

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Využití Trombeho stěny a tepelného čerpadla**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2014/2015

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš TRUHLÁŘ**  
Osobní číslo: **E12B0205P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Využití Trombeho stěny a tepelného čerpadla**  
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 princip a vlastnosti tepelného čerpadla a Trombeho stěny.
2. Zhodnoťte výhody a nevýhody jejich použití a vhodnost aplikace v podmínkách ČR.
3. Pro zvolený objekt vytvořte návrhy využití tepelného čerpadla a Trombeho stěny.
4. Určete, který z návrhů je vhodnější pro realizaci z hlediska energetických a ekonomických aspektů.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Lenka Raková**


Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 15. října 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: 8. června 2015

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



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

V Plzni dne 15. října 2014

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit využití Trombeho stěny a tepelného čerpadla. V práci je uveden základní princip funkce Trombeho stěny a tepelného čerpadla, jejich výhody a nevýhody. Zhodnocení probíhá za pomoci zhotovených návrhů tepelného čerpadla a Trombeho stěny, které jsou aplikované na vybraný objekt. Návrhy jsou porovnány na základě ekonomických a energetických vlastností. Z těchto návrhů je jeden vybrán, který má nejvýhodnější vlastnosti k vytápění zvoleného objektu.

## **Klíčová slova**

Tepelné čerpadlo, vzduch/voda, voda/voda, země/voda, Trombeho stěna.

## **Abstract**

The aim of this bachelor's thesis is to evaluate the use of Trombe's wall and heat pump. The thesis presents basic principle of Trombe's wall and heat pump, their advantages and disadvantages. Evaluation is made by proposals of Trombe's wall and heat pump, which are applied to choose building. Proposals are compared on the basis of economic and energy characteristics. From these proposals is selected one that has the best qualities to heat the selected building.

## **Key words**

Heat pump, air/water, water/water, ground/water, Trombe wall.

## **Prohlášení**

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 2.6.2015

Lukáš Truhlář

## **Poděkování**

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucí své bakalářské práce Ing. Lence Rakové, za cenné, odborné rady a připomínky k dané problematice.

## Obsah

<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>1 TEPELNÉ ČERPADLO .....</b>	<b>11</b>
1.1 PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA.....	11
1.1.1 Carnotův cyklus .....	11
1.1.2 Druhý termodynamický zákon.....	12
1.1.3 Základní princip tepelného čerpadla .....	12
1.2 DRUHY TEPELNÝCH ČERPATEL .....	14
1.2.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda.....	14
1.2.2 Tepelné čerpadlo země/voda.....	15
1.2.3 Tepelné čerpadlo voda/voda.....	18
1.3 VÝHODY A NEVÝHODY TEPELNÝCH ČERPATEL .....	19
1.3.1 Vzduch/voda.....	19
1.3.2 Země/voda.....	20
1.3.3 Voda/voda.....	21
<b>2 TROMBEHO STĚNA .....</b>	<b>22</b>
2.1 ZÁKLADNÍ PRINCIP TROMBEHO STĚNY .....	22
2.2 PROVOZ TROMBEHO STĚNY.....	23
2.2.1 Období podzim až jaro.....	23
2.2.2 Letní období.....	24
2.3 VÝHODY A NEVÝHODY VYUŽITÍ TROMBEHO STĚNY A JEJÍ APLIKACE V ČR.....	25
<b>3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PRO NÁVRH TS A TČ .....</b>	<b>27</b>
3.1 VYBRANÝ OBJEKT.....	27
3.2 ZJIŠTĚNÍ TEPELNÝCH ZTRÁT RODINNÉHO DOMU.....	28
3.3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU .....	29
3.3.1 Výpočet ztrát pro jednu místnost.....	30
3.4 CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY RODINNÉHO DOMU .....	32
3.5 VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLA PRO RODINNÝ DŮM .....	32
<b>4 NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA .....</b>	<b>34</b>
4.1 NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA VZDUCH/VODA.....	35
4.2 NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA ZEMĚ/VODA.....	35
4.3 POROVNÁNÍ NÁVRHŮ TEPELNÉHO ČERPADLA.....	36
<b>5 NÁVRH TROMBEHO STĚNY.....</b>	<b>37</b>
5.1 VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ .....	37
5.1.1 Výpočet tepelných zisků TS rodinného domu.....	38
5.2 VÝPOČET TEPELNÉ KAPACITY KONSTRUKCE .....	39
5.2.1 Výpočet tepelné kapacity konstrukce TS.....	40
5.3 ZHODNOCENÍ NÁVRHU TROMBEHO STĚNY .....	41
<b>6 ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ .....</b>	<b>42</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....</b>	<b>44</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>1</b>



