

Modelování a simulace

Samostatnost domácnosti s fotovoltaikou

Varianta 3: Projekty alternativních zdrojů energií

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Autoři	1
2	Rozbor tématu a použitých metod a technologií	1
2.1	Vlivy na efektivitu fotovoltaických elektráren	2
2.2	Lokalita	3
3	Koncepce modelu	4
3.1	Dostupná plocha	4
3.2	Výpočet produkce elektřiny	5
3.3	Simulační model	7
4	Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	8
4.1	Experiment 1	8
4.2	Experiment 2	9
4.3	Experiment 3	12
4.3.1	Experiment 3.1	13
4.4	Ekonomické vyhodnocení	14
5	Shrnutí simulačních experimentů a závěr	14

1 Úvod

V dnešní době je cena energií nejistá a čím dál více domácností a podniků se obrací k alternativním zdrojům energie. Stejně tak i naše domácnost se rozhodla si příští rok instalovat na střechu fotovoltaickou elektrárnu a vytvářet si tak energii vlastní cestou.

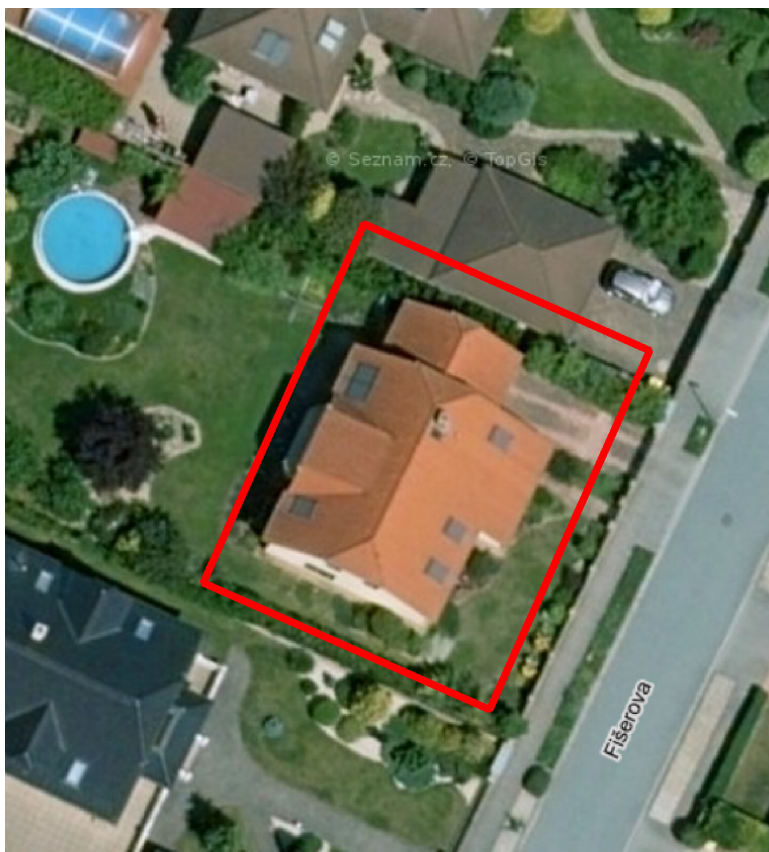
V této práci se snažíme přijít na to, jestli **je daná domácnost schopná být plně samostatná ve výrobě elektřiny**.

1.1 Autoři

Tento projekt vypracoval Vojtěch Brhlík, student FIT VUT v Brně. Práci jsem konzultoval se svým otcem, který mi poskytl potřebné detaily o naší domácnost.

2 Rozbor tématu a použitých metod a technologií

Pojďme se nejprve podívat na zkoumanou domácnost. Ta leží v kraji Vysočina v menším městě Moravské Budějovice. Dům je stavěný pro 4 osoby, v současnosti v něm žijí většinu času 3 lidé. Domácnost momentálně odebírá veškerou elektřinu od dodavatele a její roční spotřeba činí 4.276 MWh [2].



Obrázek 1: Letecký pohled na budovu[8]

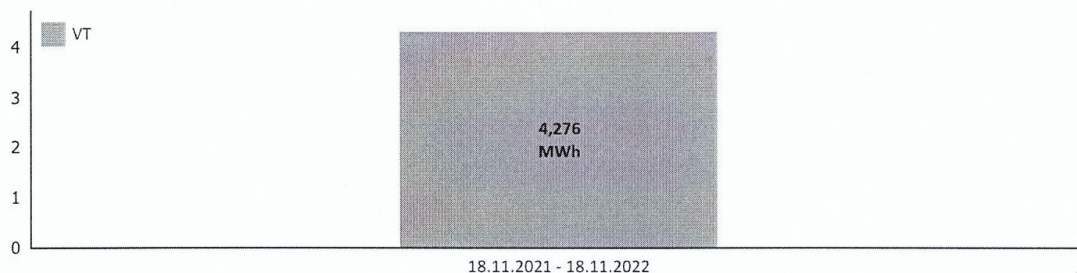
EAN kód odběrného místa: 
Adresa odběrného místa: Fišerova 1608, Moravské Budějovice

Zaplacené zálohy zahrnuté do faktury

Datum přijetí platby	Částka včetně DPH
16. 12. 2021	3 150,00 Kč
17. 01. 2022	3 150,00 Kč
16. 02. 2022	3 150,00 Kč
16. 03. 2022	3 150,00 Kč
19. 04. 2022	3 150,00 Kč
16. 05. 2022	3 150,00 Kč
16. 06. 2022	3 150,00 Kč
18. 07. 2022	3 150,00 Kč
16. 08. 2022	3 150,00 Kč
16. 09. 2022	3 150,00 Kč
22. 09. 2022	3 500,00 Kč
16. 11. 2022	2 720,00 Kč
Celkem	37 720,00 Kč

Pozn. Původní zálohu, která je splatná později v měsíci vyúčtování, Vám převádíme do nového rozpisu záloh a bude zúčtována v příští faktuře.

