný výkon	3500 W
Spotřeba plynu	30 - 280 g/h



Obrázek 2.10: Plynové topení Truma S3004

### 2.2.5 Ventilace

Ventilace vnitřních prostor je realizována pomocí okének a v zadní části vozu je nainstalována větrací mřížka s počítačovým ventilátorem SilentiumPC Mistral pro odtažení. Tento ventilátor s průtokem vzduchu  $1,25 \text{ m}^3/\text{min}$  dokáže vyměnit vnitřní vzduch, který je přibližně  $9,6 \text{ m}^3$  za necelých 8 minut. Pro cirkulaci vzduchu v interiéru automobilu je použit ventilátor Hella turbo. Tento ventilátor lze upevnit na podstavec, nebo použít jako závěsný. V zimě ho lze použít pro lepší cirkulaci horkého vzduchu umístěním blízko k topení.

Tabulka 2.8: Technické parametry ventilátorů

Ventilátor SilentiumPC Mistral	
Průměr	92 mm
Průtok vzduchu	1,25 m <sup>3</sup> /min
Napájecí napětí	12 V
Proud	0,13 A
Hlučnost	21 dB
Ventilátor Hella turbo	
Průměr	180 mm
Napájecí napětí	12 V
Příkon	6,5 W



Obrázek 2.11: Ventilátor SilentiumPC Mistral



Obrázek 2.12: Ventilátor Hella turbo

## 2.3 Návrh FV systému varianta A

Tato varianta fotovoltaického systému je navržena pro co nejvyšší dodávku elektrické energie. Návrh tohoto systému předpokládá použití v nepříznivých podmínkách a případný celoroční provoz.

### 2.3.1 Solární panely

Při výběru solárních panelů hrály hlavní roli rozměry střechy auta. Pro dosažení největšího výkonu by měly panely zakrývat co největší plochu střechy auta. Rovná část střechy má rozměr (130 × 290) cm. V tabulce 2.9 jsou uvedeny rozměry solárních panelů a v posledních dvou sloupcích (na délku a na šířku) jsou hodnoty, které udávají kolikrát se daný rozměr panelu vejde na střechu (poměr rozměru střechy ku rozměru panelu) buď na šířku, nebo na délku. Z těchto hodnot se hledá dvojice čísel v sloupci na šířku nebo v sloupci na délku s co nejmenší hodnotou za desetinnou čárkou, která udává míru nevyužití plochy mimo panel.

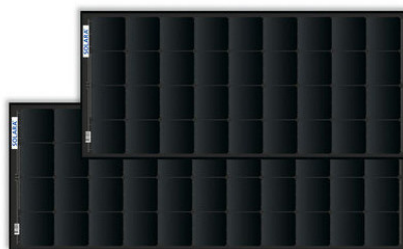
Dvojici čísel s nejmenší hodnotou za desetinnou čárkou mají solární články Solara S 100 Wp, Solara S vision 100 Wp a Solara power S 110 Wp. Tyto solární panely jsou od stejného výrobce a mají podobné rozměry. Solární panely Solara S vision 100 Wp by obsadily z výše uvedených největší plochu, ale jedná se o stejné panely jako Solara S 100 Wp, akorát mají zvýšenou odolnost, proto je jejich celková délka větší, ale plocha, kterou zabírají články, je stejná jako u panelů Solara S 100 Wp. Solární panely Solara power S 110 Wp mají stejné rozměry jako panely Solara S 100 Wp, ale mají zvýšenou účinnost, proto jsou zvoleny pro mnou navržený fotovoltaický systém. Těchto panelů je na střechu nainstalováno 5 a společně zabírají plochu 3,445 m<sup>2</sup> z celkové rovné plochy střechy, která činí 3,77 m<sup>2</sup>.

Tabulka 2.9: Volba solárních panelů

panel	$P_{den}$ (Wh)	P (Wp)	d (mm)	š (mm)	na délku		na šířku	
					d	š	š	d
1-1 Mono MT-SM	80	.	530	350	5,47	3,71	2,45	8,29
	160	.	660	510	4,39	2,55	1,97	5,69
	300	.	917	540	3,16	2,41	1,42	5,37
Truma SM	.	23	535	320	5,42	4,06	2,43	9,06
	.	65	835	535	3,47	2,43	1,56	5,42
	.	100	1185	535	2,45	2,43	1,10	5,42
	.	150	1460	660	1,99	1,97	0,89	4,39
Solarlines SL	200	.	635	540	4,57	2,41	2,05	5,37
	420	.	1190	540	2,44	2,41	1,09	5,37
	620	.	1495	675	1,94	1,93	0,87	4,30
Solara S	300	70	1500	350	1,93	3,71	0,87	8,29
	400	100	1237	557	2,34	2,33	1,05	5,21
	600	150	1500	680	1,93	1,91	0,87	4,26
Solara S vision	400	100	1252	557	2,32	2,33	1,04	5,21
	600	150	1520	672	1,91	1,93	0,86	4,32
Solara power S	.	110	1237	557	2,34	2,33	1,05	5,21
	.	140	1500	557	1,93	2,33	0,87	5,21
MT-Black Line	240	60	1350	335	2,15	3,88	0,96	8,66
	280	70	1050	450	2,76	2,89	1,24	6,44
	400	100	1215	530	2,39	2,45	1,07	5,47
	640	160	1480	660	1,96	1,97	0,88	4,39
MT-SM	.	55	905	605	3,20	2,15	1,44	4,79
	.	80	1205	605	2,41	2,15	1,08	4,79
	.	120	1329	530	2,18	2,45	0,98	5,47
	.	190	1640	660	1,77	1,97	0,79	4,39

Tabulka 2.10: Technické parametry solárních panelů

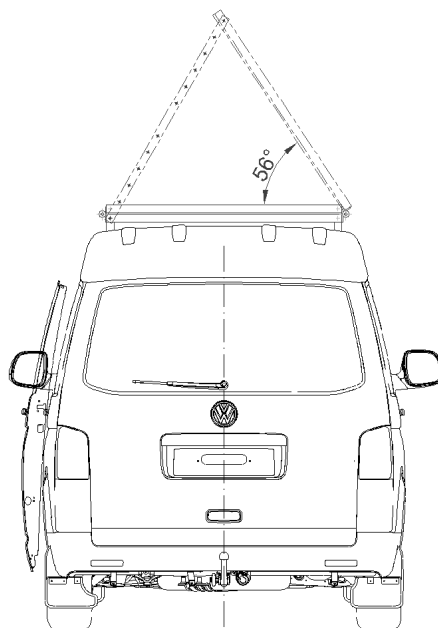
Solara Power S-Serie S440M36 Ultra 110Wp	
Typ článků	monokrystalické
Rozměr panelu	$(1237 \times 557 \times 40) \text{ mm}$
Rozměr článku	$(125 \times 125) \text{ mm}$
Hmotnost	7,9 kg
Průměrný denní výkon v létě v Německu	440 Wh/d
Jmenovitý výkon ( $P_{mpp}$ )	110 Wp
Zkratový proud ( $I_{sc}$ )	6,02 A
Napětí na prázdko ( $U_{oc}$ )	24,06 V
Napětí ( $U_{mpp}$ )	20,25 V
Proud ( $I_{mpp}$ )	5,43 A
Účinnost	16,5 %
Počet instalovaných panelů	5



Obrázek 2.13: Solární panel Solara Power S Series

### Montáž solárních panelů

Solární panely jsou z důvodu lepšího využití sluneční energie namontované na polohovatelné konstrukci, která slouží k nastavení sklonu solárních panelů vůči slunci. Konstrukce umožňuje vyklopení solárních panelů z obou stran. To, z jaké strany se panely vyklopí, určuje, z jaké strany se odstraní aretační šrouby. Úhel vyklopení lze nastavit pomocí děr v opěrném nosníku. Maximální úhel vyklopení je  $56^\circ$ . Správné natočení panelů vůči slunci také ovlivňuje pozici automobilu, proto je nutné s tímto počítat již při parkování.



Obrázek 2.14: Polohovací systém solárních panelů

### 2.3.2 Solární regulátor

Pro správné nabíjení baterii je potřeba zvolit vhodný solární regulátor. Pro mnou navržený systém A, který obsahuje 5 fotovoltaických panelů Solara Power S-Serie S440M36 Ultra 110Wp zapojených do série s napětím 101,25 V, proudem 5,43 A a celkovým výkonem 550 Wp, je vhodné použít MPPT měnič, který umí pracovat s větším napětím než klasický solární regulátor.

Pro mnou navrženou variantu je zvolen MPPT měnič Epsolar 3215BN MPPT 30A 12/24V, ke kterému je vhodné dokoupit displej Epsolar MT-50 LCD pro rychlou přehlednost práce MPPT měniče.



Tabulka 2.11: Technické parametry MPPT měniče

Epsolar 3215BN MPPT 30A 12/24V	
Jmenovitý proud baterie	30 A
Jmenovitý proud zátěže	20 A
Nominální napětí systému	12 V DC / 24 V DC
Maximální napětí baterie	32 V
Maximální napětí solárního vstupu	150 VDC
Maximální vstupní energie fotovoltaiky	390 W (12V)
Vlastní spotřeba	≤ 50 mA (12 V)
Pokles napětí nabíjecího obvodu	≤ 0,26 V
Pokles napětí vybíjecího obvodu	≤ 0,15 V
Koeficient kompenzace teploty	-3 mV/°C/2 V (základní)
Komunikace	RS485 (rozhraní RJ45)



Obrázek 2.15: MPPT měnič Epsolar 3215BN s displejem MT-50 LCD

### 2.3.3 Akumulátor

Pro mnou navržený systém A je zvolen jako palubní akumulátor olověný bezúdržbový akumulátor. Kapacita akumulátoru je vybrána podle následujících výpočtů. Mnou navržený obytný automobil je svou výbavou navržen spíše pro provoz v letních měsících, ale jeho energetická soběstačnost by měla být co nejvyšší i v zimních měsících a v nehostinných podmínkách mimo Českou republiku. Proto výpočet kapacity akumulátoru je počítán jako pro zimní provoz. Z tohoto důvodu se počítá s kapacitou akumulátoru pro napájení spotřebičů po dobu 6 dní.

