

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

Modelování a simulace

Solární tepelné zásobování

Maksim Dubrovin (xdubro01)  
Anton Havlovskyi (xhavlo01)

29. listopadu 2024

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Teoretický uvod</b>	<b>4</b>
2.1	Geometrické vztahy . . . . .	4
2.2	Výpočet solární radiace pro horizontální plochu . . . . .	5
2.3	Užitečná energie, odváděná z kolektoru . . . . .	6
2.4	Analýza tepelných ztrát v budově . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Vytvoření modelu a implementace</b>	<b>8</b>
3.1	Cíl modelu . . . . .	8
3.2	Skutečný model a zjednodušení pro model . . . . .	8
3.2.1	Skutečný model . . . . .	8
3.2.2	zjednodušení pro model . . . . .	8
3.3	Popis modelu . . . . .	9
3.4	Implementace . . . . .	9
3.5	Používání programu . . . . .	10
3.6	Parametry modelu . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Simulace a výsledky</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>16</b>
	<b>Literatura</b>	<b>17</b>

# Seznam obrázků

2.1	Příklad solárního kolektoru, který slouží k zachycení sluneční energie pro ohřev vody. . . . .	4
3.1	Schéma budovy pro modelování. . . . .	9
4.5	Optimalizace úhlu naklonění kolektoru pro Brno. . . . .	11
4.1	Graf z článku: Sezónní energie podle úhlu naklonění kolektoru . . . . .	12
4.2	Simulace: Sezónní energie podle úhlu naklonění kolektoru . . . . .	12
4.3	Graf z článku: Hodinová energie podle úhlu naklonění kolektoru . . . . .	12
4.4	Simulace: Hodinová energie podle úhlu naklonění kolektoru . . . . .	12
4.6	Brno (1. ledna), úhel naklonění kolektoru 20° . . . . .	13
4.7	Brno (1. ledna), úhel naklonění kolektoru 60° . . . . .	13
4.8	Brno, 15. března, úhel naklonění kolektoru 60° . . . . .	14
4.9	Los Angeles, 1. ledna, úhel naklonění kolektoru 60° . . . . .	14
4.10	Oslo, 1. ledna, úhel naklonění kolektoru 60° . . . . .	15

# Kapitola 1

## Úvod

Solární kolektory jsou zařízení, která slouží k zachycení a přeměně sluneční energie na tepelnou energii. Tato energie je dále využívána pro různé účely, například ohřev vody, vytápění budov nebo dokonce v některých průmyslových procesech. Vzhledem k rostoucím nárokům na využívání obnovitelných zdrojů energie a snížení emisí skleníkových plynů se solární kolektory stávají stále důležitější součástí moderní energetiky.

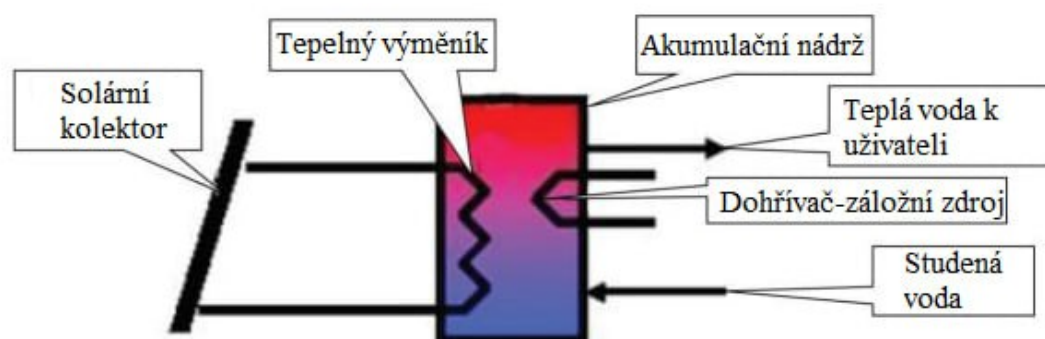
V této práci je analyzována efektivita solárních kolektorů s ohledem na klimatické a geografické parametry, stejně jako na technické vlastnosti samotných kolektorů. Cílem práce je zjistit, jak různé faktory ovlivňují výkon kolektorů, a určit nejvhodnější úhel instalace solárního kolektoru v podmínkách města Brna.

Práce se zabývá simulací a výpočtem energetické bilance během dne, přičemž bere v úvahu jak množství zachycené energie, tak tepelné ztráty objektu. Výsledky simulace jsou použity pro optimalizaci instalace kolektoru a pro návrh efektivního využití solární energie v konkrétní lokalitě.

Výzkum se opírá o teoretické modely přenosu energie.

## Kapitola 2

# Teoretický uvod



Obrázek 2.1: Příklad solárního kolektoru, který slouží k zachycení sluneční energie pro ohřev vody.

Solární vodní ohřívací systém se skládá ze solárního kolektoru a tepelného výměníku s akumulátorem (obr. 1). Tepelný nosič (speciální nemrznoucí kapalina) cirkuluje solárním kolektorem, kde se zahřívá sluneční energií, a následně předává tepelnou energii vodě prostřednictvím tepelného výměníku. V zásobníku se akumuluje horká voda až do okamžiku jejího využití, a proto je zásobník vybaven kvalitní tepelnou izolací. V prvním okruhu, kde je solární kolektor umístěn, může být použit buď přirozený, nebo nucený oběh tepelného nosiče. Do zásobníku může být rovněž instalován elektrický ohřívač jako záložní zdroj tepla.