Graf spotřeby za zúčtovací období (v MWh)



Obrázek 2: Roční spotřeba elektřiny pro rok 2022

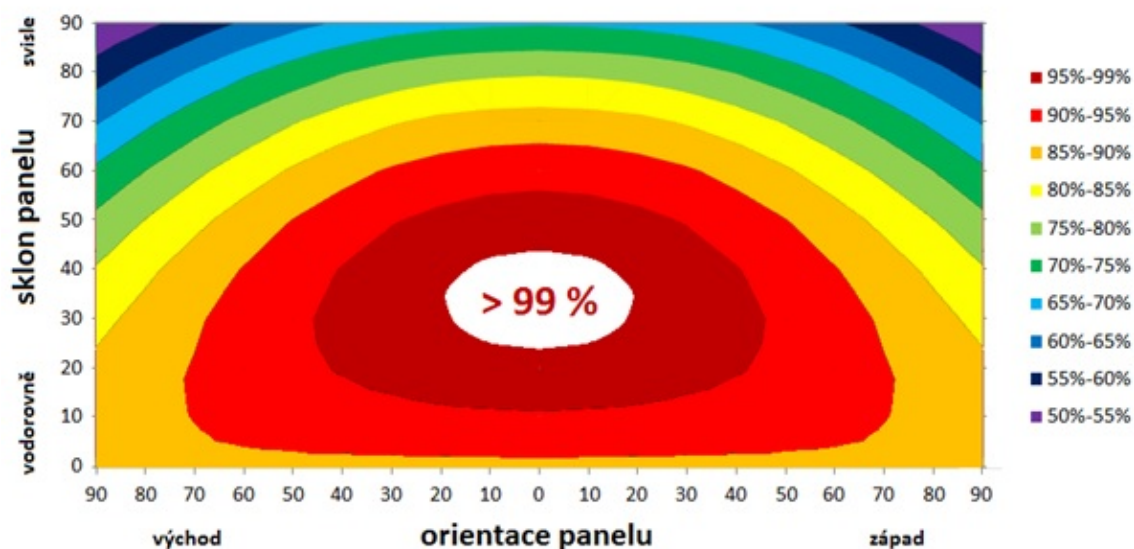
2.1 Vlivy na efektivitu fotovoltaických elektráren

Výkonnost panelu se uvádí ve W_p (watt-peak), který odpovídá maximálnímu elektrickému výkonu, který dokáže panel vyrobit za ideálních podmínek[10]. Při výpočtu výkonnosti musíme vzít v potaz řadu okolních vlivů, kdy některé z nich ovlivnit můžeme, jiné ne.

Na prvním místě je samozřejmě **směr panelu**. Nejlepšího výkonu dosáhneme, pokud bude panel směřovat na jih. Čím více se budeme od jižního směru odklánět, tím nižší bude výroba energie. Při orientaci panelu na jiho-východ nebo jiho-západ se pohybují ztráty do 5 %[13]. Pokud by naše panely směřovaly na východ či západ, byly by ztráty při výrobě až 20 %[13]. Orientace panelů na severní stranu se nedoporučuje.

Výkon můžeme ovlivnit také správným **sklonem elektrárny**. Ideálním sklonem je 35-45°[11]. Pokud bychom měli sklon nižší, ztráty při výrobě nejsou tak drastické, jako při vyšším sklonu. Při vodorovném položení panelů ztrácíme maximálně 15 %[11] výkonu, při svislé instalaci můžeme ztratit 30-50 %[11] výkonu (závisí na orientaci panelu)[11].

Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu



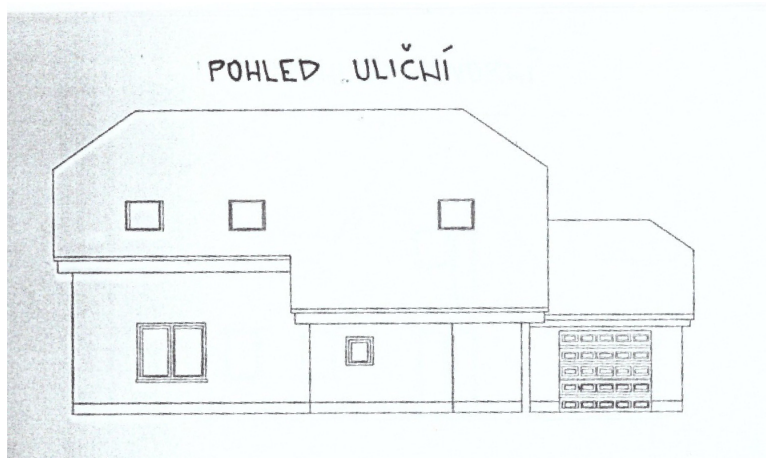
Obrázek 3: Graf ukazující vliv sklonu a směru panelu na jeho výkonnost[11]

Faktor, který ovlivnit nemůžeme, je denní **svítivost**. Pokud nesvítí slunce, nevyrobíme moc energie. Pokud je oblačno částečně, snižuje se efektivita panelu na 50 % [14], pokud je hustě zataženo, může se snížit až na pouhých 10 % [14].

