

Využitie slnečnej energie pre budovu D na FITe

Služby, infraštruktúra a energetika (1)
December 9, 2018

Aliaksandr Drankou, xdrank00
Roman Čabala, xcabal06

1 Úvod

V tejto práci je riešená simulácia modelu[1, str. 7] výroby elektrickej energie pomocou fotovoltaiických panelov na streche budovy D na fakulte informačných technológií v Brne. Na základe vytvoreného modelu a simulačného experimentu[1, str.8] sa pokúsime vytvoriť predpoklad výroby elektrickej energie pomocou slnečnej energie a následne analyzovať finančnú návratnosť.

1.1 Autori

- Aliaksandr Drankou
- Roman Čabala

1.2 Odborný konzultant

Veľké ďakujem patrí Lukášovi Duránikovi, ktorý je manažér správy energie a technických zariadení budov na fakulte informačných technológií v Brne.

1.3 Zdroje faktov

Hlavnými zdrojmi boli údaje získané od Lukáša Duránika. Ostatné zdroje sú verejne dostupné. Všetky použité zdroje sú v sekcii **Zdroje**.

1.4 Validita modelu

Overovanie validity[1, str. 37] modelu je na základe toho, že sme pracovali s reálnymi hodnotami, ktoré sme buď získali od odborného konzultanta alebo vyhľadali na internete. Tieto údaje sme vhodne zpracovali.

2 Fakty a použité technológie

Poloha náš priviedla k myšlienke využitia slnečnej energie. Brno je v dobrom pásme pri ročnom úhrne solárneho žiarenia[5]. Informácie o budove D, ako je pôdorys budovy, mesačná energetická spotreba, cena za kWh sme získali od Lukáša Duránika. Informácie o slnečnom svite v Brne sme vyhľadali na stránkach Českého hydrometeorologického ústavu (ďalej len ČHMU)[2]. Hodnoty slnečného svitu z ČHMU sú od roku 1961 do roku 2017. Technickú špecifikáciu panela, ktorý sme použili v našom modele, sme získali od výrobcu panelov Heckert Solar[3]. Cenu panela sme zobrali zo stránky shop.solarpartner.cz[6], ktorá bola uvedená ku dňu 5.12.2018. Pre správne rozostupy medzi radami panelov nám vyšlo číslo 4466 mm z kalkulačky pre pozíciu panelov[4]. Rozostup sme počítali relatívne ku sklonu panelov, aby sa navzájom netienili. A následne k polohe Brna pomocou slnečnej

mapy[4] a to pre najhorší prípad 21. decembra, kedy je slnko v najnižšej polohe. Každým rokom sa panel opotrebováva a stráca na výkone. Výrobca určuje, že po 10 rokoch používania panela, výkonnosť poklesne na 90% a po 25 rokoch poklesne na 80% výkonosti oproti novému panelu. Podľa výpočtov a správnom naklonení panelov, ktorý činí 45%[7][8] v našom podnebnom pásme pre celoročnú tvorbu energie, sa vojde na strechu budovy 65 panelov. Do úvahy sme brali rozmery strechy, rozostupy od jednotlivých panelov, rozostup od kraja strechy.

2.1 Použité postupy

Navrhli sme simulačný model[1, str. 44] našej problematiky. Pre simulačný model je využitá diskrétna simulácia[1, str. 34]. Model je naimplementový pomocou programovacieho jazyka C++ s využitím knižnice SIMLIB.

2.2 Použité technológie

- GNU/LINUX Ubuntu <https://www.ubuntu.com/>
- C++ <http://www.cplusplus.com>
- SIMLIB <https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>