Pro studium práce kolektoru v konkrétních podmínkách je nezbytné určit závislost jeho okamžitých charakteristik na meteorologických a provozních faktorech. Pro praktické účely má velký význam stanovení intenzity solární radiace, tedy plošné hustoty toku radiace. Tok solární radiace představuje množství zářivé energie, která prochází za jednotku času skrze jednotku plochy.[4]

### 2.1 Geometrické vztahy

Geometrické vztahy mezi polohou roviny, která je určitým způsobem orientována vůči Zemi v konkrétním okamžiku, a směrem přímého slunečního záření, tj. polohou Slunce vůči této rovině, mohou být popsány pomocí následujících úhlů:

- $\phi$  — zeměpisná šířka místa,
- $\delta$  — sklonová deklinace Slunce,
- $\beta$  — sklon roviny vůči horizontu,
- $\omega$  — hodinový úhel,
- $\theta$  — úhel dopadu přímého slunečního záření.

Sklonová deklinace Slunce  $\delta$  může být určena podle aproximované formule Coopera[3]:

$$\delta = 23.45^\circ \cdot \sin\left(\frac{284 + n}{365} \cdot 360\right) \quad (1)$$

kde:

- $n$  je pořadové číslo dne v roce (1. ledna odpovídá  $n = 1$ , 31. prosince  $n = 365$ ).

Úhel dopadu přímého slunečního záření na plochu nakloněnou k jihu (běžný případ pro ploché solární kolektory) je dán rovnicí [4]:

$$\cos \theta = \cos(\phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \sin \delta \quad (2)$$

Úhel  $\theta$  může přesáhnout  $90^\circ$ , což znamená, že Slunce je na opačné straně povrchu. Při použití této rovnice je také nutné zajistit, aby Země nezastiňovala Slunce (tj. hodinový úhel musí být mezi úhly východu a západu Slunce).

Velikost úhlu dopadu přímého slunečního záření na horizontální povrch, označeného jako  $\theta_z$ , se vypočítá pomocí následujícího rovnice [4]:

$$\cos \theta_z = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta \quad (3)$$

Poměr energií přímého záření dopadajícího na nakloněnou a horizontální plochu za libovolný časový interval je určen výrazem [4]:

$$R = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (4)$$

Při použití rovnic (1), (2), (3) a (4) byly reprodukovány grafy z [4]. Tyto grafy je možné nalézt v části "Simulace".

## 2.2 Výpočet solární radiace pro horizontální plochu

Sluneční irradiance dopadající na nakloněnou plochu,  $G_t$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), se skládá ze tří částí: přímé irradiance  $G_{tb}$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), difuzní irradiance  $G_{td}$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) a odražené irradiance  $G_{tr}$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), tedy [1]:

$$G_t = G_{tb} + G_{td} + G_{tr}. \quad (5)$$

Tři složky irradiance lze vypočítat následovně:

$$G_{tb} = G_{on} \cdot \tau_b \cdot \cos \theta, \quad (6)$$

$$G_{td} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \cdot \tau_d \cdot \frac{(1 + \cos \beta)}{2}, \quad (7)$$

$$G_{tr} = \rho \cdot G_{on} \cdot \cos \theta_z \cdot \tau_r \cdot \frac{(1 + \cos \beta)}{2}. \quad (8)$$

Kde  $G_{on}$  je extraterestrická radiace ( $\text{W/m}^2$ ),  $\tau_b$  je atmosférická transmise pro přímé záření,  $\tau_d$  je difuzní atmosférická transmise a  $\tau_r$  je odražená atmosférická transmise.  $G_{on}$  může být vypočteno následovně:

$$G_{on} = G_{sc} \left( 1 + 0.033 \cdot \cos \left( \frac{360d}{365} \right) \right), \quad (9)$$

kde  $G_{sc}$  je  $1367 \pm 5 \text{ W/m}^2$  a  $d$  je den v roce.

Atmosférické transmise  $\tau_b$ ,  $\tau_d$  a  $\tau_r$  mohou být vypočítány následovně:

$$\tau_b = a_0 + a_1 e^{-\frac{k}{\cos \theta}}, \quad (10)$$

$$\tau_d = 0.271 - 0.294 \cdot \tau_b, \quad (11)$$

$$\tau_r = 0.271 + 0.706 \cdot \tau_b, \quad (12)$$

kde  $a_0$ ,  $a_1$  a  $k$  jsou konstanty, které mohou být vypočítány následovně[1]:

$$a_0 = r_0 [0.4237 - 0.00821(6 - h)^2], \quad (13)$$

$$a_1 = r_1 [0.5055 + 0.00595(6.5 - h)^2], \quad (14)$$

$$k = r_k [0.2711 + 0.01858(2.5 - h)^2], \quad (15)$$

Kde  $h$  je nadmořská výška místa v kilometrech,  $r_0$ ,  $r_1$  a  $r_k$  jsou korekční faktory pro různé typy podnebí, které jsou uvedeny v článku [1].

Rovnice (5) až (16) byly použity pro určení slunečního záření v závislosti na geografických a časových parametrech.