Dalším okolním vlivem je **teplota vzduchu**. Solární panely jsou zpravidla testovány při teplotě 25 °C [7], což je tedy pro nás ideální teplota vzduchu. Pokud je teplota vzduchu vyšší, panel se může začít přehřívat a ztrácíme na výkonu. Naopak pokud je teplota vzduchu nižší, dochází ke zvýšené produkci elektřiny. Konkrétní hodnoty zde závisí na samotném výrobci panelů [7].

2.2 Lokalita

Panely budeme instalovat na střeše obytného domu o rozměrech 10×12 m (bez vedlejší garáže). Dům má polovalbovou střechu [6], kde jedna polovina míří na jiho-východ a druhá na severo-západ. Nás bude zajímat část jiho-východní, a to kvůli ideálnějším podmínkám vysvětleným výše. Přesný azimut střechy je 115° [8], což je 65° sklon od jihu.



Obrázek 4: Pohled na střešní plochu

Pro Moravské Budějovice nedokážeme přesně zjistit roční dobu slunečního svitu, můžeme se ale řídit daty z okolních obcí. Z tabulky měření dokážeme vyčíst následující informace:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Telč	45	63	130	150	209	208	207	212	149	117	54	48
Znojmo	50	71	138	164	226	217	215	227	166	131	58	52

Tabulka 1: Tabulka udávající průměrný počet hodin slunce v daném měsíci pro dané město [12]

Jelikož se Moravské Budějovice nachází přibližně v polovině cesty mezi Telčí a Znojmem, můžeme dané hodnoty použít a dostat tak přibližné hodnoty pro naši lokalitu:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Mor. Bud.	47.5	67	134	158	217.5	212.5	211	219.5	157.5	124	56	50

Tabulka 2: Tabulka udávající průměrný počet hodin slunce pro Moravské Budějovice

Z jiného zdroje ale můžeme přesně zjistit, kolik bylo v lokalitě slunečných, polojasných a slunečných dní:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
slunečno	2	2	4.3	5.7	5.9	5	7.4	8.6	7.5	8	2.8	2.7
polojasno	10.8	11.2	13.6	15.3	16.6	18.1	18.5	16.4	14.3	12.7	10.3	10.1
oblačno	18.2	15.1	13.1	9	8.4	6.9	5	6	8.2	10.3	16.9	18.1

Tabulka 3: Tabulka udávající počet dní s daným podnebím pro Moravské Budějovice[9]

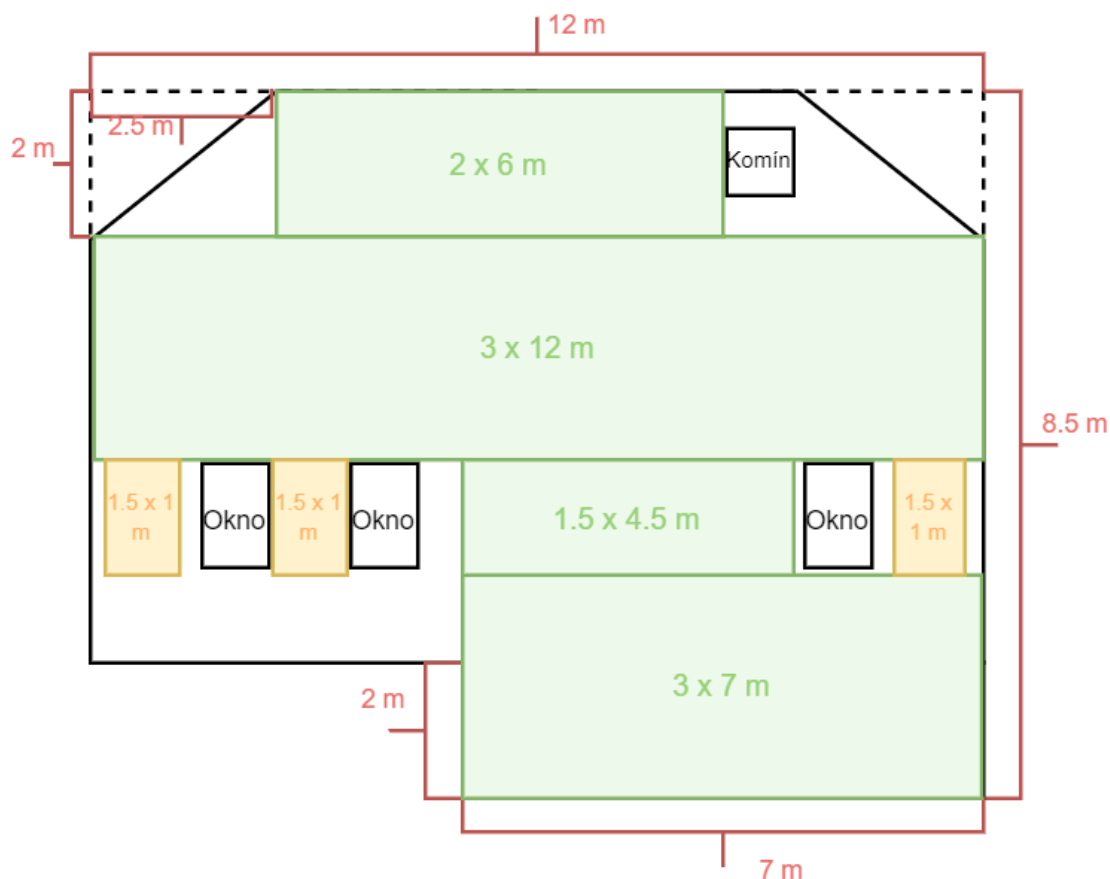
3 Koncepce modelu

Když nyní známe všechny faktory ovlivňující výkon elektrárny a získali jsme i údaje o budově, můžeme sestavit model[15, slide 7] systému[15, slide 7].