## Seznam symbolů a zkratk

A	- Plocha konstrukce [ $m^2$ ]
C	- Tepelná kapacita konstrukce [Wh/K]
c	- Měrná tepelná kapacita vrstvy konstrukce [J/Kg.K]
$c_m$	- Činitel využití slunečního záření [-]
$c_n$	- Činitel korigující skutečnost [-]
COP	- Topný faktor
DTZ	- Druhý termodynamický zákon
$E_{gm}$	- Globální sluneční záření [kWh/m <sup>2</sup> .měs]
$E_{zm}$	- Průměrný tepelný zisk zasklení [kWh/měs.]
H	- Intenzita solárního záření [kWh/m <sup>2</sup> ]
Q	- Celková potřeba tepla [kWh]
$Q_c$	- Celková tepelná ztráta [W]
$Q_o$	- Tepelná ztráta [W]
$Q_p$	- Tepelná ztráta konstrukcí [W]
$Q_v$	- Tepelná ztráta větráním [W]
T	- Celková propustnost slunečního záření [-]
$T_a$	- Tepelná vodivost podloží [W/m.K]
TČ	- Tepelné čerpadlo
TF	- Topný faktor
TS	- Trombeho stěna
U	- Součinitel prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> K]
$\Delta Q$	- Změna tepla [J]
$\Delta W$	- Změna energie [J]
$\eta$	- Účinnost Carnotova cyklu [%]
$\rho$	- Hustota stavebních prvků [Kg/m <sup>3</sup> ]

## Úvod

Předložená práce se zabývá problematikou alternativního vytápění, které je ekologické oproti spalování tuhých paliv. Jedná se o využití Trombeho stěny a tepelného čerpadla. Tepelná čerpadla jsou v ČR stále více populárnějším zdrojem energie k vytápění rodinných domů a průmyslových objektů.

Trombeho stěna není v ČR moc známý pojem, protože velký počet domácností stále využívají kotle na tuhá paliva. V dnešní době lidé využívají solární panely k získání tepla a o Trombeho stěně mají jen málo informací. Proto využití Trombeho stěny je zajímavým způsobem vytápění.

Cílem této práce je zhodnotit využití Trombeho stěny a tepelného čerpadla. A posoudit jejich výhody a nevýhody z hlediska jejich možností využití v ČR. Vyhodnocení je provedeno za pomoci vytvořených návrhů, které jsou aplikovány na vybraný objekt. Ze zhotovených návrhů je vybrán návrh, který má nejvýhodnější ekonomické a energetické vlastnosti.

# 1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo využívá nízkopotenciální energii, která je snadno dostupná kdekoli na planetě Zemi. Nízkopotenciální energie je obsažena ve vodě, vzduchu a zemi. [5, 7, 9, 10]

Tepelné čerpadlo transformuje energii z nižší teplotní úrovně na vyšší teplotní úroveň. K tomu, aby tepelné čerpadlo pracovalo, je nutné přivést určité množství elektrické energie. Elektrická energie tvoří 1/3 energie potřebnou pro správný chod tepelného čerpadla. Další 2/3 energie čerpadlo získá z nízkopotenciálního zdroje energie. [5, 7, 9, 10]

TČ má na své vstupní nebo také primární straně umístěn výměník tepla, jinak nazývaný jako výparník. Do výparníku je přiváděno teplonosné médium. Médium může být voda, nemrznoucí směs nebo jiná kapalina. Ale může jím být také i vzduch. Médium do sebe natahuje nízkopotenciální energii z blízkého okolí, což znamená, že se ohřívá. Teplota média může být vyšší třeba jen o 5 °C. Ohřáté médium je ve výparníku změněno v plyn, který putuje dále vnitřním okruhem, který tvoří výměník tepla, kondenzátor, kompresor a expanzní ventil. [5, 7, 9, 10]

Plyn z výparníku se pod tlakem dostává do kondenzátoru. Ten pracuje na základě Carnotova cyklu a druhého termodynamického zákona, jehož princip je uveden v podkapitole 1.1.