### 2.3 Užitečná energie, odváděná z kolektoru

Užitečná energie, odváděná z kolektoru v daném okamžiku, je rozdíl mezi množstvím sluneční energie pohlcené deskou kolektoru a množstvím energie ztracené do okolí [4]:

$$Q_u = A \cdot F_R \cdot [G_t \cdot \tau \alpha - U_L \cdot A \cdot (T_{in} - T_0)] \quad (16)$$

Kde:

- $Q_u$  je užitečná energie, odváděná z kolektoru za jednotku času, ve wattech (W),
- $A$  je plocha kolektoru v metrech čtverečních ( $\text{m}^2$ ),
- $F_R$  je koeficient spojený s účinností přenosu tepla z desky kolektoru na kapalinu odvádějící teplo,

- $G_t$  Sluneční irradiance dopadající na nakloněnou plochu ve wattech na metr čtvereční ( $\text{W}/\text{m}^2$ ),
- $\tau\alpha$  je upravená absorpční schopnost, která zohledňuje celkový vliv optických vlastností materiálů kolektoru,
- $U_L$  je celkový koeficient tepelného ztráty kolektoru ve wattech na  $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ,
- $T_{in}$  je teplota kapaliny na vstupu do kolektoru ( $^\circ\text{C}$ ),
- $T_0$  je teplota okolního prostředí ( $^\circ\text{C}$ ).

Rovnice (16) je modelem plochého slunečního kolektoru podle Hottelea — Wheelera — Blisse, nebo modelem s nulovou tepelnou kapacitou [2].

## 2.4 Analýza tepelných ztrát v budově

Pro analýzu tepelných ztrát v budově bylo použito Fourierovo rovnice pro tepelné ztráty. Tepelný tok  $Q$  může být vyjádřen jako:

$$Q = \frac{\Delta T}{R} \quad (17)$$

kde:

- $\Delta T$  je teplotní rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím ( $^\circ\text{C}$ ),
- $R$  je tepelné odpor materiálu, které je dáno vzorcem:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (18)$$

kde:

- $d$  je tloušťka materiálu (m),
- $\lambda$  je tepelná vodivost materiálu ( $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ).

Toto rovnice umožňuje vypočítat tepelné ztráty skrze různé materiály ve stěnách a oknech budovy, kde tepelné odporové vlastnosti materiálu a teplotní rozdíl hrají klíčovou roli v určení celkových tepelných ztrát.



## Kapitola 3

# Vytvoření modelu a implementace

### 3.1 Cíl modelu

Cíle vytvořeného modelu lze shrnout následovně:

1. Analyzovat vliv faktorů na získané teplo v závislosti na denní době, kalendářním dni, geografických, klimatických podmínkách a parametrech kolektoru.
2. Určit, jak efektivně (jaké procento tepla) může kolektor pokrýt z celkové potřeby tepla v závislosti na ročním období, denní době, geografii a dalších faktorech.
3. Prozkoumat vliv úhlu naklonění kolektoru na získanou energii.
4. Vyhodnotit vliv plochy kolektoru na množství získaného tepla.

### 3.2 Skutečný model a zjednodušení pro model

#### 3.2.1 Skutečný model

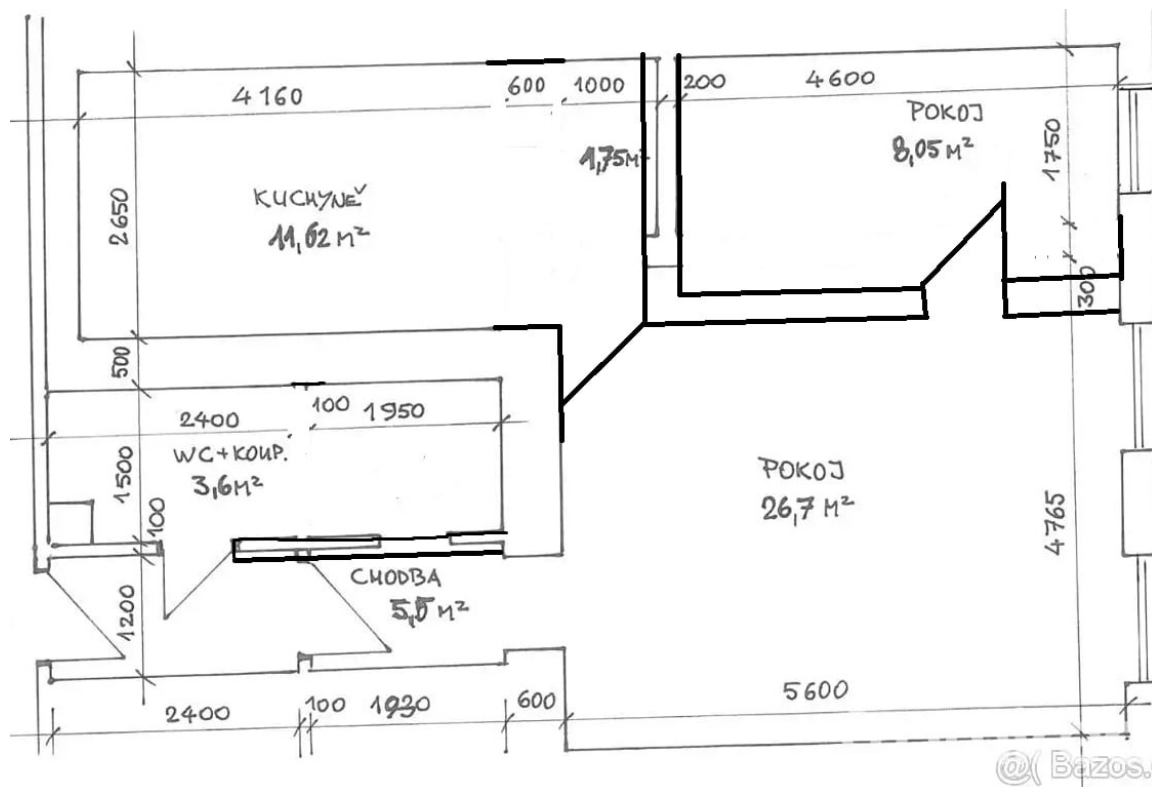
Pro modelování je použito schéma budovy, které je zobrazeno na obrázku 3.1. Výška stropů byla stanovena na 3 metry. Tento předpoklad umožňuje výpočet objemu jednotlivých místností a zohlednění tepelných ztrát a energetických potřeb budovy.