3.1 Dostupná plocha

Nejprve si musíme určit, s jak velkým prostorem můžeme pracovat a kolik tedy můžeme na střechu umístit panelů.

Tvar střechy je nepravidelný, proto rozdělíme dostupné rozměry do více částí, jak můžeme vidět na obrázku níže.



Obrázek 5: Rozvržení prostoru střechy

Zeleně jsou vyznačeny místa, která by měla sloužit jako hlavní prostory pro instalaci panelů. Žlutě jsou pak vyznačena menší místa, kam se vejde maximálně jeden panel. Celková plocha pro instalaci panelů tedy činí 79.75 m^2 .

3.2 Výpočet produkce elektřiny

Pro výpočet množství elektřiny, které může naše elektrárna vyprodukovat, si musíme sestavit rovnici. V té bereme v potaz směr panelu, úhel sklonu panelu, ale také svítivost slunce. Tu dělíme na 3 části: jasno, polojasno a oblačno. Vycházíme z předchozích poznatků a tedy když je polojasno, je efektivita snížena o 50 %; a pokud je oblačno, je efektivita snížena na 10 %.

Ve výpočtech zanedbáváme teplotu vzduchu, jelikož výkon ovlivňuje pouze v desetinách procent a na celkový výsledek pravděpodobně nebude mít žádný vliv.

Jelikož je budova na kopci a na kraji města, nejsou zde žádné vysoké budovy nebo přírodní úkazy, které by mohly na panely vrhat stín. Faktor stínění tedy můžeme také zanedbat.

Výsledná rovnice tedy vypadá takto:

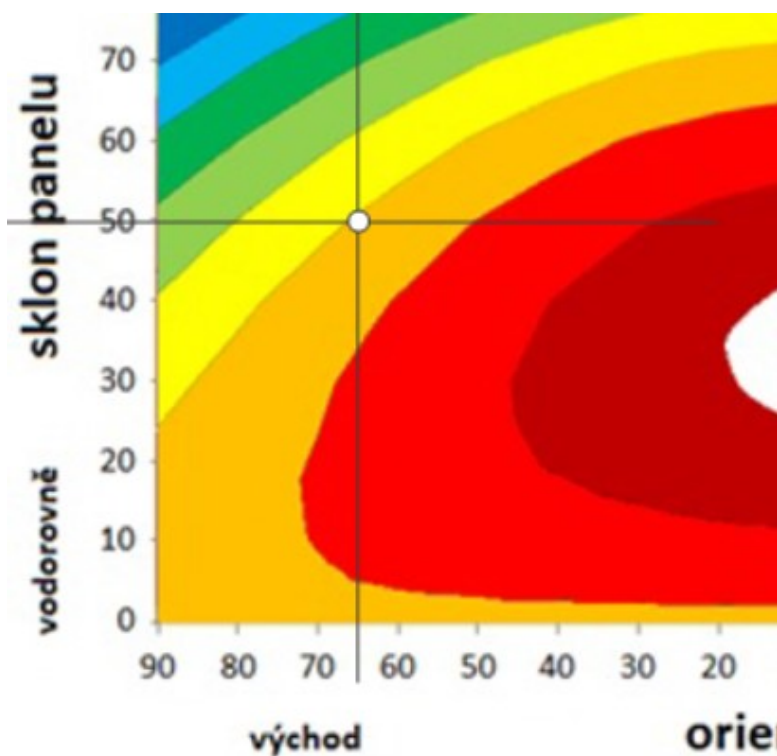
$$E_i = (P - L) * (T_s + \frac{T_p}{2} + \frac{T_o}{10})$$

kde:

- E_i je množství energie vyrobené jedním panelem za měsíc i (Wh)

- P je výkon panelu při ideálních podmínkách (W_p)
- L je výkon ztracený všemi různými vlivy (W_p)
- T_s je čas, po který během měsíce svítilo slunce (h)
- T_p je čas, po který bylo během měsíce polojasno (h)
- T_o je čas, po který bylo během měsíce oblačno (h)

Samotná ztráta na výkonu pak vychází ze sklonu panelu na střeše a z azimutu panelu. Sklon střechy činí přibližně 50° . Dále víme, že azimut střechy je od jihu odkloněn o 65° . S těmito informacemi pak můžeme z grafu [3] vyčíst, jak velké budou naše ztráty.