Pro výpočet je potřebné znát denní spotřebu, která je vypočtena z příkonu a doby provozu během dne jednotlivých spotřebičů, které jsou uvedeny v tabulce 2.12. Jelikož jsou všechny spotřebiče napájeny rovnou z 12 V DC do výpočtu se neprojeví ztráty v měniči. Při výpočtu je třeba zohlednit i využitelnou kapacitu akumulátoru, která je u trakčních akumulátoru přibližně 80 %, pod tuto úroveň by se neměl akumulátor vybit, protože to výrazně snižuje jeho životnost. Po započtení využitelné kapacity již stačí převést výsledek na Ah, což je údaj podle kterého se akumulátory rozlišují.

Tabulka 2.12: Denní spotřeba

Spotřebič	Příkon (W)	Provoz (h/den)	Spotřeba (Wh/den)
Chladicí box	(61 kWh/rok)		167,1
Čerpadlo	16,8	1/6	2,8
LED pásek přední	9,6	1	9,6
LED pásek zadní	9,6	1/6	1,6
LED pásek podélný	19,2	0,25	4,8
LED pásek venkovní	19,2	1	19,2
Světlo kuchyňka	3,5	0,25	0,875
Čtecí lampička	0,6	1	0,6
Notebook	65	1	65
Ventilátor turbo	6,5	0,5	3,25
Odvětrávací ventilátor	1,56	1	1,56
USB nabíječka	15	1	15
Celkem			291,385

Potřebné množství energie na 6 dní:

$$P_{6d} = P_d \cdot 6 = 291,385 \cdot 6 = 1748,31 \text{ Wh}, \quad (2.1)$$

Započtení využitelné kapacity akumulátoru (80%):

$$P_{kap} = \frac{P_{6d}}{0,8} = \frac{1748,31}{0,8} = 2185,3875 \text{ Wh}, \quad (2.2)$$

Přepočet na Ah:

$$Kap_{aku} = \frac{P_{kap}}{12} = \frac{2185,3875}{12} = 182,116 \text{ Ah}, \quad (2.3)$$

Z výpočtů vyplývá, že by bylo vhodné použít akumulátor s kapacitou 182,116 Ah. S ohledem na tento parametr se nabízí dvě možnosti akumulátorů Exide equipment ET1300 a Dry bull DB 180. Z tabulky parametrů 2.13 těchto akumulátorů lze vyčíst výhody trakčního akumulátoru Exide equipment ET1300, kterými jsou nižší hmotnost a nižší cena. Nevýhody akumulátoru Exide equipment ET1300 jsou nutnost údržby v podobě dolévání destilované vody, zvýšené riziko úniku kyseliny a menší počet nabíjecích cyklů. Z hlediska bezpečnosti, absence nutnosti údržby a delší životnosti je zvolen gelový trakční akumulátor Dry bull DB 180.

Tabulka 2.13: Technické parametry trakčních akumulátorů

Akumulátor	Exide equipment ET1300	Dry bull DB 180
Kapacita	180 Ah	183 Ah
Napětí	12 V	12 V
Typ	tekutý elektrolyt	gelová
Hmotnost	50 kg	57,6 kg
Provedení	údržbová	bezúdržbová
Cena	6000 Kč	22000 Kč



Obrázek 2.16: Trakční gelový akumulátor Dry bull DB 180

### 2.3.4 Nabíjecí booster

Nabíjecí Booster slouží k nabíjení palubní baterie z alternátoru při jízdě vozidlem. Toto zařízení s inteligentním mikroprocesorem, který řídí nabíjení s charakteristikou IU1oU2 a dynamicky hlídá časovou křivkou. Toto zařízení se automaticky stará o rychlé a kvalitní nabití a udržení ve 100% nabití všech připojených akumulátorů. Booster také filtruje napěťové špičky, čímž se vyloučí přebití baterie. Díky externímu teplotnímu čidlu booster automaticky reguluje nabíjecí proud v závislosti na teplotě akumulátoru.

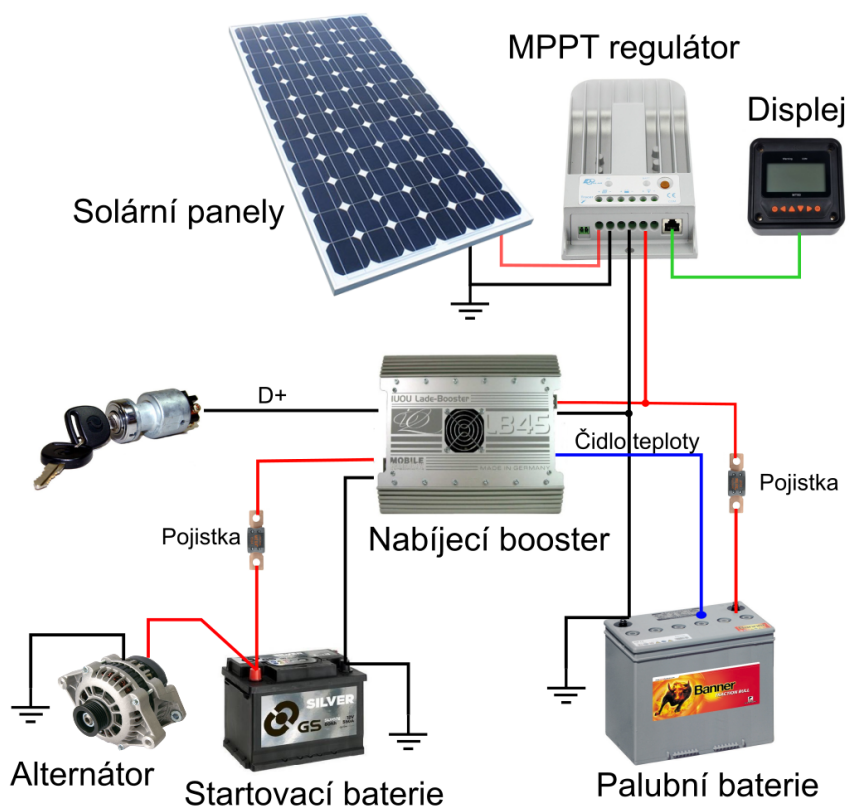
Mnou vybraný nabíjecí booster Mobile Technology MT-LB 25 je nastavitelný pro všechny typy baterií používaných v obytných automobilech, zaručuje optimální nabíjecí podmínky se zpětnou vazbou v podobě teplotního čidla. Má také odnímatelný přední panel pro vzdálený dohled z interiéru vozidla. Zapojení nabíjecího boosteru je znázorněno na obrázku 2.18. Pro dobíjení obou baterií při jízdě je v obytném automobilu vyměněn původní alternátor za výkonnější.

Tabulka 2.14: Technické parametry nabíjecího boosteru

Nabíjecí booster MT-LB 25	
Napětí startovací baterie	12 V
Min kapacita startovací baterie	60 Ah
Max vstupní výkon startovací baterie	480 W
Napětí palubní baterie	12 V
Kapacita palubní baterie	950 - 200 Ah
Nabíjecí proud palubní baterie	25 A



Obrázek 2.17: Nabíjecí booster MT-LB 25



Obrázek 2.18: Zapojení solárního systému s boosterem

## 2.4 Návrh FV systému varianta B

Tato varianta fotovoltaického systému je navržena s ohledem na pořizovací náklady a složitost instalace. Předpokládané použití tohoto systému je v teplejších měsících od března do října a v nenáročných podmínkách.

### 2.4.1 Solární panely

Z hlediska jednoduchosti montáže jsou zvoleny flexibilní panely, které jsou nalepeny přímo na střeše vozidla. Pro výpočet výkonu solárních panelů byla použita webová aplikace PVGIS. Jako vstupní data pro výpočet byla použita poloha na území Moravy, sklon panelů  $0^\circ$ , který vyplývá z montáže fotovoltaických panelů přímo na střechu.

Pro návrh fotovoltaických panelů varianty B je počítáno pouze s provozem od března do října. Z tabulky 2.15 vygenerované pomocí aplikace PVGIS se vybere měsíc s nejslabší průměrnou denní výrobou elektrické energie. V tomto případě se jedná o říjen s denní výrobou 1,55 Wh z instalovaného 1 Wp. K celkové denní spotřebě (291,385 Wh/den) viz tabulka 2.12 je potřeba zahrnout ztráty zbývajících částí solárního systému, které činí při použití klasického solárního regulátoru 30%, viz výpočet 2.4.

Pro zjištění potřebného instalovaného výkonu vypočtenou hodnotu podělíme hodnotou nejslabší průměrné denní vyrobené elektrické energie za měsíc říjen, viz výpočet 2.5. Z výpočtů vychází použití solárních panelů s minimálním výkonem 268,56 Wp.

Tabulka 2.15: Vyrobené množství energie z 1 Wp

Měsíc	$E_{den}$ (Wh)
Březen	2.37
Duben	3.63
Květen	4.01
Červen	4.24
Červenec	4.12
Srpen	3.60
Září	2.56
Říjen	1.55

Denní spotřeba se zahrnutými ztrátami:

$$E_{+ztr} = \frac{P_d}{ucin} = \frac{2185,3875}{0,7} = 416,264 \text{ Wh/den}, \quad (2.4)$$

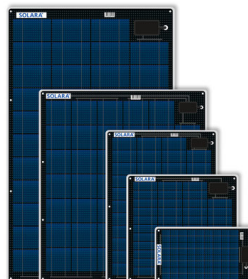
Potřebný špičkový výkon:

$$P_{pan} = \frac{E_{+ztr}}{E_{rijen}} = \frac{416,264}{1,55} = 268,56 \text{ Wp}, \quad (2.5)$$

Z nabídky fotovoltaických flexi panelů a na základě použití sudého počtu panelů pro sério-paralelní zapojení a rozměrů panelů pro vhodné umístění na střechu jsou zvoleny 4 flexibilní solární panely Solara M série S320P41 Marine s celkovým výkonem 320 Wp.