Charakteristiky kolektoru byly převzaty od modelu TitanPowerPlus-ALDH29 V3 Solar Flat Plate Collector [5], což je komerčně dostupný solární kolektor.

#### 3.2.2 zjednodušení pro model

Z důvodu zjednodušení simulace byly zavedeny následující předpoklady:

1. Teplota uvnitř domu je považována za konstantní pro všechny místnosti a rovná 21 °C.
2. Kolektor je schopen předávat teplo do domu a uchovávat jej v akumulární nádrži s konstantní účinností, která je parametrem simulace (výchozí hodnota je 80 %).
3. Počasí je považováno za jasné po všechny dny v roce.



Obrázek 3.1: Schéma budovy pro modelování.

### 3.3 Popis modelu

Model je založen na dvou hlavních procesech:

1. Proces získávání tepla od kolektoru, který závisí na denní době a dalších faktorech, jako je geografická poloha, klimatické podmínky a parametry kolektoru. Tento proces simuluje, jak kolektor během dne akumuluje teplo.
2. Proces ztráty tepla z budovy, který závisí na denní době a dalších faktorech, jako je venkovní teplota, konstrukce budovy a její izolační vlastnosti. Tento proces simuluje, jak teplo uniká z domu během dne.

Na základě těchto hodnot se následně vypočítá poměr mezi získaným teplem a ztrátou tepla, což ukazuje efektivitu kolektoru v konkrétním časovém období. Každý cyklus simulace je proveden na základě hodinových intervalů, což umožňuje detailní analýzu tepelného chování během dne.

### 3.4 Implementace

Pro modelování systému byl použit programovací jazyk C++. Vizualizace získaných dat byla provedena pomocí nástroje `gnuplot`. Pro sestavení projektu byla použita buildovací platforma `make`.

Model byl navržen tak, aby byl rozdělen do tříd, které umožňují snadnou práci s různými částmi simulace:

- Třídy `Environment` a `Collector` jsou zodpovědné za výpočty a informace týkající se energie získané solárním kolektorem.
- Třídy `Room` a `House` jsou zodpovědné za modelování tepelných ztrát budovy.

### 3.5 Používání programu

Program lze použít následujícím způsobem:

- `make` — sestaví program.
- `./main <params>` — spustí simulaci s různými parametry a vytvoří datové soubory (`.dat`) v adresáři `PlotData`.
- `make graphs` — vygeneruje grafy na základě aktualizovaných souborů `.dat` a uloží je jako `.pdf` soubory v kořenovém adresáři projektu.

### 3.6 Parametry modelu

Následující parametry mohou být předány programu přes příkazovou řádku:

- `-timespan` nebo `-t`: časový rozsah simulace (v dnech).
- `-latitude`: zeměpisná šířka místa (v stupních).
- `-env_avg_tmp` nebo `-out_tmp`: průměrná teplota okolního prostředí ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- `-env_diff_tmp` nebo `-out_tmp_diff`: rozdíl teplot v okolí během dne ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- `-start_day` nebo `-dStart`: počáteční den simulace.
- `-start_hour` nebo `-hStart`: počáteční hodina simulace.
- `-altitude` nebo `-a`: nadmořská výška místa (v metrech).
- `-collector_inclination` nebo `-col_i`: sklon kolektoru (v stupních).
- `-transfer_efficiency` nebo `-trans_eff`: účinnost přenosu tepla z kolektoru na kapalinu.
- `-heat_transfer` nebo `-ht`: součinitel přenosu tepla kolektoru ( $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ).
- `-collector_absorptance` nebo `-absorp`: absorpance a propustnost kolektoru ( $\tau\alpha$ ).
- `-area` nebo `-a`: plocha kolektoru ( $\text{m}^2$ ).

## Kapitola 4

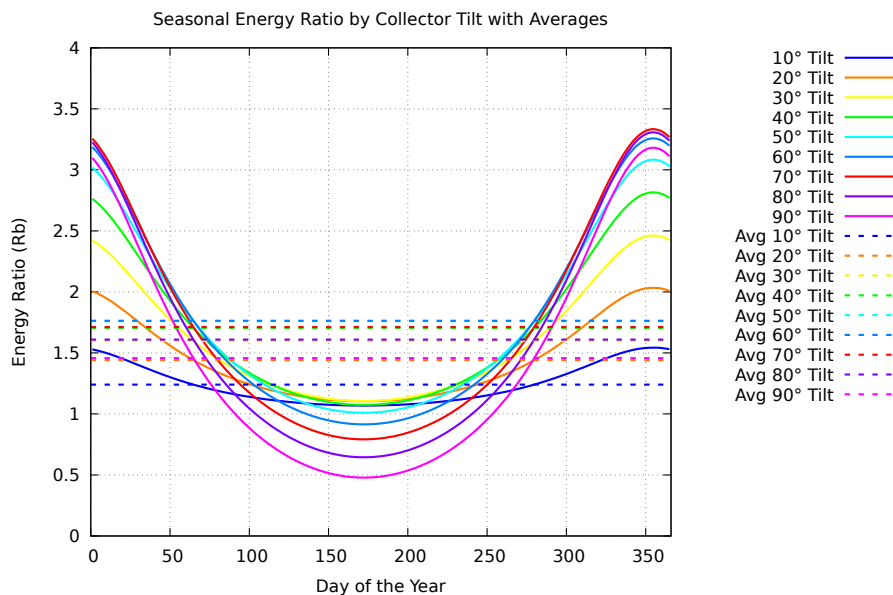
# Simulace a výsledky

V průběhu simulace byly generovány tři hlavní grafy:

- *seasonal\_energy\_by\_tilt* (sezónní energie podle úhlu naklonění kolektoru),
- *hourly\_energy\_by\_tilt* (hodinová energie podle úhlu naklonění kolektoru),
- *power\_balance\_by\_hour* (bilance energie v průběhu dne).

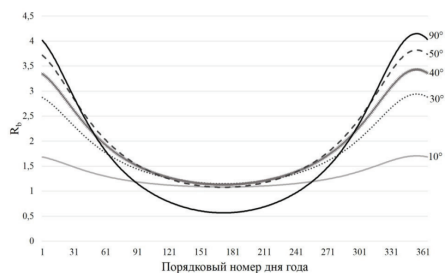
Grafy *seasonal\_energy\_by\_tilt* a *hourly\_energy\_by\_tilt* byly použity k reprodukci výsledků pro poměr  $R_b$  (blíže popsán v kapitole 2 *Teoretický úvod*) z článku [4] v závislosti na úhlu naklonění kolektoru a časových parametrech. Pro srovnání jsou níže uvedeny grafy z článku (vlevo) a výsledky naší simulace (vpravo).

Tyto grafy byly použity k určení optimálního úhlu naklonění kolektoru pro geografické a klimatické podmínky Brna. Následující graf 4.5 ukazuje závislost průměrné energie na úhlu:

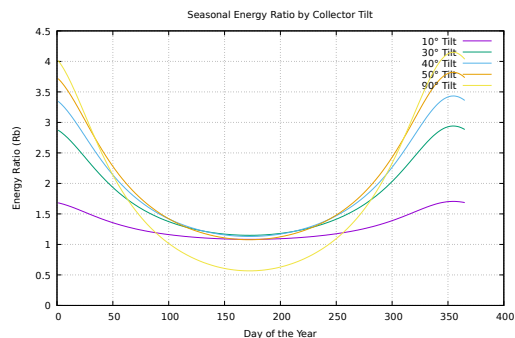


Obrázek 4.5: Optimalizace úhlu naklonění kolektoru pro Brno.

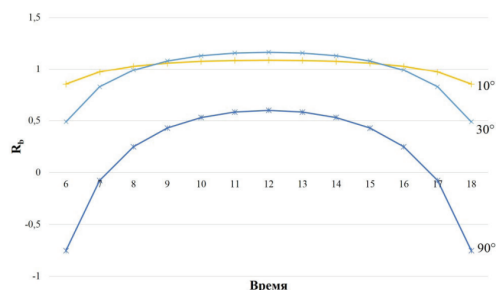
Ze simulace vyplývá, že:



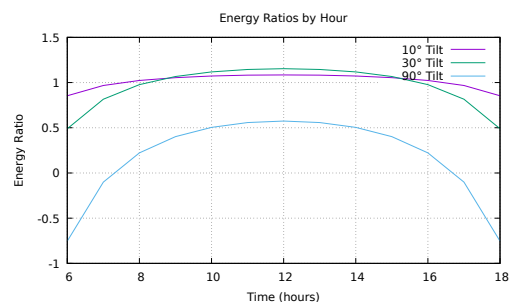
Obrázek 4.1: Graf z článku: Sezónní energie podle úhlu naklonění kolektoru



Obrázek 4.2: Simulace: Sezónní energie podle úhlu naklonění kolektoru



Obrázek 4.3: Graf z článku: Hodinová energie podle úhlu naklonění kolektoru



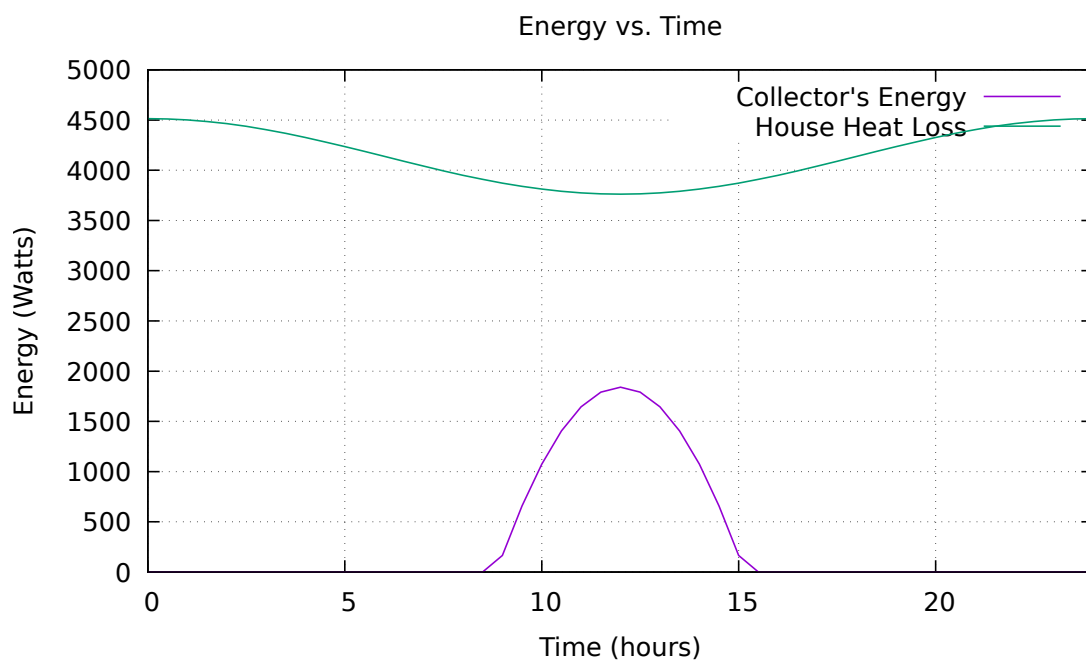
Obrázek 4.4: Simulace: Hodinová energie podle úhlu naklonění kolektoru