Obrázek 6: Zjišťování ztráty z grafu

Oranžová barva odpovídá podle grafu výkonnosti 85-90 %. Jelikož se nacházíme velmi blízko hranici s nižším výkonem, počítejme s výkonností 85 %, tedy ztrátou 15 %. Tím pádem můžeme ztrátu vyjádřit jako:

$$L = \frac{P \cdot 15}{100}$$

Pro co nejpřesnější výpočty musíme do počtu slunečního svitu zahrnout také polojasno a oblačno. Z výše zmíněných dat známe ale pouze počet dní s daným podnebím. Je tedy třeba provést přepočet pomocí následující rovnice:

$$T_i = D_i / D * M$$

kde:

- E_i je množství energie vyrobené jedním panelem za měsíc i (Wh)

- T_i je počet hodin daného podbení i v měsíci (h)
- D_i je počet dní v měsíci, kdy bylo na obloze dané podnebí i (d)
- D je celkový počet dní v měsíci (d)
- M je celkový počet hodin slunečního svitu v měsíci (h)

3.3 Simulační model

Když máme všechny proměnné vyjádřené, můžeme převést data do simulačního modelu[15, slide 44]. Ten je v podstatě velmi jednoduchý a dá se vyjádřit následujícím pseudokódem:

```

sum = 0

for months do
    sunnyHours = get_hours(SUNNY)
    semiHours = get_hours(SEMI)
    cloudyHours = get_hours(CLOUDY)

    production = (panelProduction - Loss()) * sunnyHours
    production += (panelProduction - Loss()) * semiHours / 2
    production += (panelProduction - Loss()) * cloudyHours / 10

    sum += production
    print(monthly production : production)
end for

print(sum)
print(Panels needed: totalUsage / sum)

```

Podobným způsobem pak počítáme celkovou výrobu pro systém s daným počtem panelů. Výpočet polojasných hodin pro daný měsíc `month` pak můžeme popsat takto:

```

Days = sunnyDays[month] + semiDays[month] + cloudyDays[month]
Percent = semiDays[month] / Days
return Percent * Hours[month]

```

Podobně samozřejmě vypadá výpočet pro hodiny slunečna a oblačna.

Pro výpočet výdrže baterie používáme stejnou kostru, jako při výpočtu výroby energie. Navíc je však zapotřebí počítat situaci baterie pro každý den, ať přesně víme, jak dlouho nám vydrží, když z ní čerpáme energii. Pseudokódem to tedy můžeme vyjádřit takto:

```

avg = 0
#define CAPACITY
#define DAILY

for months do
    sunnyHours = get_hours(SUNNY)
    semiHours = get_hours(SEMI)
    cloudyHours = get_hours(CLOUDY)

```

```

production = (panelProduction - Loss()) * sunnyHours
production += (panelProduction - Loss()) * semiHours / 2
production += (panelProduction - Loss()) * cloudyHours / 10

production = production * panelCount
avg = production / Days[month]

for days in month do
  if avg > CAPACITY then
    if Battery ≤ CAPACITY then
      Battery += (avg - DAILY)
    end if
    if Battery > CAPACITY then
      Battery = CAPACITY
    end if
  end if

  if avg < CAPACITY then
    if Battery > 0 then
      Battery -= (DAILY - avg)
    end if
    if Battery < CAPACITY then
      print(day)
      Battery = 0
    end if
  end if
end for
end for

```

DAILY zde představuje průměrnou spotřebu elektřiny denně.
CAPACITY pak představuje maximální kapacitu baterie.

4 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Pro simulaci[15, slide 8] ročního chodu výroby jsem vybral 3 různé panely, které jsou volně dostupné v prodeji (pro jednoduchost byly rozměry panelů mírně zaokrouhleny):

- panel A: Amerisolar s výkonností 285Wp, rozměr 1.65×1 m[4]
- panel J: JAM60S20 s výkonností 385Wp, rozměr 1.8×1.05 m[5]
- panel L: LR4_72HIH s výkonností 450 Wp, rozměr 2.1×1.05 m[1]

4.1 Experiment 1

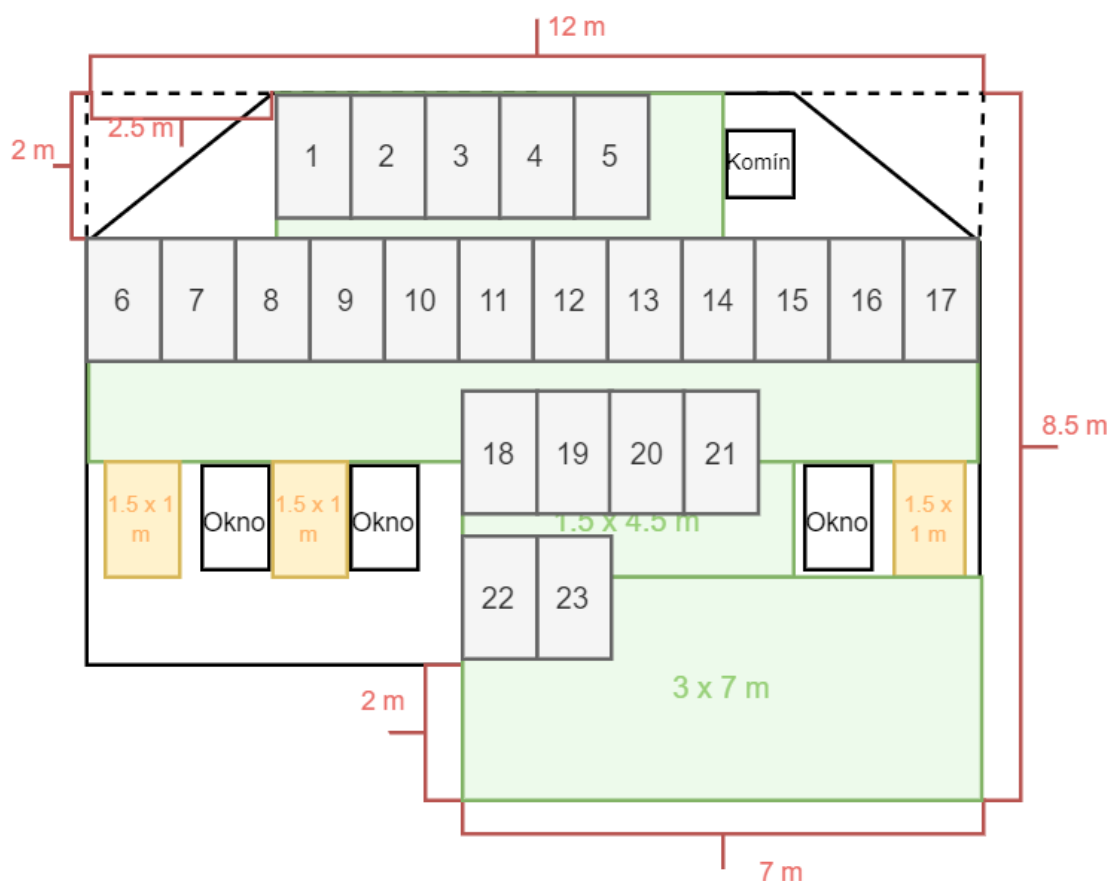
V prvním experimentu se snažíme v první řadě zjistit, jestli je vůbec možné vyprodukovat s naším dostupným prostorem potřebné množství elektřiny. Pro výpočty používáme data uvedená výše ve zprávě, tedy:

- ztráta způsobená umístěním = 15 %
- celková spotřeba domácnosti = 4276 kWh

- počet slunečných hodin [2.2]
- počet dní s různým podnebím [2.2]

Po spuštění programu zjišťujeme, že při používání panelů A bychom jich museli mít na střeše 23, při používání panelů J by jich muselo být 17 a při používání panelů L by jich stačilo 15.

Pokud se pokusíme vyskládat 23 panelů A na náš prostor střechy, mohlo by rozložení vypadat třeba takto:



Obrázek 7: Příklad rozložení panelů A na prostor střechy

Z obrázků je zřejmé, že panely se na střechu s přehledem vejdou. Panel J se velikostí liší pouze minimálně od panelu A a můžeme tedy říci, že 17 takovýchto panelů se na střechu také vejde. Panely L mají sice přes 2 m na výšku, pořád ale můžeme s jistotou říci, že se na prostor vejdou (např. na spodní prostor 3×7 umístíme 6 panelů, na hlavní prostor 3×12 umístíme 11 panelů).

Můžeme tedy s jistotou prohlásit, že náš prostor je více než dostačující pro pokrytí celoroční výroby elektřiny.

4.2 Experiment 2

Z experimentu 1 víme, že si dokážeme sami vyprodukovat dostatek elektřiny na roční spotřebu v domácnosti. Problém ale samozřejmě nastává v tom, že během zimních měsíců nevyrobíme tolik elektřiny, jako během léta. To můžeme vidět v tabulce z programu, která nám ukazuje měsíční výrobu s 15 panely L.

month:	kWh produced:	daily avg:
1	81.06	2.61
2	123.75	4.37
3	307.78	9.93
4	430.60	14.35
5	607.40	19.66
6	599.04	19.97
7	671.91	21.74
8	706.88	22.80
9	465.99	15.53
10	352.97	11.39
11	103.24	3.44
12	88.75	2.87

Obrázek 8: Měsíční výroba 15 panelů L

Přesná data pro spotřebu energie během měsíců pro naši domácnost nemáme, můžeme si ale jednoduše z roční spotřeby (4276 kWh) vypočítat průměrnou denní spotřebu, která činí 11.715 kWh. Z tabulky vidíme, že s 15 panely L bychom byli plně samostatní od dubna po září, po zbytek roku bychom nevyráběli dostatek energie pro spotřebu. Cílem experimentu 2 je zjistit, kolik bychom při okamžité konzumaci vyrobené elektřiny potřebovali panelů, abychom byli samostatní po celý rok. Výpočty budeme provádět pouze s panely L, protože mají nejvyšší výkonnost.

Po různém dosazování čísel docházíme k výsledku, že pro samostatnost po dobu celého roku potřebujeme 68 panelů L.

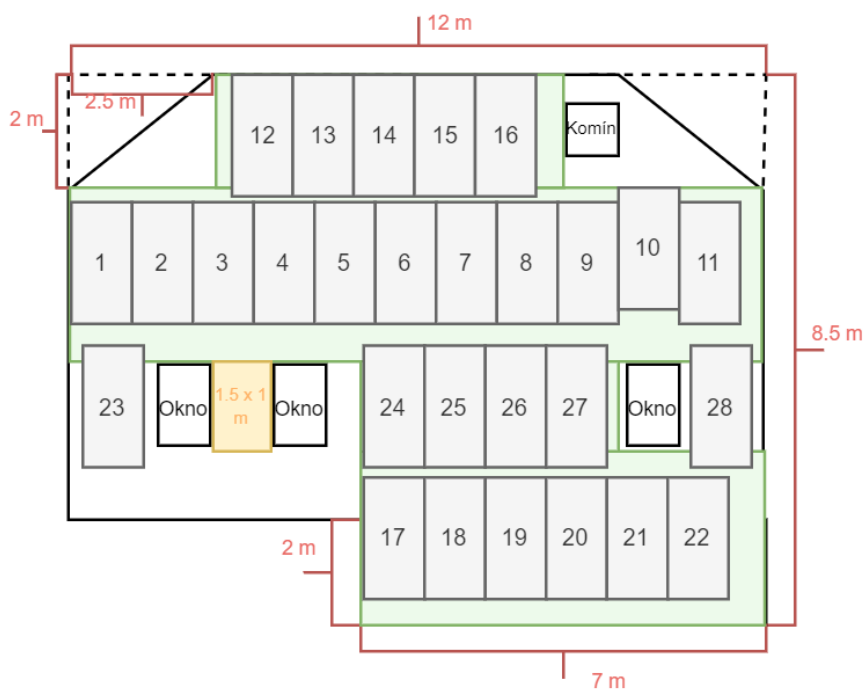
```
# panel production set to 450.00 Wp
# total panel count set to 68
##### START #####
```