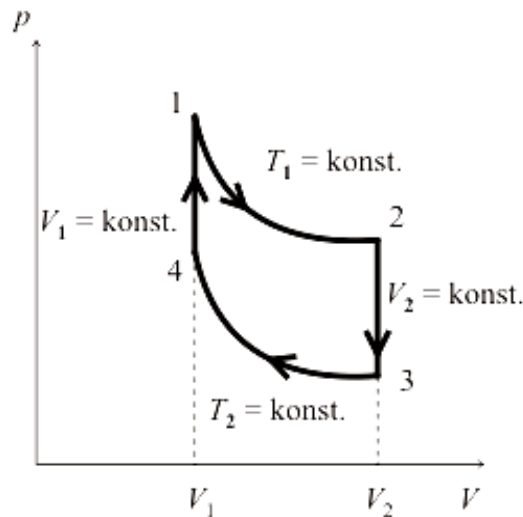
## 1.1 Princip tepelného čerpadla

### 1.1.1 Carnotův cyklus

Princip Carnotova cyklu je, že plyn, který se rozpíná, koná práci na úkor své vnitřní energie nebo také na úkor tepla, které získá z okolního prostředí. Proto lze daný cyklus nazvat jako vratný kruhový děj. Carnotův oběh se skládá ze čtyř procesů. Při izotermické expanzi (1-2), látka přijímá teplo  $Q_1$  od ohříváče o stálé teplotě  $T_1$ . Dále nastává adiabatické rozpínání (2-3), kdy je snížen tlak a teplota z  $T_2$  na  $T_1$ . Dalším dějem je izotermická komprese (3-4), při které látka odevzdá teplo  $Q_2$  chladiči za stálé teploty  $T_2$ . Poslední děj je adiabatické stlačení, kdy vzroste tlak a teplota z hodnoty  $T_1$  na  $T_2$ . Princip je uveden na (Obr. 1). [1]

Účinnost Carnotova cyklu je dána vztahem:

$$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad [\%] \quad (1)$$



Obr.1 Carnotův oběh [4]

### 1.1.2 Druhý termodynamický zákon

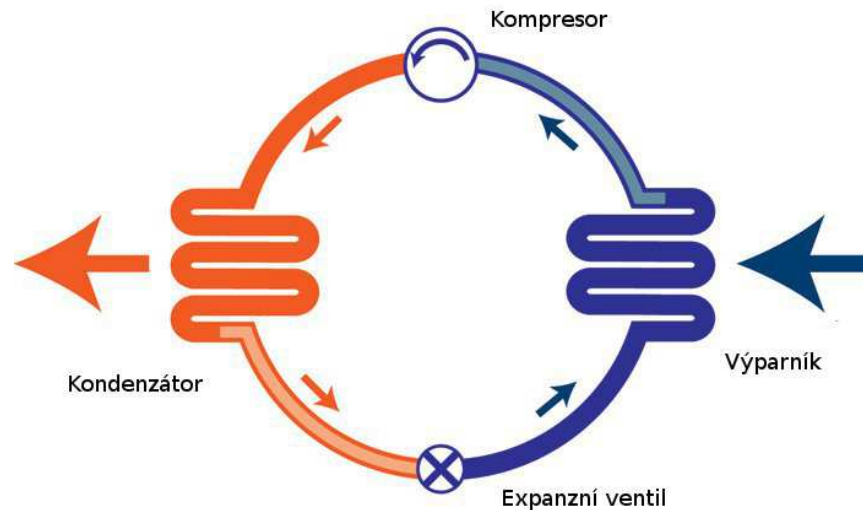
Definice druhého termodynamického zákona: „*Teplu nemůže samovolně (tj. bez konání práce) přecházet z tělesa chladnějšího na těleso teplejší.*“ [2]

DTZ je aplikován v principu chodu TČ. Díky tepelnému čerpadlu lze získat teplo z chladnějšího tělesa (prostředí) do teplejšího. Protože tepelné čerpadlo koná práci, které umožní přestup tepla.

### 1.1.3 Základní princip tepelného čerpadla

Základní princip je zobrazen na (Obr. 2). Na počátku kompresor silně stlačí médium (plyn), čímž se zvýší teplota chladiva (plynu). Tato teplota je kolem 80 °C. Takto ohřáté médium putuje do kondenzátoru, kde je ochlazeno. Plyn předá své teplo třeba vodě, která tvoří sekundární okruh a je využívána pro topení. Plyn ztratí teplo, které získal stlačením v kompresoru. [5, 7, 9, 10]

V kompresoru změní své skupenství z plynného na kapalné a pokračuje k expanznímu ventilu. Zde je už kapalné médium prudce ochlazeno a z expanzního ventilu putuje znovu do výměníku a stále dokola. [5, 7, 9, 10]