- Úhel mezi 60° a 70° je nejlepší pro maximalizaci roční průměrné energie.
- Úhel mezi 70° a 80° je nejlepší pro maximalizaci tepla v nejchladnějších měsících.

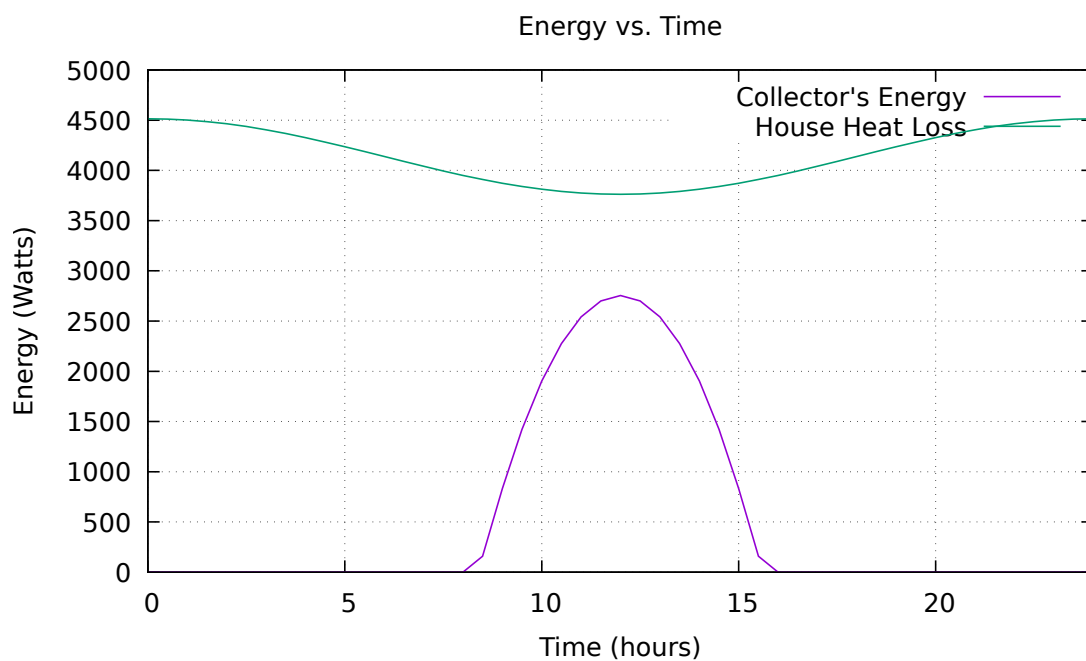
Graf *power\_balance\_by\_hour* byl použit k analýze bilance energie v průběhu dne za různých teplotních a geografických podmínek. V simulacích byly použity čtyři ploché solární kolektory typu TitanPowerPlus-ALDH29 V3 Solar Flat Plate Collector [5], jejichž cena k listopadu 2024 činila 40 230 Kč. Za použití rovnic popsaných v kapitole 2 (*Teoretický úvod*) a parametrů budovy uvedených v kapitole 3 (*Vytvoření modelu a implementace*) byly vytvořeny následující simulace:

- Brno (1. ledna) s úhlem naklonění kolektoru 20° – v tomto případě kolektor pokryje 6.77009 % denní potřeby tepla (viz graf 4.6),
- Brno (1. ledna) s úhlem naklonění kolektoru 60° – v tomto případě kolektor pokryje 11.7119 % denní potřeby tepla (viz graf 4.7),
- Brno (15. března) s úhlem naklonění kolektoru 60° – v tomto případě kolektor pokryje 32.1978 % denní potřeby tepla (viz graf 4.8),
- Los Angeles (1. ledna) s úhlem naklonění kolektoru 60° – v tomto případě kolektor pokryje 63.3641 % denní potřeby tepla (viz graf 4.9),