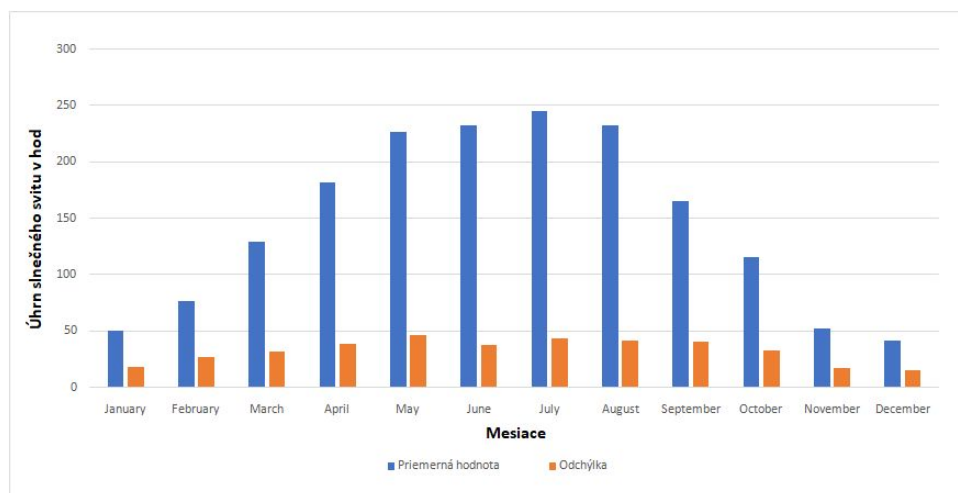
3 Konceptia modelu

Hlavnou úlohou modelu je predpovedať výrobu elektrickej energie za pomoci fotovoltaiických panelov. Dôležité je, aby model dosiahol čo najväčšiu presnosť. Preto treba zobrať do úvahy všetky možné faktory pri tvorbe elektrickej energie za pomoci fotovoltaiických panelov.

3.1 Spôsob vyjadrenia modelu

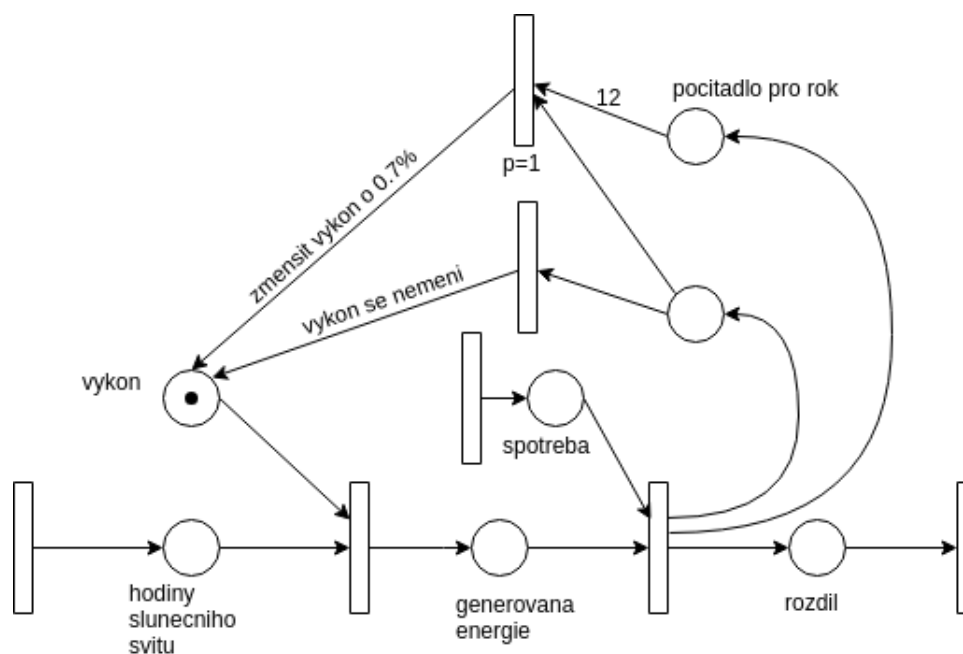
Pre tvorbu modelu sme zvolili otvorený systém[1, str. 30]. Na strechu sa vojde 65 fotovoltaiických panelov. V základej verzii má každý panel výkonnosť 305 Wp. Sklon panelov je 45%. Týmto sklonom sa zabezpečí samočistenie panelov, takže údržbu panelov zanedbávame. Panel rokmi používania stráca svoju pôvodnú výkonnosť. Preto modelujeme stratu výkonnosti 0,7 - 1% každým rokom. Spotrebu budovy sme získali za rok 2017 v jednotlivých mesiacoch. Spotreba sa môže meniť, ale nie extrémne oproti minulému roku. Preto mesačnú spotrebu generujeme ako rovnomerné rozdelenie[1, str. 89], generuje sa $\pm 10\%$ údajov z roku 2017.