month:	kWh produced:	daily avg:
1	367.45	11.853
2	560.98	19.823
3	1395.26	45.008
4	1952.05	65.068
5	2753.52	89.111
6	2715.66	90.522
7	3045.99	98.576
8	3204.52	103.371
9	2112.47	70.416
10	1600.14	51.617
11	468.04	15.601
12	402.36	13.021

```
##### END #####
```

Obrázek 9: Měsíční výroba 68 panelů L

Na naši střechu se vejde maximálně 28 panelů L, proto toto řešení není možné zrealizovat.



Obrázek 10: Rozložení 28 panelů L

4.3 Experiment 3

Z experimentu 2 tedy víme, že možnost okamžité konzumace elektřiny pro nás není přípoštná a musíme se tedy obrátit k jinému řešení - baterie.

Z předchozího experimentu víme, že na střechu můžeme připojit maximálně 28 panelů. Ty nám umožňují bez baterie fungovat od března do října, po zbylé 4 měsíce pak panely nevyrábí dostatek elektřiny pro denní spotřebu.

```
# panel production set to 450.00 Wp
# total panel count set to 28
##### START #####
```

month:	kWh produced:	daily avg:
1	151.30	4.881
2	230.99	8.162
3	574.52	18.533
4	803.79	26.793
5	1133.80	36.693
6	1118.21	37.274
7	1254.23	40.590
8	1319.51	42.565
9	869.84	28.995
10	658.88	21.254
11	192.72	6.424
12	165.68	5.362

```
##### END #####
```

Obrázek 11: Měsíční výroba 28 panelů L

Zapojení baterie nám umožňuje ji nabíjet, pokud vytváříme více elektřiny, než jsme schopni spotřebovat; a naopak z ní čerpat, pokud nevyrábíme dostatek elektřiny na spotřebu. Pro experiment jsem vybral baterii Huawei LUNA 2000[2], která může dosahovat kapacity až 30 kWh. Po spuštění programu však vidíme, že baterie nám vystačí pouze na 5 dní října, poté už produkce opět nestíhá.


```
# panel production set to 450.00 Wp
# total panel count set to 28
##### START #####
```

BATTERY MAX CAPACITY: 30

month:	kWh produced:	daily avg:	battery:
1	151.30	4.881	0
2	230.99	8.162	0
3	574.52	18.533	30
4	803.79	26.793	30
5	1133.80	36.693	30
6	1118.21	37.274	30
7	1254.23	40.590	30
8	1319.51	42.565	30
9	869.84	28.995	30
10	658.88	21.254	30
11	192.72	6.424	d5 0
12	165.68	5.362	0

Obrázek 12: Výdrž baterie s 28 panely L

Vidíme tedy, že baterie o této velikosti nám prodlouží kompletní samostatnost ve výrobě elektřiny o pouhých 5 dní.

4.3.1 Experiment 3.1

Pojďme tedy ještě zjistit, jak velkou kapacitu bychom potřebovali, aby nám baterie vystačila na 4 měsíce, kdy máme výrobu nižší než spotřebu. Protože při běhu programu začíná kapacita baterie s hodnotou 0, je potřeba spustit simulaci dvakrát. Při dosazování různých čísel do simulace nám vyjde, že aby mohla být domácnost plně samostatná, potřebovala by baterii o kapacitě 671 kWh, nebo 23 již výše zmíněných baterií s kapacitou 30 kWh.

month:	kWh produced:	daily avg:	battery:
1	151.30	4.881	0
2	230.99	8.162	0
3	574.52	18.533	218
4	803.79	26.793	671
5	1133.80	36.693	671
6	1118.21	37.274	671
7	1254.23	40.590	671
8	1319.51	42.565	671
9	869.84	28.995	671
10	658.88	21.254	671
11	192.72	6.424	512
12	165.68	5.362	315

BATTERY MAX CAPACITY: 671

month:	kWh produced:	daily avg:	battery:
1	151.30	4.881	103
2	230.99	8.162	0
3	574.52	18.533	219
4	803.79	26.793	671
5	1133.80	36.693	671
6	1118.21	37.274	671
7	1254.23	40.590	671
8	1319.51	42.565	671
9	869.84	28.995	671
10	658.88	21.254	671
11	192.72	6.424	512
12	165.68	5.362	315

Obrázek 13: výpočty pro baterii s kapacitou 671 kWh

4.4 Ekonomické vyhodnocení

Pokud bychom tedy měli na střeše 28 panelů L, vyšly by nás dohromady na 138 600 Kč. Pokud počítáme, že ve čtyřech měsících (leden, únor, listopad, prosinec) nedokážeme být samostatní a musíme odebírat elektřinu od dodavatele, pojďme se podívat na naši útratu.