Tabulka 2.16: Technické parametry flexibilních solárních panelů

Solara M série S320P41 Marine 80Wp	
Typ článků	mono a poly krystalické
Rozměr panelu	$(695 \times 798 \times 2) \text{ mm}$
Rozměr článku	$(104 \times 104) \text{ mm}$
Hmotnost	3,7 kg
Průměrný denní výkon v létě v Německu	4320 Wh/d
Jmenovitý výkon (Pmpp)	80 Wp
Zkratový proud (Isc)	3,84 A
Napětí na prázdno (Uoc)	28,85 V
Napětí (Umpp)	21,81 V
Proud (Impp)	3,62 A
Počet instalovaných panelů	4



Obrázek 2.19: Flexibilní solární panel Solara M série S320P41 Marine

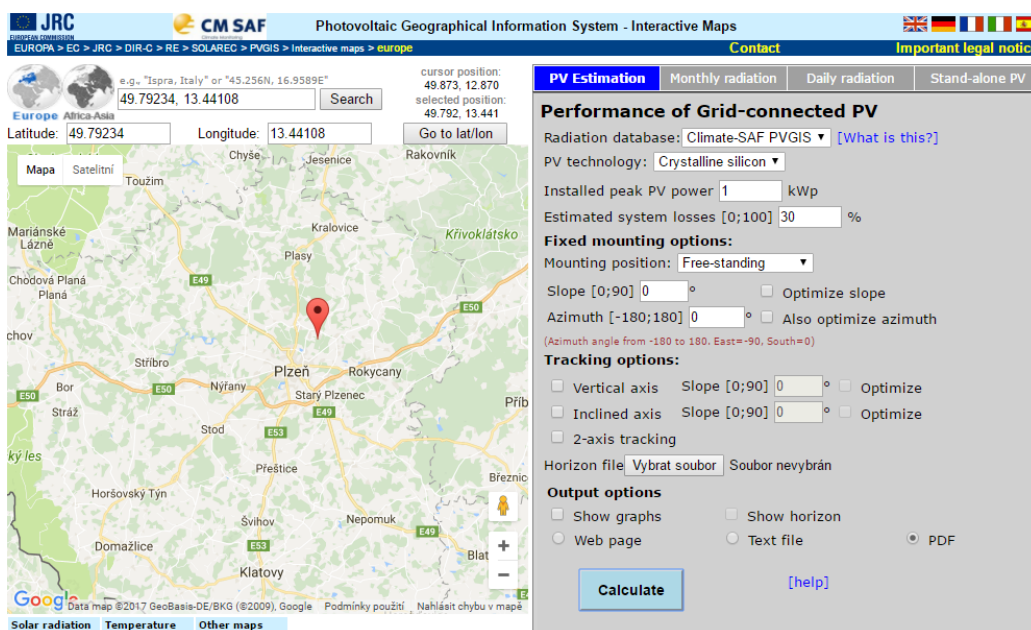
## Popis aplikace PVGIS

Aplikace PVGIS dostupná z [5] v sobě zahrnuje databázi slunečního záření a dalších klimatických parametrů, které slouží k odhadnutí výroby elektrické energie pro určitý fotovoltaický systém na území Evropy a Afriky.

Vstupními údaji této aplikace jsou: umístění FV systému, výběr databáze vyzařování sluneční energie, technologie FV panelů, instalovaný výkon, ztráty FV systému mimo solární panely, velikost zástavby, úhel sklonu panelů, směrová orientace, popřípadě nastavení mezních úhlů solárního sledovače a umožňuje popřípadě vložit fotografii horizontu.

Program generuje protokol který obsahuje tabulku s denní a průměrnou měsíční produkcí elektrické energie a průměrnou celkovou energií dopadajícího záření na metr čtvereční. Tyto hodnoty zobrazuje i v podobě grafů.

Protokoly jsou generovány pro instalovaný výkon 1 kWp, ale v této práci jsou uvedené hodnoty přenásobené instalovaným výkonem daného FV systému. Vygenerované protokoly jsou uloženy na přiloženém CD.



Obrázek 2.20: Rozhraní aplikace PVGIS



### Příklad postupu pro výpočet ozáření na orientovanou plochu

Činitel  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{9,38076 \cdot [\sin h + (0.003 + \sin^2 h)^{0,5}]}{2,0015 \cdot (1 - L_V \cdot 10^{-4})} + 0.91018 \quad (2.6)$$

$L_V$  je nadmořská výška daného místa.

$h$  je výška Slunce nad obzorem.

Hustota toku kolmo dopadajícího slunečního záření na povrch zemské atmosféry  $G_{on}$  (W/m<sup>2</sup>):

$$G_{on} = G_{sc} \cdot \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365}\right) \quad (2.7)$$

$G_{sc}$  je sluneční konstanta a je rovna 1367 W/m<sup>2</sup>.

$n$  je pořadí dne v roce.

Teoreticky možné přímé sluneční ozáření na plochu kolmou ke směru šíření  $G_{bn}$  (W/m<sup>2</sup>):

$$G_{bn} = G_{on} \cdot \exp\left(-\frac{Z}{\varepsilon}\right) \quad (2.8)$$

Součinitel znečištění atmosféry (určený z dlouhodobého měření):

$$Z = \frac{\ln G_{on} - \ln G_{bn}}{\ln G_{on} - \ln G_{b0}} \quad (2.9)$$

$G_{b0}$  je přímé sluneční záření při průchodu zcela čistým vzduchem ( $Z=1$ ).

Přímé sluneční ozáření pro danou plochu  $G_{bT}$  (W/m<sup>2</sup>):

$$G_{bT} = G_{bn} \cdot \cos \theta \quad (2.10)$$

$\theta$  je úhel dopadu slunečního záření.

Difuzní sluneční ozáření dané plochy  $G_{dT}$  (W/m<sup>2</sup>):

$$G_{dT} = \left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right) \cdot G_b + \rho_g \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right) (G_d + G_b) \quad (2.11)$$

$G_d$  je difuzní sluneční ozáření vodorovné roviny.

$$G_d = 0.33 \cdot (G_{on} - G_{bn}) \cdot \sinh$$

$G_b$  je přímé sluneční ozáření vodorovné roviny.

$$G_b = G_{bn} \cdot \sinh$$

$\rho_g$  je odrazivost vodorovné roviny (nejčastěji  $\rho_g=0,2$ ).

$\beta$  je sklon solárního panelu.

převzato z [10]

## 2.4.2 Solární regulátor

Pro správné nabíjení baterii je potřeba zvolit vhodný solární regulátor. Pro mnou navržený systém B, který obsahuje 4 fotovoltaické panely Solara M série S320P41 Marine 80Wp zapojených sério-paralelně s napětím 43,62 V, proudem 7,24 A a celkovým výkonem 320 Wp.

Pro tento výkon jsou vhodné regulátory z tabulky 2.17. Druhý regulátor MT 350 PP s displejem je v porovnání s prvním regulátorem Epsolar 3210A dražší, dosahuje nižších parametrů a využívá méně účinnější PWM technologii, proto je z výběru vyloučen jako první. Varianta B klade důraz na pořizovací náklady, a proto i přes vyšší parametry a účinnější MPPT technologii druhého regulátoru Epsolar 3210A je pro mnou navržený systém zvolen třetí regulátor LandStar LS2024B.

Tabulka 2.17: Porovnání parametrů solárních regulátorů

	Epsolar 3210A	MT 350 PP	LandStar LS2024B
Technologie	MPPT	PWM	PWM
Jmenovitý proud	30 A	22 A	20 A
Výkon	390 Wp	350 Wp	.
Nax. napětí systému	100 V	.	50 V
Cena	.	2976 Kč	990 Kč
Cena s displejem	2990 Kč	5453 Kč	1839 Kč

Tabulka 2.18: Technické parametry solárního regulátoru

LandStar LS2024B	
Jmenovitý proud baterie	20 A
Jmenovité napětí systému	12 V / 24 V Automatické
Maximální napětí baterie	34 V
Maximální napětí solárního vstupu	50 V DC
Vlastní spotřeba 12 V	≤ 8,4 mA
Vlastní spotřeba 24 V	≤ 7,8 mA
Koeficient kompenzace teploty	-3 (mV/°C/2 V) základní
Komunikace	RS485 (rozhraní RJ45)



Obrázek 2.21: Solárního regulátoru LandStar LS2024B

### 2.4.3 Akumulátor

Pro mnou navržený systém B je zvolen jako palubní akumulátor olověný bezúdržbový akumulátor. Kapacita akumulátoru je vybrána podle následujících výpočtů. Mnou navržený obytný automobil je navržen spíše pro provoz v letních měsících. Proto se počítá s kapacitou akumulátoru pro napájení spotřebičů po dobu 4 dní.

Pro výpočet je potřebné znát denní spotřebu, která je vypočtena z příkonu a doby provozu během dne jednotlivých spotřebičů, které jsou uvedeny v tabulce 2.12. Jelikož jsou všechny spotřebiče napájeny rovnou z 12 V DC do výpočtu se neprojeví ztráty v měniči. Při výpočtu je třeba zohlednit i využitelnou kapacitu akumulátoru, která je u trakčních akumulátoru okolo

80 %, pod tuto úroveň by se neměl akumulátor vybit, protože to výrazně snižuje jeho životnost. Po započtení využitelné kapacity již stačí převést výsledek na Ah, což je údaj, podle kterého se akumulátory rozlišují.