Generátor slnečného svitu je normálové rozdelenie[1, str. 93] [Obr.1] za posledných 56 rokov.



Obr 1: Normálové rozdelenie slnečného svitu

Tvorbu elektrickej energie sme vyjadrili pomocou petriho siete[1, str. 123] [Obr.2].



Obr 2: Petriho sieť na tvorbu el. energie

3.2 Popis modelu

Vstupom modelu je generovanie hodnoty na základe normalového rozdelenie pravdepodobnosti slnečného svitu na každý mesiac. Na základe aktuálneho výkonu panelov a na základe hodnoty slnečného svitu sa vygeneruje určitá mesačná energia. Ďalej sa v modeli generuje mesačná spotreba budovy. Tá sa generuje, ako rovnomerne rozdelenie. Spotreba sa odčíta od vygenerovanej energie a tým získavame mesačný rozdiel. Ak vyjde

rozdiel kladný, tak bolo využitých 100% vytvorenej energie. Inak sa zvyšok energie vráti naspäť do siete. Ďalej je namodelované opotrebovanie panela a stráta jeho výkonnosti. Výkonnosť sa stráca každým rokom a zmenší sa o 0,7 - 1% oproti predchádzajúcemu roku. Tým sa určí výkon, s ktorým sa bude naďalej počítať. Elektrickú energiu počítame na každý mesiac. Model simuluje 25 rokov používania panelov.

4 Architektúra simulačného modelu

V implementácii sa nachádza niekoľko tried. Každá trieda implementuje jednu časť abstraktného modelu. V triede **Generator** typu `Event`[1, str. 169]. sa generuje mesačný úhrn slnečného svitu. Na generovanie bola použitá funkcia **Normal**[1, str. 167]. Ďalej sa tam nastavuje výkon panelu po každom roku. O vytvorenie mesačnej energie sa stará trieda **Transakce**, ktorá je odvodená z abstraktnej triedy `Process`[1, str. 171]. Mesačná spotreba sa generuje v triede **Consumption**, ktorá je tiež typu `Process`. Na generovanie spotreby bola využitá funkcia **Uniform**[1, str. 167]. Trieda tak isto počíta rozdiel spotreby od vyprodukovanej energie. Pre koncové zistenie údajov boli použité triedy **Stat**[1, str. 196]. Tak isto v globálnych premenných si uchováваме údaje ako celková výroba energie, využitie energie, ušetrené peniaze a počet mesiacov po, ktorých sa vráti investícia.

5 Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

Cieľom experimentov je zistiť ekonomickú návratnosť fotovoltaiických panelov pri tvorbe elektrickej energie. Reálne hodnoty slnečného svitu a spotreby sa môžu vždy meniť. Preto jednotlivé experimenty sme spúšťali viackrát, aby sa výsledok podobal reálnemu svetu. Po viacerých spusteniach sme spriemerovali výsledky a určili smerodajnú odchýlku.

5.1 Experimenty

5.1.1 Experiment 1

Experiment 1 nám ukazuje spustenie modelu bez parametrov. To znamená, že výkon panelov je 305 Wp, na streche ich je namontovaných 65, doba simulácie je 25 rokov. Investícia do fotovoltaiických panelov je 280 000 czk. Experiment sme spúšťali 10x a následne sme určili výsledky.

Výsledky	
Vyrobené	781128.5 kWh
Využité	717555.5 kWh (91.86%)
Ušetrených	1204151.8 czk
Návratnosť	52 mesiacov