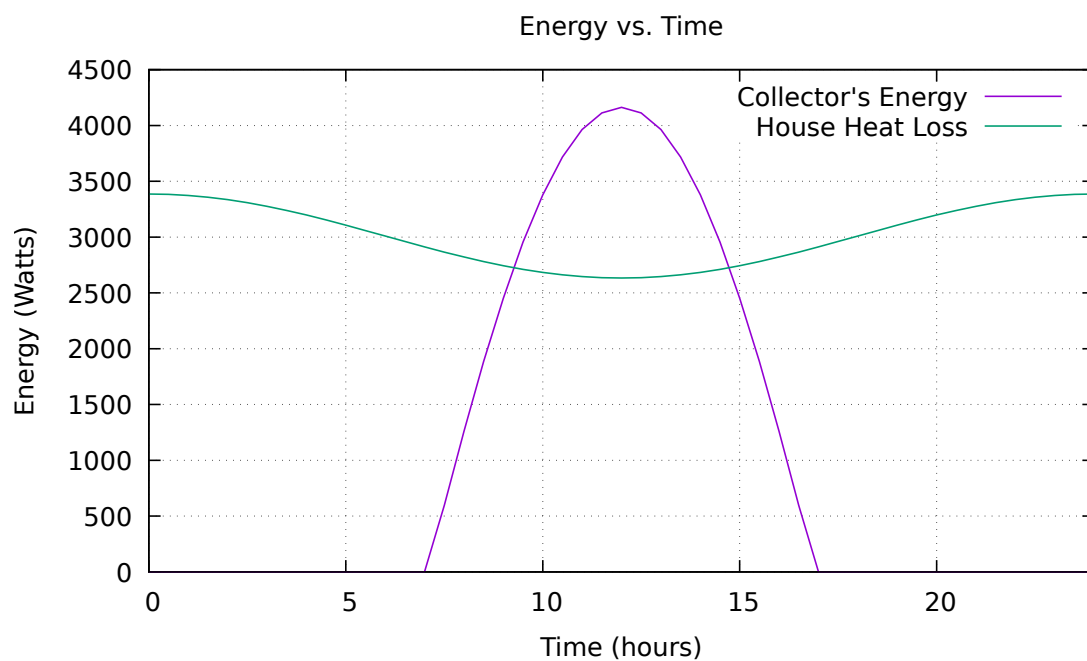
- Oslo (1. ledna) s úhlem naklonění kolektoru  $60^\circ$  – v tomto případě kolektor pokryje 3.09121 % denní potřeby tepla (viz graf 4.10).



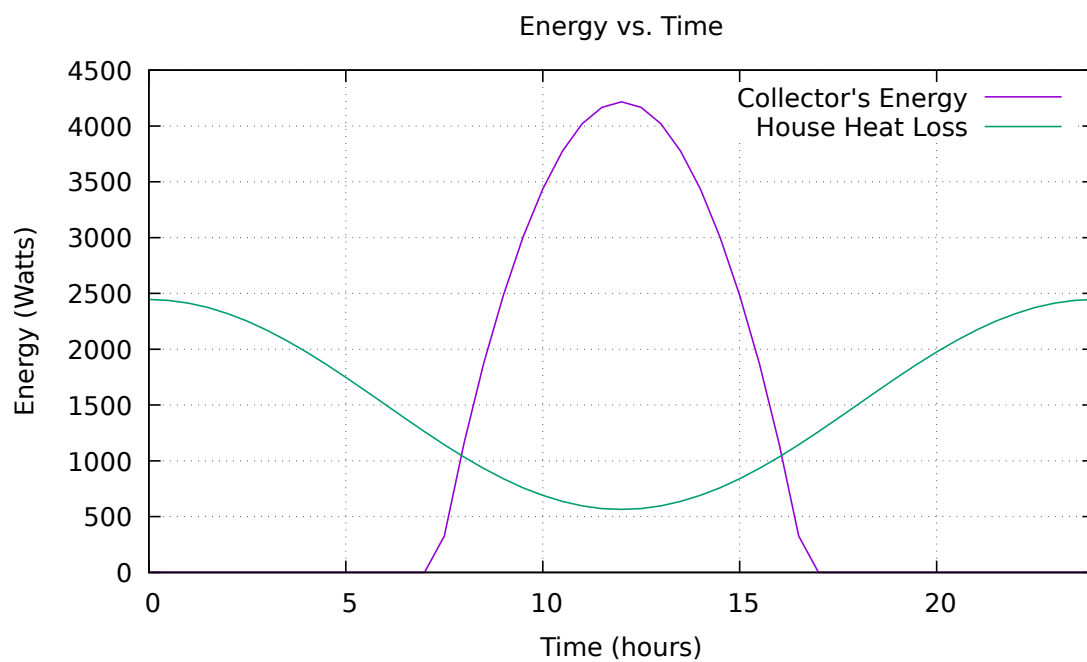
Obrázek 4.6: Brno (1. ledna), úhel naklonění kolektoru  $20^\circ$