Obr.2 Schéma okruhu tepelného čerpadla [7]

### Topný faktor

Základním parametrem pro fungování tepelného čerpadla je takzvaný Topný faktor (COP – Coefficient of Performance). Topný faktor je číslo, které nemá žádný rozměr, ale udává účinnost tepelného čerpadla. Topný faktor je poměr mezi teplem, které transformuje, oproti energii, která je nutná pro správnou funkci čerpadla. [5, 6, 9]

Topný faktor se vypočítá jako změna tepla  $\Delta Q$  ku energii spotřebované tepelným čerpadlem  $\Delta W$ .

$$COP = \frac{\Delta Q}{\Delta W} [-] \quad (2)$$

**Topný faktor pro** tepelné čerpadlo s výkonem 25 kW a elektrickým příkonem 7 kW, lze vypočítat jako podíl tepelného výkonu  $P$  a elektrického příkonu  $P_p$  příslušného tepelného čerpadla (3).

$$COP = \frac{P}{P_p} = \frac{25000}{7000} = 3,57 \quad (3)$$

Výsledný maximální topný faktor je roven 3,57. Za optimálních provozních podmínek je topný faktor schopen dosáhnout hodnoty až 8. Proto záleží na podmínkách, při jakých tepelné čerpadlo bude pracovat a tím je i silně ovlivněný topný faktor.

Někdy lze v literatuře nalézt tento zápis: COP při 0 °C / 35 °C je 4,5 dle EN 14 511. „Znamená, že se jedná o tepelné čerpadlo, které má při vstupu tekutiny o teplotě 0 °C z primárního okruhu, na výstupu do sekundárního okruhu tekutinu o teplotě 35 °C topný faktor 4,5. EN 14 511 znamená, že měření proběhlo v exaktních podmínkách dle metodiky normy EN 14 511.“ [5]

## 1.2 Druhy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla jsou rozdělena podle typu nízkopotenciální energie, kterou využívá jako zdroj pro svoji funkci. Což znamená, že odebírají teplo z různých zdrojů v okolí a předávají ho dále. Jako základní zdroje jsou používány voda, vzduch, země nebo jejich kombinace. [5, 9, 10]

### 1.2.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

#### Vzduch odebíraný z venku

Druh tepelného čerpadla, který pracuje na principu odebírání tepla ze vzduchu. Teplo je dále předáváno do vnitřního okruhu tepelného čerpadla, což znamená chladiivo. Chladiivo jej předá vodě, která ohřívá vodu na topení nebo jako užitkovou.

Provoz tepelného čerpadla je silně ovlivněn vnějšími podmínky. Čím je teplota venkovního vzduchu vyšší, tím tepelné čerpadlo dosahuje vyššího výkonu. Nicméně to funguje i obráceně. Nižší teplota vzduchu venku, snižuje výrazně jeho výkon. TČ dokáží pracovat i v teplotách pod bodem mrazu. V současnosti můžeme pořídit TČ, která dokáží pracovat o teplotách -10 °C až -15 °C. Je ale nutné k TČ pořídit nějaký jiný zdroj, který bude dodávat teplo. Nejčastěji je takovýto zdroj řešen bivalentním zapojením. To znamená, využití dalšího zdroje tepla, například elektrokotle. [5, 9, 10]

TČ pracuje i za nižších teplot. Ale tento způsob je založený na tom, že elektrokotel dodává čerpadlu všechno teplo. Tepelné čerpadlo je vhodné používat v místech, kde teplota vzduchu neklesá pod  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Proto umístění v horských oblastech není ekonomické a náklady na provoz mohou být vyšší. TČ může být za chodu velmi hlučné. Hodnota hluku se pohybuje okolo 40 dB. [5, 9, 10]



Obr. 3 Ukázka TČ vzduch/voda [38]

### Vzduch odebíraný z interiéru

Je také možnost využít TČ, které bude odebírat vzduch z interiéru budovy. Vzduch je do interiéru budovy nasáván větráním. Což lze využít tak, že obvyklá teplota uvnitř budov se pohybuje kolem  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Při těchto teplotách bude mít TČ poměrně vysoký výkon. Získané teplo se dále používá na topení nebo na ohřev vody. Tento systém získání tepla je dobrý, ale vzduch proudící do budovy větráním je omezený. Tím lze získat jen omezené množství tepla. Pro zvýšení účinnosti TČ bývá připojen elektrokotel. [5, 9, 10]