Potřebné množství energie na 4 dny:

$$P_{4d} = P_d \cdot 4 = 291,385 \cdot 4 = 1168,54 \text{ Wh}, \quad (2.12)$$

Započtení využitelné kapacity akumulátoru (80%):

$$P_{kap} = \frac{P_{4d}}{0,8} = \frac{1168,54}{0,8} = 1456,93 \text{ Wh}, \quad (2.13)$$

Přepočet na Ah:

$$Kap_{aku} = \frac{P_{kap}}{12} = \frac{1456,93}{12} = 121,41 \text{ Ah}, \quad (2.14)$$

Z výpočtů vyplývá, že by bylo vhodné použít akumulátor s kapacitou 121,41 Ah. S ohledem na výrobní řady akumulátorů je zvolen trakční akumulátor s kapacitou 120 Ah. Volba akumulátoru je lehce poddimenzovaná, to je však v pořádku, neboť spotřeba notebooku, která je v tabulce 2.12 uvedena, 65 W je při maximálním zatížení, ke kterému dochází pouze při používání náročných grafických nebo výpočetních programů a hraní náročných her. Při výběru konkrétního akumulátoru, kromě jeho kapacity, je brán ohled také na bezúdržbovost akumulátoru a jeho cenu. Z tohoto důvodu byl vybrán trakční akumulátor Exide Equipment gel ES1300.

Tabulka 2.19: Technické parametry trakčního akumulátoru

Exide Equipment gel ES1300	
Kapacita	120 Ah
Napětí	12 V
Typ	gelová
Hmotnost	38,7 kg
Provedení	bezúdržbová
Cena	8400 Kč



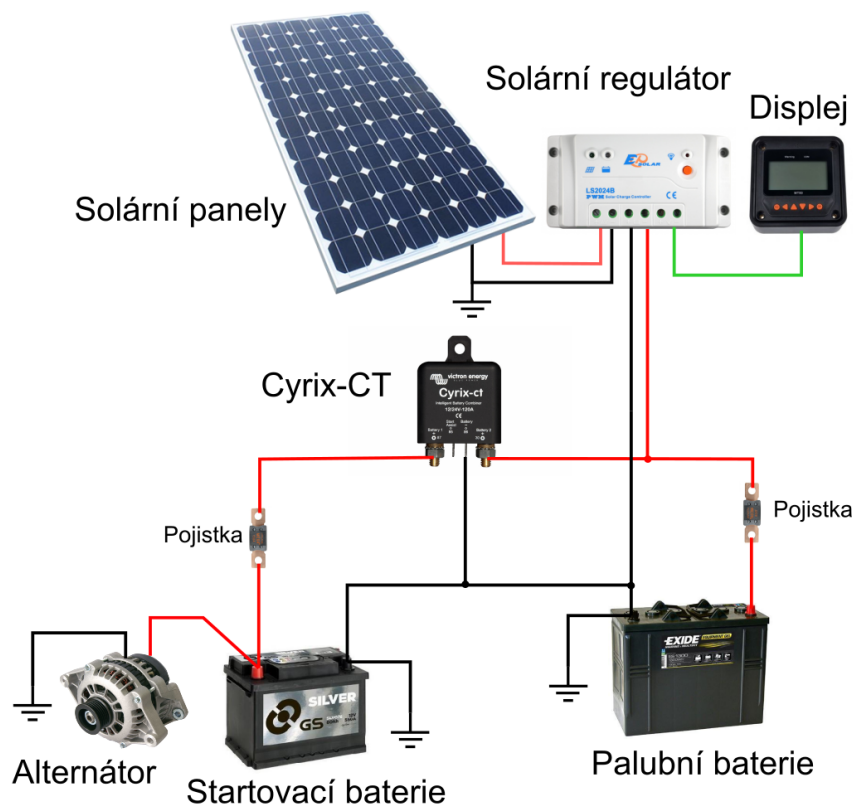
Obrázek 2.22: Trakční akumulátor Exide Equipment gel ES1300

### Zapojení akumulátoru

Pro dobíjení palubního akumulátoru, z alternátoru během jízdy a zároveň dobíjení startovacího akumulátoru při přebytku elektrické energie ze solárních panelů, je použit propojovač baterií Cyrix-CT 12-24V 120A. Tento inteligentní propojovač baterií řídí nabíjení a odpojování startovací a palubní baterie.

Pokud je na jedné z baterií dosaženo napětí 13,0 V po dobu 10 minut nebo 13,8 V po dobu 4 sekund, Cyrix-CT baterie propojí a dochází k nabíjení obou baterií současně do plného stavu. Jakmile na jedné z baterií klesne napětí pod 12,8 V po dobu 10 minut nebo 11,8 po dobu 4 sekund, dojde k vzájemnému odpojení baterií. Toto propojování a odpojování funguje obousměrně. Baterie mohou být odlišných kapacit, typů a konstrukcí.

Tento propojovač je také vybaven teplotní ochranou. V případě vysoké okolní teploty nebo nadměrného nabíjecího proudu dojde k jeho vypnutí.



Obrázek 2.23: Zapojení akumulátoru s propojovačem Cyrix-CT

## 2.5 Energetické bilance

Energetická bilance je počítána pro celoroční provoz a provoz v slunečných měsících od března do října. Energetická bilance je počítána pro tři různá místa. První je pro území České republiky, druhé pro slunečně náročnější podmínky ve Spojeném království Velké Británie a Severního Irska a pro dobré sluneční podmínky na území Španělska.

Pro každé území je zvoleno několik bodů pro, které je vygenerováno pomocí aplikace PVGIS množství vyrobené elektrické energie za den pro jednotlivé měsíce. Pro výpočet energetické bilance je také nutné znát denní spotřebu všech spotřebičů u kterých je zohledněna doba použití v závislosti na ročním období.

## 2.5.1 Denní spotřeba pro jednotlivá roční období

### Jaro

Na začátku jara se pro sprchování používá průtokový ohřívač místo solární sprchy. Z toho vyplývá zvýšený provoz čerpadla, průtokového ohřívače a topení oproti letním měsícům. Díky nižším teplotám je také menší potřeba větrat, což se projeví na spotřebě ventilátorů. Začátkem jara je také více využívané osvětlení vnitřních prostor.

Tabulka 2.20: Denní spotřeba elektřiny na jaře

Spotřebič	Příkon (W)	Provoz (h/den)	Spotřeba (Wh/den)
Chladicí box	(61 kWh/rok)		167,1
Čerpadlo	16,8	0,1	1,68
LED pásek přední	9,6	1	9,6
LED pásek zadní	9,6	0,2	1,92
LED pásek podélný	19,2	0,2	3,84
LED pásek venkovní	19,2	2	38,4
Světlo kuchyňka	3,5	0,2	0,7
Čtecí lampička	0,6	0,25	0,15
Notebook	35	1	35
Ventilátor turbo	6,5	0,5	3,25
Odvětrávací ventilátor	1,56	2	3,12
USB nabíječka	15	1	15
Celkem			279,77

### Léto

V létě odpadá nutnost topení a pro ohřev vody na sprchování lze použít solární sprchu, která nepotřebuje čerpadlo. Kvůli vysokým teplotám je potřeba častěji větrat, jak pomocí okének, tak pomocí ventilátorů. Také nároky na osvětlení jsou nižší než v ostatních ročních obdobích. S hezkým počasím také ubývá čas trávený uvnitř automobilu, což se projeví na době strávené u notebooku. Přibývá také možností k vaření na ohni nebo grilu.

Tabulka 2.21: Denní spotřeba v létě

Spotřebič	Příkon (W)	Provoz (h/den)	Spotřeba (Wh/den)
Chladicí box	(61 kWh/rok)		167,1
Čerpadlo	16,8	0,03	1,68
LED pásek přední	9,6	0,5	4,8
LED pásek zadní	9,6	0	0
LED pásek podélný	19,2	0,2	3,84
LED pásek venkovní	19,2	2,5	48
Světlo kuchyňka	3,5	0,2	0,7
Čtecí lampička	0,6	0,2	0,12
Notebook	35	0,5	17,5
Ventilátor turbo	6,5	1	6,5
Odvětrávací ventilátor	1,56	3	4,68
USB nabíječka	15	1	15
Celkem			269,94

### Podzim

Na podzim se více využívá topení a méně se využívá odvětrávacího ventilátoru. Zkracuje se den, což má za následek nutnost více svítit. Také čas trávený uvnitř obytného automobilu se zvyšuje, z důvodů špatného počasí. To se projeví na spotřebě notebooku.



Tabulka 2.22: Denní spotřeba na podzim

Spotřebič	Příkon (W)	Provoz (h/den)	Spotřeba (Wh/den)
Chladicí box	(61 kWh/rok)		167,1
Čerpadlo	16,8	0,2	3,36
LED pásek přední	9,6	0,5	4,8
LED pásek zadní	9,6	0,25	2,4
LED pásek podélný	19,2	0,25	4,8
LED pásek venkovní	19,2	2	38,4
Světlo kuchyňka	3,5	0,5	1,75
Čtecí lampička	0,6	0,5	0,3
Notebook	35	1	35
Ventilátor turbo	6,5	1	6,5
Odvětrávací ventilátor	1,56	1	1,56
USB nabíječka	15	1	15
Celkem			280,97

## Zima

Zima je nejnepríznivější období z hlediska počasí a spotřeby energie. Dny jsou z celého roku nejkratší a teploty nejnižší. To klade velké nároky na osvětlení a potřebu vytápění. Také se prodlužuje doba trávená uvnitř obytného automobilu.

Tabulka 2.23: Denní spotřeba v zimě

Spotřebič	Příkon (W)	Provoz (h/den)	Spotřeba (Wh/den)
Chladicí box	(61 kWh/rok)		167,1
Čerpadlo	16,8	0,25	4,2
LED pásek přední	9,6	0,75	7,2
LED pásek zadní	9,6	0,5	4,8
LED pásek podélný	19,2	0,5	9,6
LED pásek venkovní	19,2	1,5	28,8
Světlo kuchyňka	3,5	0,5	1,75
Čtecí lampička	0,6	0,75	0,45
Notebook	35	1,5	52,5
Ventilátor turbo	6,5	1	6,5
Odvětrávací ventilátor	1,56	0	0
USB nabíječka	15	1	15
Celkem			297,9

## 2.5.2 Plynové spotřebiče

Určit spotřebu plynových spotřebičů z tabulkových hodnot udávaných výrobcem je velice obtížné, protože většina výrobců udává maximální spotřebu plynu nebo velké rozmezí spotřeby plynu, z kterého se těžko určí konkrétní spotřeba. Z tohoto důvodu zde není uveden výpočet spotřeby plynu.