Tabuľka č.1 experiment 1

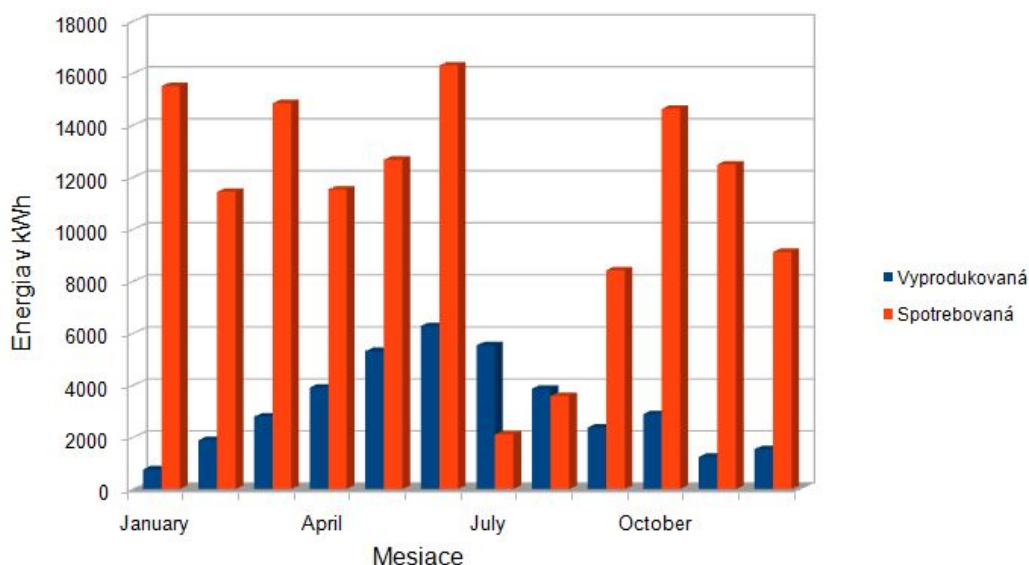
5.1.2 Experiment 2

Experiment 2 sa zameriava na zmenu parametra ceny za kWh. Cenu sme zvýšili kvôli možnému nárastu ceny za energiu v budúcnosti, a vďaka tomu fotovoltaiické panely by

mali mať lepší účinok. Počet panelov a ich výkonnosť zostávajú rovnako - 65 panelov a výkonnosť 305 Wp. Simulovalo sa po dobu 25 rokov. Počiatočná investícia je tiež 280 000 czk. Experiment bol tak isto spúšťaný 10x.

Výsledky	
Vyrobené	787680.6 kWh
Využité	724266.6 kWh (91,94%)
Ušetrených	2713141.2 czk
Návratnosť	25.8 mesiacov

Tabuľka č.2 experiment 2



Obr 3: Ročný priebeh výroby a spotreby energií

5.2 Záver experimentov

Z experimentov sme zistili, že pri počiatočnej investícii 280 000 czk do solárnych panelov a súčasnej ceny za kWh sa nám peniaze vrátia približne po 52 mesiacoch, čo činí 4 roky a 4 mesiace. Ak by sa cena za energie zvýšila, tak sa panely viac oplatia. Investícia by sa vrátila po 26 mesiacoch, čo činí 2 roky a 2 mesiace. Keď si zoberieme celkovú vyrobenú energiu za 25 rokov pomocou fotovoltaiických panelov, tak zistíme, že by sa ušetrilo cez 200 ton CO₂[9].