### 1.2.2 Tepelné čerpadlo země/voda

System tepelného čerpadla země/voda je závislý na získávání nízkopotenciální energie ze země a pak následnému ohřívání vody. K získání energie je nutné použít zemní kolektory. Zemních kolektorů existují dva druhy. Jeden druh je označován jako vertikální. Druhý kolektor je nazýván horizontální. [5, 9, 10]

Při aplikaci plošného horizontálního kolektoru (v literatuře nazývaného půdní kolektor) je nutné mít velkou plochu, na které budou prováděny výkopové práce. Půdní kolektor se zavádí do hloubky 1,5 - 2 m. Tyto práce nejsou moc nákladné. [5, 9, 10]

Druhým typem kolektoru je vertikální. V literatuře je označován jako geotermální vrt. Ty jsou výhodné v případě, kdy si nemůžeme dovolit horizontální kolektory, z důvodu nedostatečného místa. Z těchto dvou druhů je vertikální kolektor nejnákladnější. [5, 9, 10]

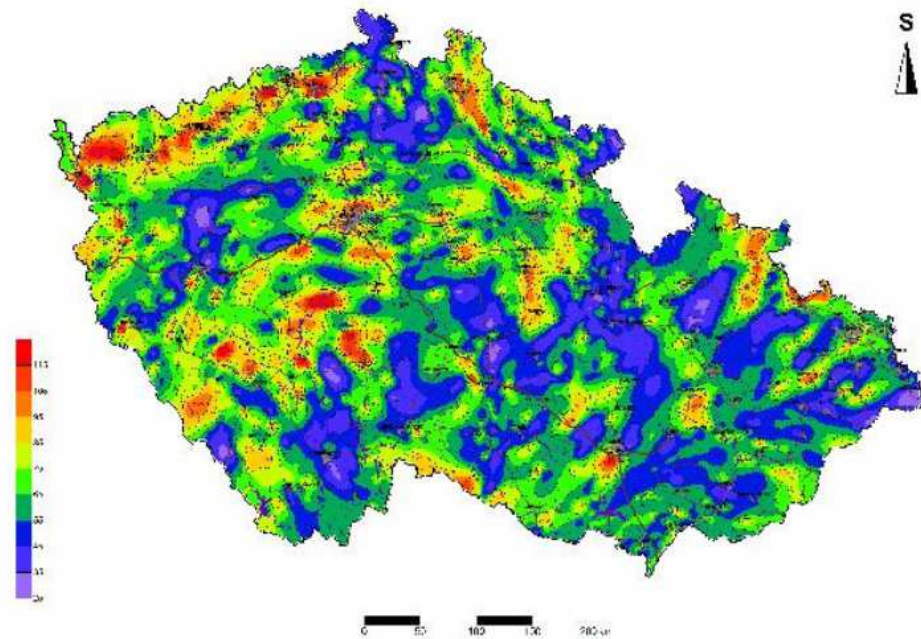
Důležitým faktorem pro výběr kolektoru je tzv. Tepelná vodivost hornin.  $T_a$  se pro každý druh hornin liší. [5, 9, 10]

Tab. 1-Tepelná vodivost hornin v podloží ČR [10]

<b>Hornina/Podloží</b>	<b>Tepelná vodivost</b>	<b>Měrný výkon</b>
	<b>[W/m.K]</b>	<b>[W/m]</b>
Suché horniny (nezpevněné)	<1,5	20
Vodou nasycené nebo pevné horniny	1,5 - 3,0	50
Pevné horniny s vysokou vodivostí	>3,0	70
Suché štěrky a písky	0,4	<20
Zvodnělé štěrky a písky	1,8 - 2,4	55 - 65
Vlhký jíl	1,7	30 - 40
Masivní vápenec	2,8	45 - 60
Pískovec	2,3	55 - 65
Kyselé vyvřeliny (Žula)	3,4	55 -70
Rula	2,9	60 - 70
Čediče	1,7	35 - 55