- v lednu vyrábíme pouhých 4.881 kWh denně z potřebných 11.715 kWh, potřebujeme proto denně dokoupit 6.834 kWh, což činí 211.854 kWh za měsíc
- v únoru vyrábíme 8.162 kWh denně z potřebných 11.715 kWh, potřebujeme proto denně dokoupit 3.553 kWh, což činí 99.484 kWh za měsíc
- v listopadu vyrábíme 6.424 kWh denně z potřebných 11.715 kWh, potřebujeme proto denně dokoupit 5.291 kWh, což činí 158.73 kWh za měsíc
- v prosinci vyrábíme 5.362 kWh denně z potřebných 11.715 kWh, potřebujeme proto denně dokoupit 6.353 kWh, což činí 196.943 kWh za měsíc

Dohromady tedy potřebujeme od dodavatele dokoupit 667.011 kWh. Podle ceníku na rok 2023 od dodavatele MND[3] stojí 1 MWh pro naši aktuální sazbu D206 10 328 Kč.

Za našich 0.667 MWh tedy doplatíme přibližně 6889 Kč. To také znamená, že nemusíme platit za zbytek naší předpokládané spotřeby, který činí přibližně 3.609 MWh, to je v přepočtu ušetřených 37 273.752 Kč.

Pokud nebudeme předpokládat výrazné změny v podnebí či slunečním svitu, znamená to, že solární panely si na sebe vydělají za necelé 4 roky.

5 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

V rámci studie bylo provedeno několik experimentů, které zjišťovaly, jak je reálné, aby byla domácnost plně nezávislá na dodavateli elektřiny a produkovala si veškerou elektřinu sama.

Výsledkem této studie jsou 2 řešení, a to buď:

- Spotřebovávat vyrobenou elektřinu okamžitě za pomoci 66 panelů s výkonem 450 Wp
- Mít na střeše 28 panelů s výkonem 450 Wp a přebytečnou vyrobenou elektřinu ukládat do baterie o kapacitě 671 kWh, která pak vydrží přes zimu a v létě se opět dobije

Obě tato řešení mají své vady: v prvním případě bychom potřebovali nesmírně velkou plochu na umístění panelů, přibližně 150 m². Ve druhém případě jsme místo na střeše plně využili, nakoupit baterie takové kapacity ale stojí nesmírné náklady - jedna baterie s kapacitou 30 kWh stojí 236 500 Kč, my jich potřebujeme 23, to činí náklady na samotné baterie necelých 5.5 milionů Kč.

Pokud si nechceme kupovat baterii a vyrobenou elektřinu okamžitě používat, jsme s 28 panely schopni být samostatní od března do října, v následujících 4 měsících bychom pak museli odebírat část elektřiny od dodavatele.

Literatura

- [1] Fotovoltaický panel - Longi 450Wp, LR4-72HIH-450M. [online].
URL <https://www.alfieco.cz/fotovoltaicky-panel-longi-450w--lr4-72hih-450m/?gclid=Cj0KCQiAyracBhDoARIsACGFcS71bp4Pffa8YlNfJ4Cr92d6Fm3GrxC-rd9D9LiSU51L-LAsyHaWDXwaAtc2EALw-wcB>
- [2] Huawei LUNA 2000 Power control modul + 15 kWh bateriový blok. [online].
URL <https://ecoprodukt.cz/p/85523-huawei-luna-2000-power-control-modul-15-kwh-bateriovy-blok-30704>
- [3] Produkt Proud - Online - Domácnosti.
URL <https://www.mnd.cz/media/download/2049>
- [4] Solární panel Amerisolar 285Wp. [online].
URL <https://eshop.neosolar.cz/solarni-panel-amerisolar-285wp>
- [5] Solární panel JA Solar 385Wp. [online].
URL <https://eshop.neosolar.cz/solarni-panel-ja-solar-385wp>
- [6] Základní typy šikmých střech. 2015.
URL <https://www.chodska.cz/rady-a-tipy/zakladni-typy-sikmych-strech-2.html>
- [7] How do temperature and shade affect solar panel efficiency? 2019.
URL <https://www.bostonsolar.us/solar-blog-resource-center/blog/how-do-temperature-and-shade-affect-solar-panel-efficiency/>
- [8] Mapy.cz. [online], 2022.
URL [Mapy.cz](https://www.mapy.cz)
- [9] Simulované historické údaje o klimatu a počasí pro Moravské Budějovice. [online], 2022.
URL https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/moravsk%C3%A9-bud%C4%9bjovice_%C4%8cesko_3070323
- [10] Slovník - Wp. [online], 2022.
URL <https://www.schlieger.cz/slovník/wp/>
- [11] Ing. Bronislav Bechník, P.: Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů. 2014.
URL <https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>
- [12] Jiří Beranovský, J. T. a. k.: *Alternativní energie pro váš dům*. Vydavatelství ERA, druhé vydání, 2004.
- [13] Matajs, V.: Jak umístit na váš dům solární panely. 2015.
URL <https://www.solarniexperti.cz/jak-umistit-na-dum-solarni-panely/>
- [14] Matajs, V.: Často kladené dotazy (FAQ) - fotovoltaika. [online], 2018.
URL <https://www.solarniexperti.cz/casto-kladene-dotazy-faq-fotovoltaika/>
- [15] Peringer, P.; Hrubý, M.: Modelování a simulace, Text k přednáškám předmětu Modelování a simulace na FIT VUT v Brně. [online], 2022.
URL <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>