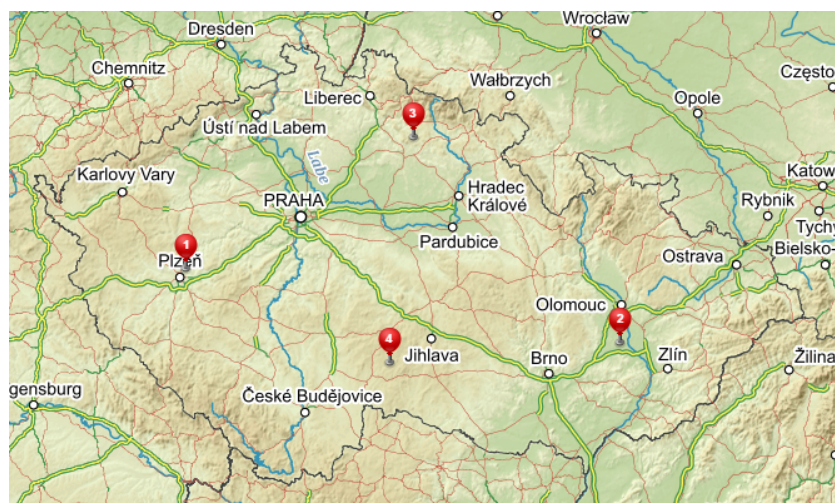
Spotřeba plynu se určí až na základě zkušeností při používání obytného automobilu. V teplých měsících je hlavním spotřebičem plynový vaříč. Jeho spotřeba plynu je závislá na energetické náročnosti a velikosti připravovaného pokrmu. Spotřebu lze výrazně snížit využíváním ohně nebo grilu k přípravě jídla. V zimních měsících má největší spotřebu plynové topení.

Plyn je uskladněn v 10kg plynové láhvi, která je umístěna v odděleném prostoru s ventilačními otvory, který umožňuje přístup z venku. Jelikož jsou k plynové láhvi připojeny tři spotřebiče přes regulátor tlaku plynu, je po přestavbě nutná revize plynových rozvodů.

Tabulka 2.24: Spotřeba plynu

Spotřebič	Příkon [g/h]
Varič	182
Topení	30-280
Průtokový ohříváč	890

### 2.5.3 Energetická bilance pro území ČR varianta A



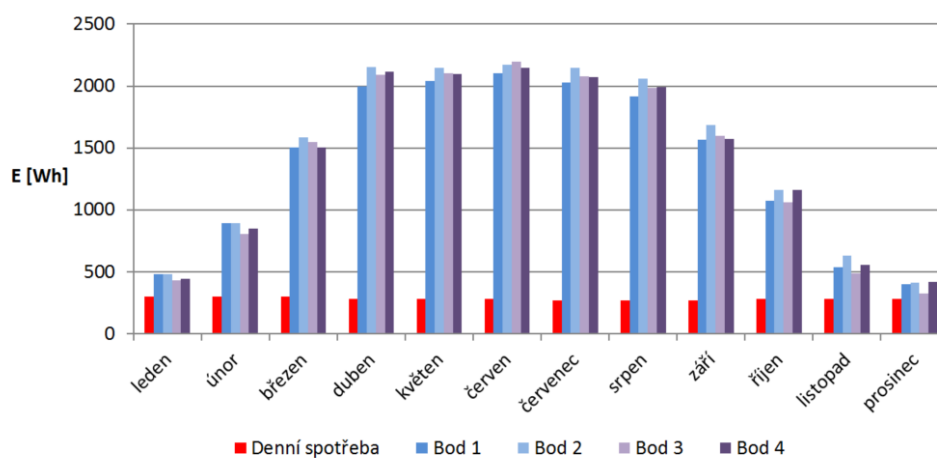
Obrázek 2.24: Místa pro vygenerované hodnoty ČR

Tabulka a graf znázorňují denní spotřebu energie a energii získanou ze slunce pomocí fotovoltaického systému A o celkovém výkonu 550 Wp v jednotlivých měsících ze čtyř různých míst na území České republiky.

Hodnoty jsou vygenerované pomocí aplikace PVGIS, s vstupními hodnotami: umístění viz obrázek 2.24, optimální sklon solárních panelů = 34°, natočení panelů směrem na jih, ztráty mimo solární panely = 17% (v solárním regulátoru a vodičích). Tyto ztráty jsou nejvíce ovlivněny konstrukcí MPPT regulátorů.

Tabulka 2.25: Vyrobená a spotřebovaná energie ČR varianta A

Měsíc	$E_{spo}$ [Wh]	$E_{b1}$ [Wh]	$E_{b2}$ [Wh]	$E_{b3}$ [Wh]	$E_{b4}$ [Wh]
leden	297,9	478,5	484	434,5	445,5
únor	297,9	891	891	808,5	847
březen	297,9	1507	1584	1551	1501,5
duben	279,77	1996,5	2156	2090	2117,5
květen	279,77	2040,5	2145	2106,5	2095,5
červen	279,77	2106,5	2172,5	2194,5	2145
červenec	269,94	2029,5	2145	2079	2073,5
srpen	269,94	1914	2062,5	1985,5	1991
září	269,94	1567,5	1683	1600,5	1573
říjen	280,97	1072,5	1160,5	1061,5	1160,5
listopad	280,97	539	632,5	489,5	555,5
prosinec	280,97	401,5	412,5	324,5	418



Obrázek 2.25: Vyrobená a spotřebovaná energie ČR varianta A

Fotovoltaický systém A je ve vybraných místech na území České republiky schopný soběstačného provozu, jak v slunných měsících od března do října, tak po celý rok.

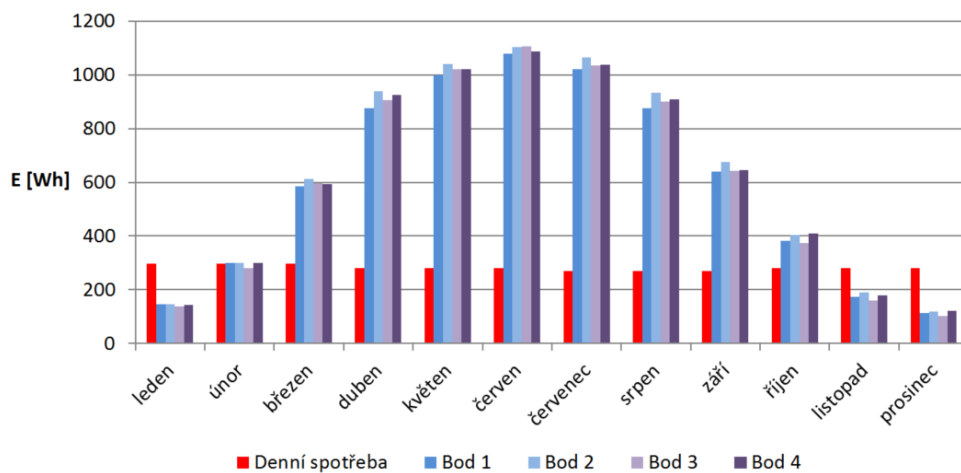
## 2.5.4 Energetická bilance pro území ČR varianta B

Tabulka a graf znázorňují denní spotřebu energie a energii získanou ze slunce pomocí fotovoltaického systému B o celkovém výkonu 320 W<sub>p</sub> v jednotlivých měsících ze čtyř různých míst na území České republiky.

Hodnoty jsou vygenerované pomocí aplikace PVGIS, s vstupními hodnotami: umístění viz obrázek 2.24, sklon solárních panelů nalepených na střeše = 0°, natočení panelů směrem na jih, ztráty mimo solární panely = 30 % (v solárním regulátoru a vodičích). Tyto ztráty jsou nejvíce ovlivněny konstrukcí PWM regulátorů.

Tabulka 2.26: Vyrobená a spotřebovaná energie ČR varianta B

Měsíc	$E_{spo}$ [Wh]	$E_{b1}$ [Wh]	$E_{b2}$ [Wh]	$E_{b3}$ [Wh]	$E_{b4}$ [Wh]
leden	297,9	147,2	147,2	137,6	144
únor	297,9	300,8	300,8	281,6	300,8
březen	297,9	585,6	611,2	595,2	592
duben	279,77	876,8	937,6	905,6	924,8
květen	279,77	998,4	1040	1020,8	1020,8
červen	279,77	1078,4	1104	1107,2	1088
červenec	269,94	1020,8	1065,6	1033,6	1036,8
srpen	269,94	876,8	934,4	899,2	908,8
září	269,94	640	675,2	643,2	646,4
říjen	280,97	380,8	403,2	374,4	409,6
listopad	280,97	172,8	188,8	160	179,2
prosinec	280,97	112	118,4	102,4	121,6



Obrázek 2.26: Vyrobená a spotřebovaná energie ČR varianta B

Fotovoltaický systém B je v bodech 1, 2 a 4 na území České republiky schopný soběstačného provozu v měsících únor až říjen. V bodě 3 je systém B soběstačný pouze od března do října, což splňuje předpokládané podmínky použití. Pro celoroční provoz na území České republiky je tento fotovoltaický systém nevhodný.