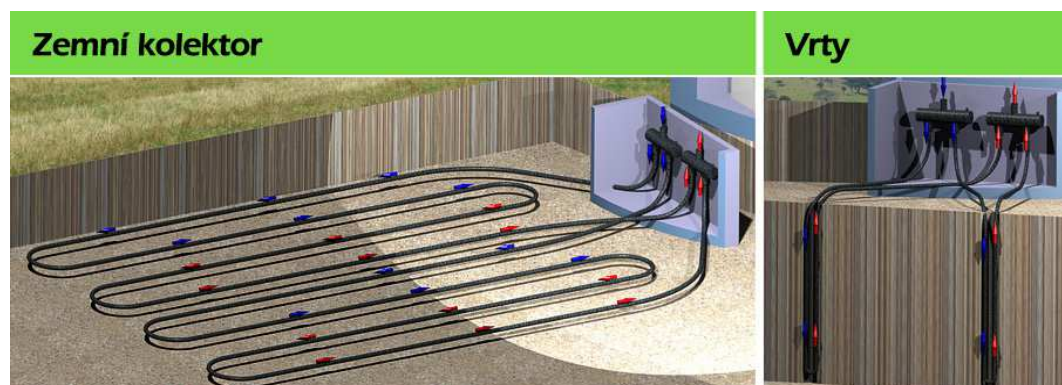
V (Tab. 1) je uveden přehled podloží, pro které se používají geotermální vrty a horizontální kolektory.





Obr. 4 Využití geotermální energie v ČR [3]

Zapojení tepelného čerpadla země/voda se často zapojuje jako bivalentní, což znamená, že k jeho provozu se zapojuje s dalším zdrojem tepla. Nejčastěji se používá elektrický kotel. Tepelné čerpadlo samo pracuje do  $-5$  až  $-8$  °C, poté se aktivuje doplňkový zdroj (elektrický kotel). Tento typ tepelného čerpadla spolehlivě pracuje i při venkovních teplotách nižší než  $25$  °C. Na (Obr. 4) je uvedena mapa ČR, kde lze nejvýhodněji umístit geotermální vrt a plošný kolektor. (Obr. 5) předvádí, jak vypadají horizontální a vertikální kolektory. [5, 9, 10]



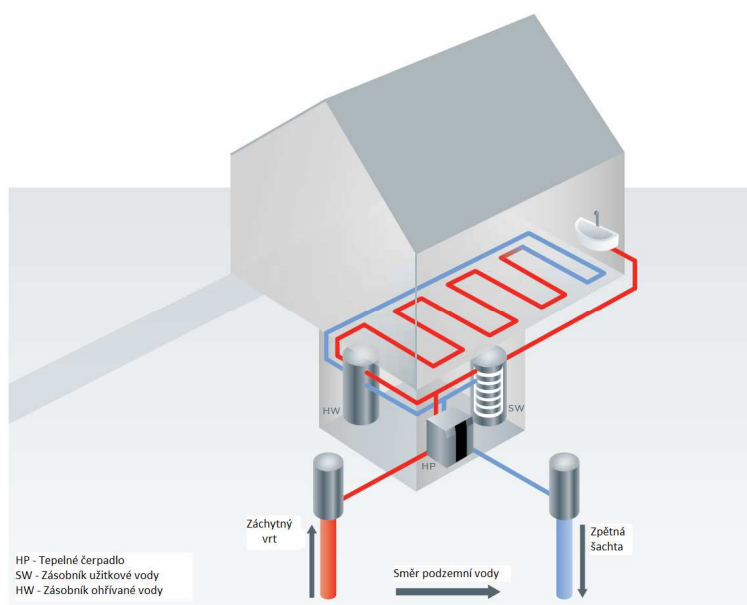
Obr. 5 Ukázka horizontálních a vertikálních kolektorů [12]

### 1.2.3 Tepelné čerpadlo voda/voda

#### Podzemní voda

Tepelné čerpadlo pracující na principu voda/voda má ze všech druhů tepelných čerpadel nejvyšší topný faktor. Což znamená, že nejlépe odebírá teplo ze zdroje vody a poté ho předává do topného okruhu, což je vlastně voda, používaná pro topení. [5, 9, 10]

Pro funkci je potřebné mít dva zdroje podzemní vody. V praxi jsou to dvě studny. Jedna slouží jako zdroj vody, ze kterého je odebírána nízkopotenciální energie ve formě tepla. Ochlazená voda poté putuje do druhé studny. Druhá studna je nazývána jako vsakovací studna. [5, 9, 10]



Obr. 6 Ukázka tepelného čerpadla voda/voda se dvěma studnami [13]

#### Povrchová voda

Takový zdroj lze využít, nicméně použití nemusí být vhodné. Pro dostatečné využití výkonu čerpadla je nutné umístit výměníky do tekoucí vody. Je možné se setkat s několika odběry vody a tepla. [5, 9, 10]

Přímý odběr vody znamená, že je voda odebírána přímo tepelným čerpadlem, jako médium v primárním okruhu výměníku. Voda je získávána z řek, rybníků a potoků.