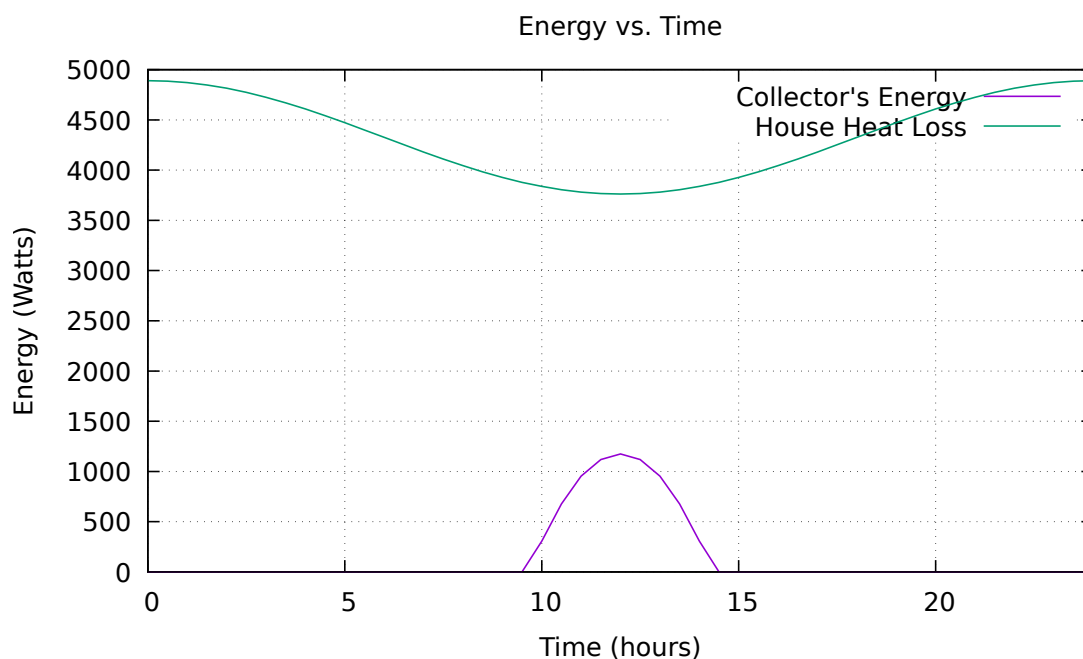
Obrázek 4.7: Brno (1. ledna), úhel naklonění kolektoru  $60^\circ$



Obrázek 4.8: Brno, 15. března, úhel naklonění kolektoru 60°



Obrázek 4.9: Los Angeles, 1. ledna, úhel naklonění kolektoru 60°



Obrázek 4.10: Oslo, 1. ledna, úhel naklonění kolektoru 60°

Ze simulací lze vyvodit následující závěry:

- Města jako Los Angeles, které se nachází blíže k rovníku (šířka: 34° N), mají výrazně příznivější podmínky pro využívání solární energie. Kolektory zde pokrývají více než 63 % denní potřeby tepla v nejchladnějších měsících. Tato města mají vysokou intenzitu slunečního záření po většinu roku, což umožňuje téměř úplné pokrytí potřeby tepla solárními kolektory.
- V Brně (šířka: 49° N) kolektory pokryjí maximálně 32 % denní potřeby tepla během 15. března, což ukazuje na zlepšení podmínek slunečního záření na jaře. V lednu kolektory pokryjí přibližně 12 % denní potřeby tepla, což je výrazně nižší hodnota, odpovídající chladnějším měsícům s nižší intenzitou slunečního záření.
- V městech jako Oslo (šířka: 60° N), které se nachází ještě dále na severu, je podíl pokrytí solární energií velmi nízký, dosahující pouze 3 % denní potřeby tepla v nejchladnějších měsících. Vzhledem k vysoké zeměpisné šířce a dlouhým zimám s nízkou intenzitou slunečního záření, severní města mají výrazně omezený potenciál pro efektivní využívání solární energie, zejména v zimních měsících.



## Kapitola 5

# Závěr

V této práci jsme analyzovali efektivitu solárních kolektorů v různých podmínkách s důrazem na město Brno. Výsledky ukázaly, že:

- V nejchladnějších měsících jsou solární kolektory schopny pokrýt až 12 % denní potřeby tepla.
- V méně chladných měsících, jako je březen, může pokrytí dosáhnout až 33 %.
- Nejlepší úhly naklonění kolektoru pro Brno jsou 60–70° pro dosažení co nejlepšího průměrného výkonu za celý rok.
- Pro maximalizaci efektivity během nejchladnějších měsíců se doporučuje zvýšit úhel naklonění na 70–80°.

Kromě analýzy pro Brno byly simulace provedeny i pro města na různých zeměpisných šířkách. Pro města s příznivějšími podmínkami, jako je Los Angeles, mohou kolektory během nejchladnějších měsíců pokrýt více než 63 % denní potřeby tepla. Naopak v severnějších městech, jako je Oslo, je potenciál solárních kolektorů výrazně omezen, a to zejména v zimních měsících. Tyto rozdíly potvrzují vliv geografické polohy na efektivitu solárních systémů.

# Literatura

- [1] AL MESSABI, N.; GOH, C. a LI, Y. Heuristic grey-box modelling for photovoltaic power systems. *Systems Science & Control Engineering*. Taylor & Francis, 2016, sv. 4, č. 1, s. 235–246.
- [2] BECKMAN, W. A.; KLEIN, S. A. a DUFFIE, J. A. Solar heating design, by the f-chart method. *NASA STI/Recon Technical Report A*, 1977, sv. 78, s. 31071.
- [3] DUFFETT SMITH, P. a ZWART, J. *Practical astronomy with your calculator or spreadsheet*. Cambridge University Press, 2017.
- [4] EFREMOVA, O. A. a KHVOROVA, L. A. Mathematical modeling of solar heating systems. *Bulletin of Altai State University*. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, 2017, 4 (96), s. 98–103.
- [5] SOLAR, S. *TitanPowerPlus-ALDH29 V3 Solar Flat Plate Collector*. 2024. Dostupné z: [https://www.sunmaxxsolar.com/product/titanpower-aldh29/?srsltid=AfmB0ortnr033qr9\\_krI4JrG7b2htcSIni4M8XvwxAysbTERnbSUW6JI](https://www.sunmaxxsolar.com/product/titanpower-aldh29/?srsltid=AfmB0ortnr033qr9_krI4JrG7b2htcSIni4M8XvwxAysbTERnbSUW6JI). Accessed: 2024-11-29.