### 2.5.5 Energetická bilance pro deštivé podnebí Anglie varianta A



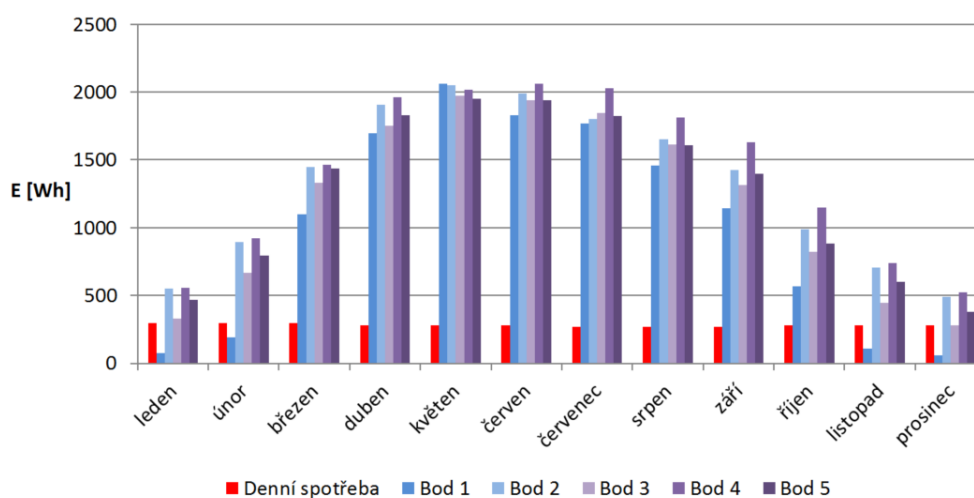
Obrázek 2.27: Místa pro vygenerované hodnoty Anglie

Tabulka a graf znázorňují denní spotřebu energie a energii získanou ze slunce pomocí fotovoltaického systému A o celkovém výkonu 550 Wp v jednotlivých měsících z pěti různých míst na území Spojeného království.

Hodnoty jsou vygenerované pomocí aplikace PVGIS, s vstupními hodnotami: umístění viz obrázek 2.27, optimální sklon solárních panelů =  $34^\circ$ , natočení panelů směrem na jih, ztráty mimo solární panely = 17 % (v solárním regulátoru a vodičích). Tyto ztráty jsou nejvíce ovlivněny konstrukcí MPPT regulátorů.

Tabulka 2.27: Vyrobená a spotřebovaná energie Anglie varianta A

Měsíc	$E_{spo}$ [Wh]	$E_{b1}$ [Wh]	$E_{b2}$ [Wh]	$E_{b3}$ [Wh]	$E_{b4}$ [Wh]	$E_{b5}$ [Wh]
leden	297,9	77	550	330	555,5	467,5
únor	297,9	192,5	896,5	665,5	924	792
březen	297,9	1100	1446,5	1331	1463	1435,5
duben	279,77	1694	1908,5	1749	1963,5	1831,5
květen	279,77	2062,5	2051,5	1974,5	2018,5	1952,5
červen	279,77	1831,5	1991	1941,5	2062,5	1941,5
červenec	269,94	1771	1804	1848	2029,5	1826
srpen	269,94	1457,5	1650	1611,5	1815	1606
září	269,94	1144	1424,5	1314,5	1628	1397
říjen	280,97	566,5	990	819,5	1149,5	885,5
listopad	280,97	110	704	445,5	737	599,5
prosinec	280,97	60,5	489,5	280,5	522,5	379,5



Obrázek 2.28: Vyrobená a spotřebovaná energie Anglie varianta A

Fotovoltaický systém A je v bodu 1 na území Spojeného království schopný soběstačného provozu od března do října. V bodu 3 je schopný soběstačného provozu od ledna do listopadu a v ostatních bodech je v soběstačném provozu po celý rok.



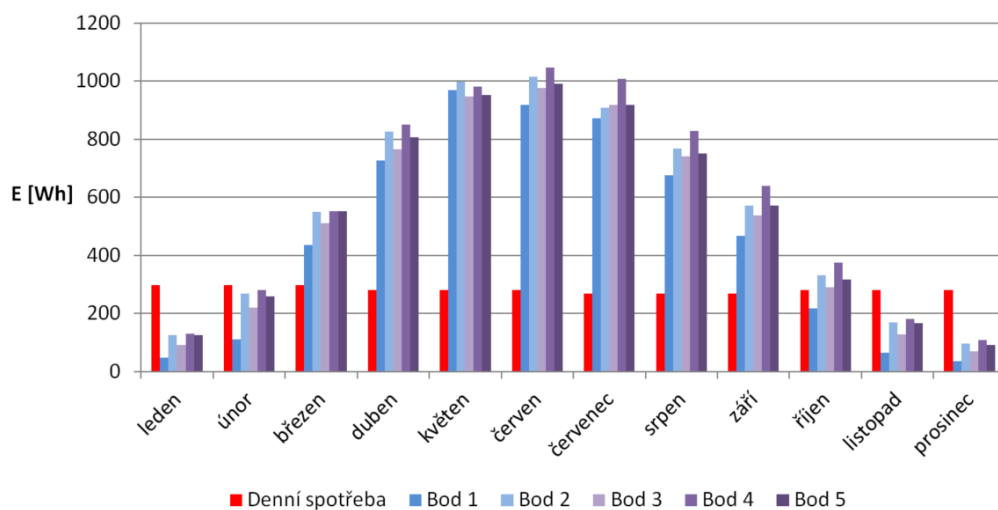
## 2.5.6 Energetická bilance pro deštivé podnebí Anglie varianta B

Tabulka a graf znázorňují denní spotřebu energie a energii získanou ze slunce pomocí fotovoltaického systému B o celkovém výkonu 320 Wp v jednotlivých měsících z pěti různých míst na území Spojeného království.

Hodnoty jsou vygenerované pomocí aplikace PVGIS, s vstupními hodnotami: umístění viz obrázky 2.27, sklon solárních panelů nalepených na střeše =  $0^\circ$ , natočení panelů směrem na jih, ztráty mimo solární panely = 30 % (v solárním regulátoru a vodičích). Tyto ztráty jsou nejvíce ovlivněny konstrukcí PWM regulátorů.

Tabulka 2.28: Vyrobená a spotřebovaná energie Anglie varianta B

Měsíc	$E_{spo}$ [Wh]	$E_{b1}$ [Wh]	$E_{b2}$ [Wh]	$E_{b3}$ [Wh]	$E_{b4}$ [Wh]	$E_{b5}$ [Wh]
leden	297,9	48	124,8	92,8	131,2	124,8
únor	297,9	112	268,8	220,8	281,6	259,2
březen	297,9	435,2	550,4	512	553,6	553,6
duben	279,77	726,4	825,6	764,8	851,2	806,4
květen	279,77	969,6	998,4	947,2	982,4	953,6
červen	279,77	918,4	1014,4	976	1046,4	992
červenec	269,94	873,6	908,8	918,4	1008	918,4
srpen	269,94	675,2	768,7	42,4	828,8	752
září	269,94	467,2	572,8	537,6	640	572,8
říjen	280,97	217,6	332,8	291,2	374,4	316,8
listopad	280,97	64	169,6	128	182,4	166,4
prosinec	280,97	35,2	96	70,4	108,8	92,8



Obrázek 2.29: Vyrobená a spotřebovaná energie Anglie varianta B

Fotovoltaický systém B je na území Spojeného království v bodu 1 schopný soběstačného provozu pouze od března do září. V ostatních bodech je systém schopný soběstačného provozu od března do října. Pro celoroční provoz je tento fotovoltaický systém nevhodný.

## 2.5.7 Energetická bilance pro slunečné podnebí Španělska varianta A



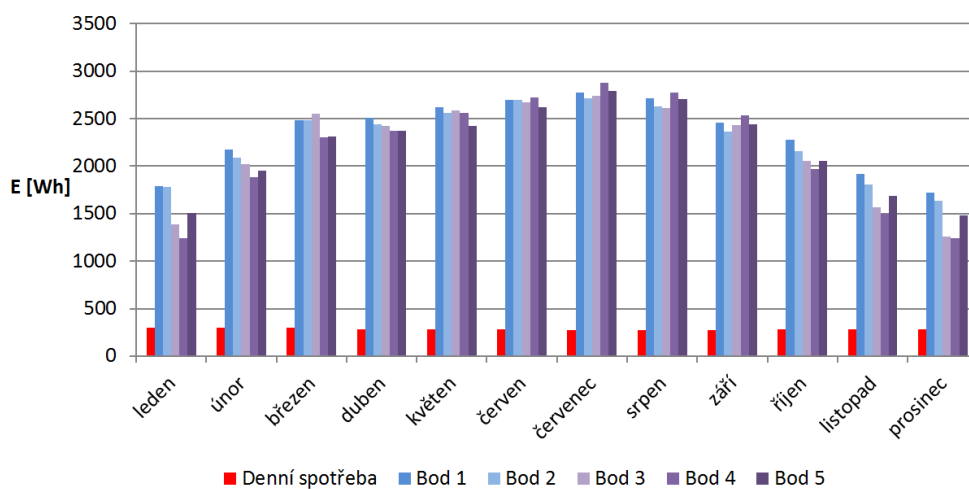
Obrázek 2.30: Místa pro vygenerované hodnoty Španělsko

Tabulka a graf znázorňují denní spotřebu energie a energii získanou ze slunce pomocí fotovoltaického systému A o celkovém výkonu 550 Wp v jednotlivých měsících z pěti různých míst na území Španělska.

Hodnoty jsou vygenerované pomocí aplikace PVGIS, s vstupními hodnotami: umístění viz obrázek 2.30, optimální sklon solárních panelů =  $34^\circ$ , natočení panelů směrem na jih, ztráty mimo solární panely = 17 % (v solárním regulátoru a vodičích). Tyto ztráty jsou nejvíce ovlivněny konstrukcí MPPT regulátorů.