Při přímém odběru vody může vzniknout několik nevýhod. Jednak je nutný velký průtok vody, aby se zamezilo zamrznání a tak poškození tepelného čerpadla. Voda má v zimním období nižší teplotu než jsou 4 °C. Další nevýhodou je, že skrze výměník nám proudí různé nečistoty, které ho mohou ucpat. [5, 9, 10]

Dále se můžeme setkat s nepřímým odběrem tepla. Odběr tepla probíhá tak, že na dno koryta umístíme kolektor. Ten je spojen s primárním okruhem(s výparníkem). Jeho médiem nejčastěji bývá nemrznoucí směs, která zajišťuje stabilitu, při odběru tepla. Stabilní proto, že primární okruh nezamrzá ani při teplotách nižších než 4°C. Někdy se stává, že povrch kolektoru pokryje led, což snižuje účinnost odběru tepla. V praxi se předchází zamrznání kolektoru tím, že je kolektor velice dlouhý, nebo je přidán druhý. [5, 9, 10]

Pro provoz tepelného čerpadla lze využít i stojatou vodu. Kolektor je vložen na dno místa se stojatou vodou. Což může znamenat rybníky nebo jiné plochy. Zde se počítá využitelný výkon 2 – 8 W na 1m<sup>2</sup>. Stojatá voda má větší tendenci zamrznat, což znamená, že častěji zamrzá kolektor. A výkon tepelného čerpadla klesá. Jako v předešlém případě lze vyřešit zamrznání, přidáním dalšího kolektoru. [5, 9, 10]

Ve všech případech se musí dodržovat různé požadavky na životní prostředí a požadavky vodohospodářů. V případě stojaté vody musíme dávat pozor, aby se voda příliš neochladila. Tím můžeme způsobit zahynutí některých živočichů a rostlin. [5, 9, 10]

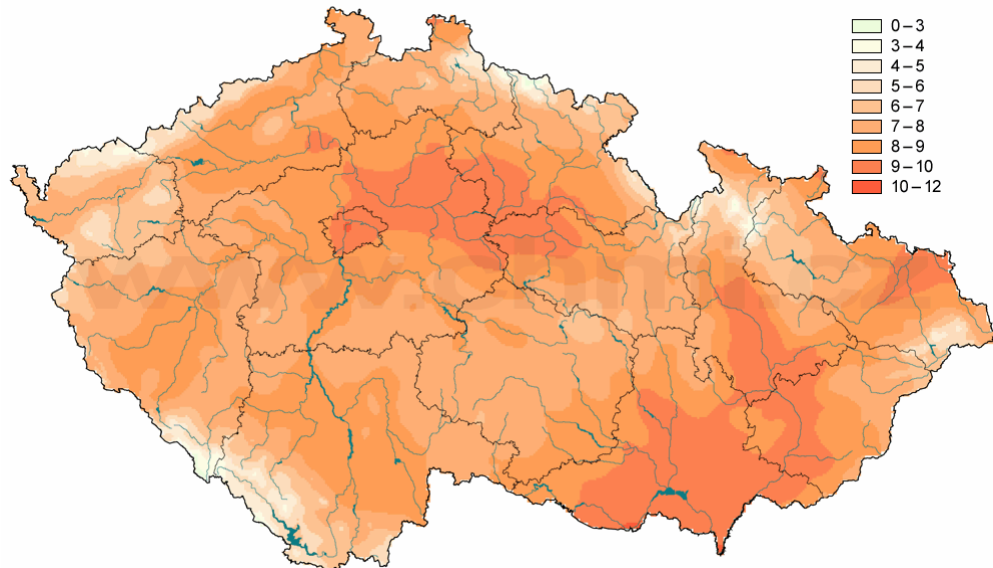
### **1.3 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel**

Výhody a nevýhody tepelných čerpadel se liší podle toho s jakými médii pracují. Tedy jestli pracují jako vzduch/voda, země/voda, voda/voda, vzduch/vzduch.

#### **1.3.1 Vzduch/voda**

Výhoda tepelného čerpadla vzduch/voda je, že jeho pořizovací cena je nižší než u jiného druhu TČ. Náklady na investici činní od 100 000 Kč, protože zde jsou nutné minimální stavební práce. Další výhodou je snadná instalace při zavádění tepelného čerpadla. Také je u tohoto typu čerpadla vysoký topný faktor.