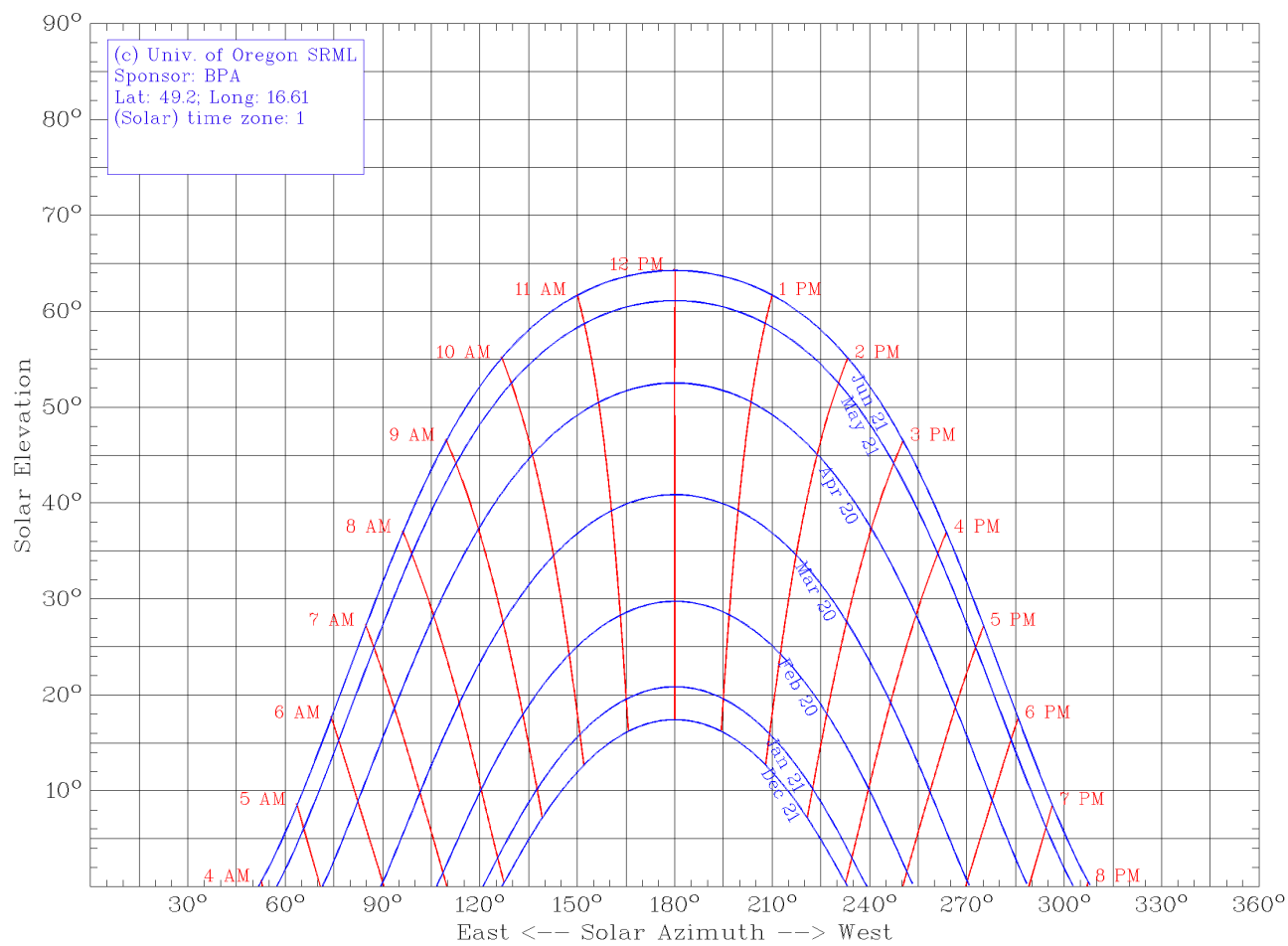
6 Záver

Na základe modelu a experimentov sme ukázali, že je možné vyrábať elektrinu pomocou fotovoltaiických panelov primontovaných na budovu D. Finančná návratnosť by bola niečo po 4 a pol roku pri súčasnej cene energií. Tak isto sa jedná aj o zelenú energiu, ktorá neznečisťuje životné prostredie.

Zdroje

- [1] PERINGER, P. Prezentácia k predmetu Modelování a simulace [online]. In: . [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [2] Denní data Brno Tuřany [online]. [cit. 2018-12-8]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data#>
- [3] Špecifikácia panelu NEMO 2.0 60 M BLACK [online]. In: . Heckert Solar [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: https://shop.solarpartner.cz/fotky74031/fotov/_ps_471NeMo-2-0-60M-305-AR-datovy-list.pdf
- [4] Solar Radiation Monitoring University of Oregon [online]. [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <http://solardat.uoregon.edu/SolarPositionCalculator.html>
- [5] Isofenenergy [online]. [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [6] Shop.solarpartner.cz [online]. [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://shop.solarpartner.cz/heckert-solar-nemo-2-0-60-m-305w?tab=download>
- [7] Tzb-info.cz [online]. [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://solarcalculator.com.au/solar-panel-angle/>
- [8] I4wifi.cz [online]. [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://www.i4wifi.cz/solarni-panel-uchyceni-drzak-konstrukce/>
- [9] Rensmart.com/Calculators [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: https://www.rensmart.com/Calculators/KWH-to-CO2?fbclid=IwAR0d8NMzigBQyf_upG_hJmNgQb8DbiOAgkyzkBtDPlp4WoS9zJ9joAUz_Oo

7 Prílohy



Obr 4: Slnecná mapa