Tabulka 2.29: Vyrobená a spotřebovaná energie Španělsko varianta A

Měsíc	$E_{spo}$ [Wh]	$E_{b1}$ [Wh]	$E_{b2}$ [Wh]	$E_{b3}$ [Wh]	$E_{b4}$ [Wh]	$E_{b5}$ [Wh]
leden	297,9	1787,5	1782	1386	1237,5	1507
únor	297,9	2172,5	2090	2024	1886,5	1952,5
březen	297,9	2480,5	2486	2552	2304,5	2315,5
duben	279,77	2513,5	2442	2425,5	2370,5	2370,5
květen	279,77	2623,5	2557,5	2590,5	2563	2425,5
červen	279,77	2695	2695	2673	2722,5	2618
červenec	269,94	2772	2711,5	2739	2876,5	2788,5
srpen	269,94	2717	2629	2612,5	2777,5	2706
září	269,94	2458,5	2365	2436,5	2535,5	2442
říjen	280,97	2277	2156	2057	1969	2051,5
listopad	280,97	1914	1809,5	1567,5	1501,5	1688,5
prosinec	280,97	1721,5	1633,5	1259,5	1237,5	1479,5



Obrázek 2.31: Vyrobená a spotřebovaná energie Španělsko varianta A

Fotovoltaický systém A je ve vybraných místech na území Španělska schopný soběstačného provozu po celý rok.

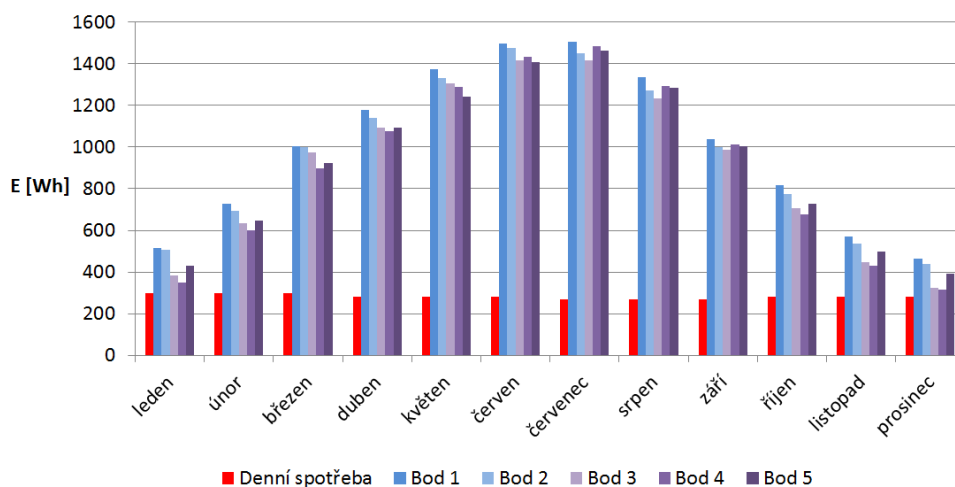
## 2.5.8 Energetická bilance pro slunečné podnebí Španělska varianta B

Tabulka a graf znázorňují denní spotřebu energie a energii získanou ze slunce pomocí fotovoltaického systému B o celkovém výkonu 320 Wp v jednotlivých měsících z pěti různých míst na území Španělska.

Hodnoty jsou vygenerované pomocí aplikace PVGIS, s vstupními hodnotami: umístění viz obrázky 2.30, sklon solárních panelů nalepených na střeše =  $0^\circ$ , natočení panelů směrem na jih, ztráty mimo solární panely = 30 % (v solárním regulátoru a vodičích). Tyto ztráty jsou nejvíce ovlivněny konstrukcí PWM regulátorů.

Tabulka 2.30: Vyrobená a spotřebovaná energie Španělsko varianta B

Měsíc	$E_{spo}$ [Wh]	$E_{b1}$ [Wh]	$E_{b2}$ [Wh]	$E_{b3}$ [Wh]	$E_{b4}$ [Wh]	$E_{b5}$ [Wh]
leden	297,9	515,2	505,6	384	348,8	428,8
únor	297,9	726,4	694,4	633,6	601,6	646,4
březen	297,9	1004,8	998,4	976	899,2	924,8
duben	279,77	1177,6	1139,2	1094,4	1075,2	1094,4
květen	279,77	1376	1331,2	1305,6	1289,6	1241,6
červen	279,77	1497,6	1478,4	1417,6	1433,6	1408
červenec	269,94	1507,2	1452,8	1417,6	1484,8	1465,6
srpen	269,94	1334,4	1273,6	1232	1292,8	1286,4
září	269,94	1040	998,4	985,6	1014,4	1004,8
říjen	280,97	816	774,4	707,2	675,2	729,6
listopad	280,97	569,6	537,6	444,8	428,8	499,2
prosinec	280,97	464	438,4	323,2	316,8	390,4



Obrázek 2.32: Vyrobená a spotřebovaná energie Španělsko varianta B

Fotovoltaický systém B je ve vybraných místech na území Španělska schopný soběstačného provozu po celý rok.

## 2.6 Dodatečná zařízení pro výrobu el energie

### 2.6.1 Přenosné větrné elektrárny

Výkon větrných elektráren je závislý na rychlosti větru. Rychlost větru je však ovlivněna mnoha faktory, jako jsou: zeměpisná poloha, roční období, nadmořská výška, nerovnost terénu, rozměr a tvar překážek.

Větrná turbína použitá pro mnou navržený obytný automobil by byla výsuvná, pro snadné rozebrání před přejezdy mezi stanovišti, umístěna by byla na boku v zadní části automobilu. Průměr turbíny by měl být menší než 1,5 m a měla by mít odnímatelné listy vrtule, kvůli skladnosti. Komerčně dostupné větrné turbíny, které odpovídají zvoleným požadavkům, jsou i s dalšími parametry uvedeny v tabulce 2.31.



Obrázek 2.33: Umístění větrné turbíny na obytném automobilu

Tabulka 2.31: Technické parametry větrných turbín

Turbína	R (mm)	$P_{den}$ (Wh) při $v_{vet}=5$ (m/s)	$v_{start}$ (m/s)
Rutland 504e	510	72	3
Rutland 914i	910	576	3
Rutland 1200	1220	960	2,5
JPT-100	680	168	3
Air 40	1170	720	3,1
AVAS D300	1060	600	3

V České republice se rychlost větru pohybuje v nížinách kolem 3-3,5 m/s ve výšce 10 m nad povrchem. Vyšší rychlosti větru se budou vyskytovat na místech exponovaných vůči převládajícím směrům větru a obecně ve vyšších polohách, pokud není rychlost větru výrazně snížena terénem a překážkami. V oblasti vrchovin lze na vyvýšených a otevřených místech očekávat převážně rychlosti větru kolem 4 m/s ve výšce 10 m nad povrchem. [8]

Z těchto údajů a z parametrů větrných turbín z tabulky 2.31 vyplývá, že použití větrné turbíny na území České republiky je spíše nevhodné. Použití větrné turbíny je vhodné pouze pokud je naplánovaný pobyt na místech se zvýšenou rychlostí větru. V případě tohoto použití by se nejlépe hodila turbína Rutland 1200, která je z výše uvedených turbín největší, takže zabírá nejvíce místa, ale disponuje největším výkonem a nejnižší potřebnou rychlostí větru pro start turbíny. Tato turbína v kombinaci s fotovoltaickým

systémem B a výběrem správné lokality by byla schopna dorovnat nejvyšší ztráty denní spotřeby, které činí 178,57 Wh z tabulky 2.26 pro měsíc prosinec a bod číslo 3. Tímto by teoreticky bylo docíleno soběstačného provozu na území České republiky varianty B po celý rok.

Ve Spojeném království Velké Británie a Severního Irska se průměrná hodnota rychlosti větru pohybuje mezi 3,5-4 m/s, což jsou podmínky podobné jako v České republice. [9] Při použití větrné turbíny Rutland 1200 a výběru správné lokality by bylo možné dorovnat nejvyšší ztráty denní spotřeby systému B, které činí 249,9 Wh z tabulky 2.28 pro měsíc leden a bod číslo 1. Tímto by teoreticky bylo docíleno soběstačného provozu na území Spojeného království varianty A i varianty B po celý rok.

## 2.6.2 Palivový článek

Palivový článek je zařízení sloužící k přímé přeměně chemické energie na energii elektrickou. Pro svou funkci potřebuje běžný palivový článek kontinuální přísuv paliva, které v článku reaguje s oxidačním činidlem za vzniku různých sloučenin. V závislosti na typu použitého článku a paliva dochází k produkci elektrické energie. Účinnost palivových článků dosahuje až 60 %, s využitím energie odpadního tepla je celková účinnost až 85 %. [6]

### Palivové články Efoy



Obrázek 2.34: Palivový článek Efoy



Palivové články Efoy jsou komerčně prodávané palivové články určené k nabíjení 12V baterií používaných v obytných automobilech, na lodích a v rekreačních budovách. Pro svůj chod potřebuje kyslík a speciální Efoy palivo, které je nutné dolévat. Cena 10 l paliva se pohybuje okolo 1200 Kč. Výdrž paliva pro konkrétní články je uvedena v tabulce 2.32. Při chodu vzniká odpadní teplo a vodní pára a oxid uhličitý, takže může být umístěn i v obytném prostoru. Palivový článek stále kontroluje stav úrovně nabití použité baterie a udržuje ji neustále v nabitém stavu. [7]

Tabulka 2.32: Technické parametry palivových článků Efoy

Efoy Comfort	80	140	210
Max. denní výkon (Ah/den)	80	144	210
Jmenovité napětí (V)	12	12	12
Max. jmenovitý výkon (W)	40	72	102
Hluk (dB)	25	25	25
Spotřeba (l/kWh)	0,9	0,9	0,9
Výdrž při max. výkonu (h/10 l)	277,78	154,32	108,93
Cena cca (Kč)	75500	117000	160000

Nejmenší palivový článek Efoy 80 je schopen za den vyrobit 960 Wh. Při maximálním denním odběru mnou navrženého systému 297,9 Wh by byl článek využíván na 31 % a byl by schopen tuto energii dodávat na jeden 10l kanystr paliva za 1200 Kč 37 dní a 7 hodin. Díky této vlastnosti jsou palivové články Efoy používány jako nouzové zdroje elektrické energie v náročných podmínkách, ale vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům a nutnosti dokupovat palivo jsou tyto články vysoce neekonomické.

## 2.7 Zhodnocení

Cena fotovoltaického systému A, který byl sestaven z komponentů pro nejvyšší výkon získaný ze sluneční energie, je téměř dvojnásobná oproti systému B, který využívá flexibilních fotovoltaických panelů a jeho komponenty byly vybírány s ohledem na pořizovací náklady. Pořizovací náklady jednotlivých komponentů fotovoltaických systémů jsou vyčísleny v následujících tabulkách

2.33, 2.34. Ceny jsou vybrány náhodně z různých internetových obchodů, výsledná cena systému se při vhodnějším výběru prodejce může mírně lišit.

Tabulka 2.33: Náklady na pořízení FV systému A

komponent	počet (ks)	cena (Kč)
Solární panel Solara Power S-Serie 110Wp	5	74545
Regulátor Epsolar 3215BN MPPT	1	3990
Displej k regulátoru Epsolar MT-50	1	730
Trakční akumulátor Dry Bull 183Ah	1	21 868
Nabíjecí booster MT-LB 25	1	10335
Celkem		89600

Tabulka 2.34: Náklady na pořízení FV systému B

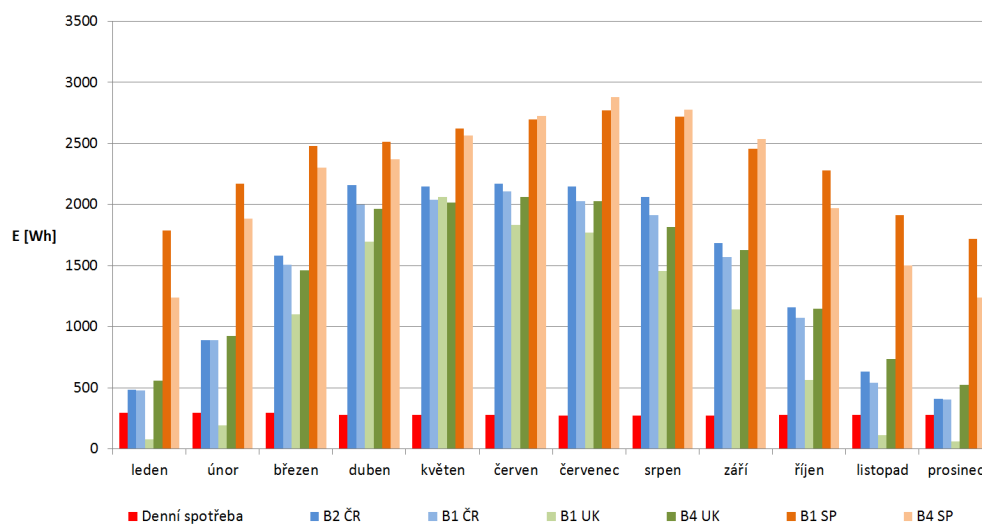
komponent	počet (ks)	cena (Kč)
Flexibilní solární panel Solara 27Wp	4	37468
Regulátor LandStar LS2024B	1	990
Displej k regulátoru Epsolar MT-50	1	730
Trakční baterie Exide equipment 120Ah	1	8395
Propojovač baterií Cyrix-CT	1	1190
Celkem		48773

Pro srovnání využitelnosti elektrické energie získané ze slunce jsou na obrázcích 2.35, 2.36 grafy s denní spotřebou a výrobou elektrické energie. V grafech jsou uvedeny vždy dva body s nejnižší a nejvyšší výrobou elektrické energie pro každý stát.

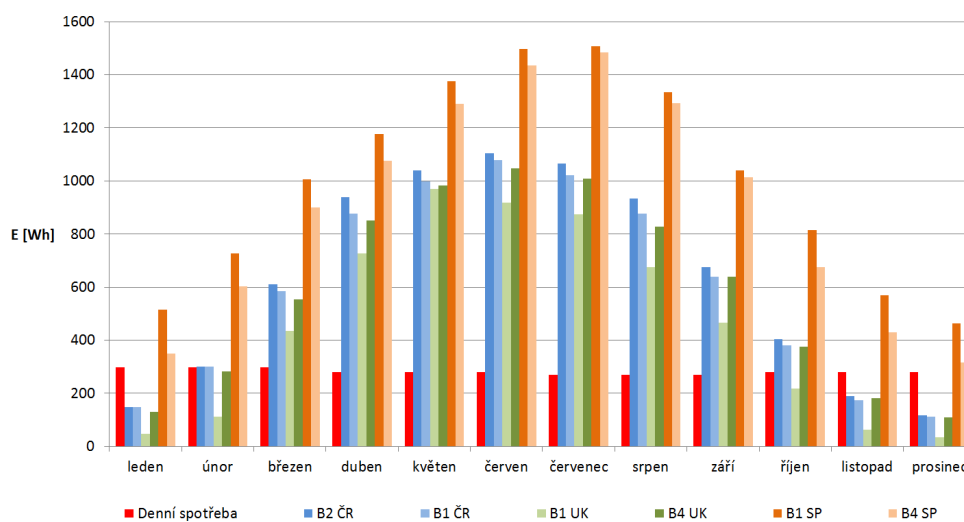
Solární systém A je po většinu roku schopný soběstačného provozu, pouze v bodě 1 na území Spojeného království s nejhorsími slunečními podmínkami není schopen soběstačného provozu v měsících od listopadu do února. Maximální hodnotu elektrické energie získané pomocí simulací 2876,5 Wh je solární systém A s instalovaným výkonem 550 Wp schopen vyrobit v červenci v bodě 4 na území Španělska.

Solární systém B, který byl primárně navrhován pro provoz v teplých měsících od března do října, je schopen pokrýt denní spotřebu v těchto

měsících s výjimkou v bodě 1 s nejhorsími slunečními vlastnostmi na území Spojeného království v měsíci říjnu. Na území Španělska je tento systém schopný soběstačného provozu dokonce po celý rok. Maximální hodnota vyrobené elektrické energie pro tento systém s instalovaným výkonem 320 Wp získané pomocí simulací je 1507,2 Wh v červenci v bodě 1 na území Španělska.



Obrázek 2.35: Porovnání bilancí pro systém A



Obrázek 2.36: Porovnání bilancí pro systém B

Vhodnost použití určitého fotovoltaického systému je silně závislá na období, kdy bude daný fotovoltaický systém provozován a na místě předpokládaného použití a jeho klimatických podmínkách.

Pro celoroční provoz je vhodná varianta A, která je navržena s důrazem na co nejlepší využití plochy střechy, od které se odvíjí i vysoký instalovaný výkon. Tato varianta však není schopna pokrýt veškeré energetické nároky po celý rok v klimaticky nepříznivých oblastech, jak ukázala simulace v bodě 1 na území Spojeného království. Pro celoroční použití v nepříznivých klimatických podmínkách by bylo nutné dovybavit obytný automobil dodatečným zdrojem energie popsané v předchozí kapitole. Pro použití obytného automobilu v slunných měsících a v lokalitách s vhodnými slunečními podmínkami je tento systém zbytečně naddimenzován. Pro takovýto provoz by byla dostatečující téměř o polovinu levnější varianta B, která je navržena pro provoz od března do října na území České republiky. Tato varianta je však schopna i celoročního provozu v příznivých klimatických podmínkách, jak ukázala simulace pro území Španělska.

# Závěr

V této práci byly popsány možnosti provedení mobilních obnovitelných zdrojů elektrické energie. Podrobněji byl popsán fotovoltaický článek, který je základním kamenem fotovoltaických panelů, které byly použity jako hlavní zdroj elektrické energie pro mnou navržený obytný automobil.

V praktické části byly uvedeny parametry automobilu Volkswagen Transporter T5 zvoleného pro přestavbu na obytný automobil. Následně bylo popsáno vybavení obytného automobilu se všemi spotřebiči.

Pro napájení spotřebičů byly navrženy dva fotovoltaické systémy a následně nasimulovány a zhodnoceny jejich energetické bilance pro tři různá místa v Evropě. Pro nedostatky elektrické energie byla zmíněna dodatečná zařízení, která mohou sloužit jako záložní zdroje energie.

Výsledkem této práce je návrh obytného automobilu vhodného na cesty do neobydlených oblastí vybaveného spotřebiči s malou energetickou náročností. Tyto spotřebiče ke svému napájení mohou využívat jeden ze dvou navržených fotovoltaických systémů, který je zvolen podle náročnosti klimatických podmínek, místa a doby použití.

# Literatura

- [1] R. Haselhuhn, Fotovoltaika budovy jako zdroj proudu, Ostrava 2011, ISBN 978-80-86167-33-6
- [2] MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. Solární energie pro váš dům. Brno: Computer Press, 2010. Stavíme. ISBN 978-80-251-3241-8.
- [3] V. Hýbl, Časopis Udělej si sám 58, článek: Přenosná vodní mikroelektrárna, [online]. [cit. 22-12-2016]. Dostupné z: <http://cs.udelejsisam.net/prenosna-vodni-mikroelektrarna.html>
- [4] Votuč svůj Dodž – T5 podle Čáryse [online]. [cit. 21.2.2017]. Dostupné z: <http://720.cz/?p=8455>
- [5] Photovoltaic Geographical Information System [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [6] VAŠINA, Martin. 15. Palivové články [online]. Zlín, 2010 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: [http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_15.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_15.pdf) Univerzité Tomáše Bati ve Zlín.
- [7] Efoy [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.efoy.com/>
- [8] HANSIÁN, David, Jiří HOŠEK, Zuzana CHLÁDOVÁ a Lukáš POP. Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem I [online]. 2013 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://bit.ly/2qoZsco>
- [9] Average Weather For London, United Kingdom [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <https://weatherspark.com/averages/28726/London-England-United-Kingdom>
- [10] MLEJNEK, Pavel. Alternativní zdroje energie [online]. Praha, 2011 [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: [https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/AZE/Matuska\\_Alternativni\\_zdroje\\_energie.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/AZE/Matuska_Alternativni_zdroje_energie.pdf). Učební texty. České vysoké učení technické v Praze.