Největší nevýhodou tepelného čerpadla je, že jeho účinnost, tzn. topný faktor klesá s teplotou okolí. Nutno zapojit jako bivalentní zapojení což znamená že k tepelnému čerpadlu připojen elektrický kotel. Další nevýhodou je krátká životnost tepelného čerpadla. [5, 9, 11]



Obr. 7 Mapa průměrných teplot v ČR v roce 2013 [14]

Na (Obr. 7) je vidět, že nevhodnost zavedení TČ vzduch/voda je v horských oblastech, kde průměrné roční teploty dosahují 0-4 °C. V zimě teploty v horských oblastech mohou klesat výrazně pod bod mrazu.

### 1.3.2 Země/voda

Výhoda tohoto systému tepelného čerpadla je jeho stabilita. Není totiž ovlivňován vnějšími podmínkami, což mu poskytuje tak stálý topný výkon. Tepelné čerpadlo má velice dlouhou životnost a nízké náklady na provoz. Vrt není moc rozměrný, proto jej lze umístit na malém pozemku. [5, 9, 11]

Nevýhodou je jeho pořizovací cena okolo 300 000 Kč u horizontálního kolektoru. Geotermální vrty mohou vyjít mnohem draž. Cena vrtu je ovlivněna zdrojem potenciální energie. U plošných zemních kolektorů je nutné při instalaci provést výkopové práce. Kolektory se většinou umísťují do hloubky 1,5-2 m. Při použití geotermálních vrtů jako zdroje, je velice nákladné vrt vyvrtat. Také se zde objevuje problém získání stavebního povolení od stavebního úřadu a povolení od vodohospodářského úřadu, aby se zabránilo vrtem znečistit povrchovou vodu. [5, 9, 11]

### 1.3.3 Voda/voda

#### Povrchová voda

System tepelného čerpadla voda/voda má výhodu v tom, že jeho pořizovací cena je velice nízká. Díky nízké pořizovací ceně je doba návratnosti vložených financí poměrně krátká. Také je výhodou vysoký topný faktor. [5, 9, 11]

Velkou nevýhodou je nedostatek vhodných míst, kde lze umístit tepelné čerpadlo. Také je nutné získat stavební povolení, jsou-li využity dvě studny jako zdroj energie. Nebo nutnost získat povolení od vodohospodářů, aby mohli být použity vodní plochy jako zdroje energie. [5, 9, 11]

#### Podzemní voda

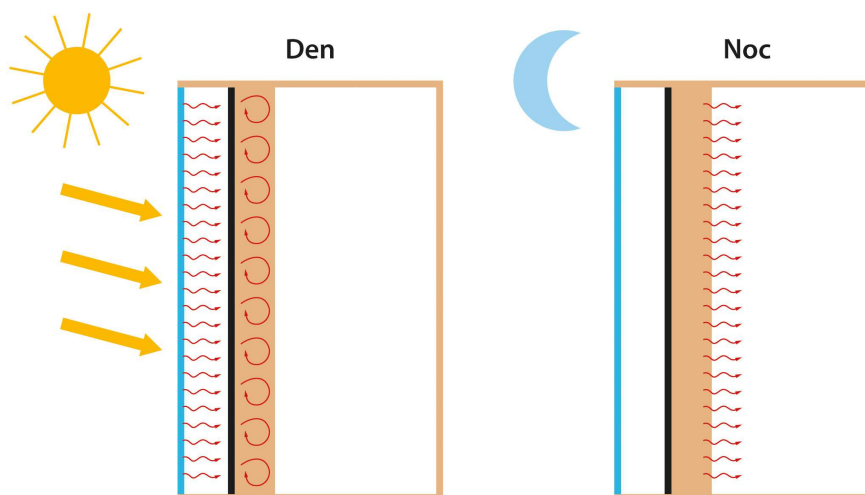
Výhoda tepelného čerpadla je ta, že teplota vody ve zdrojové studni bývá okolo 10 °C. Díky tomu není potřeba bivalentního zapojení a tepelné čerpadlo pracuje samostatně. Dále TČ zajišťuje vysoký topný faktor, nižší pořizovací náklady a doba návratnosti investic je kratší. Pořizovací cena se pohybuje od 200 000 Kč. [5, 9, 11]

Nevýhoda tohoto tepelného čerpadla je taková, že odebíraná voda musí být pojištěna proti výpadku tak, aby výměník nezamrzl. Jinak může dojít k poškození tepelného čerpadla. Dále je nutné, aby byla vydatnost pramene větší, aspoň 0,5 l/s. Vydatnost pramene znamená, kolik vody vyvěrá za dobu času. Nejčastěji se označuje v litrech za sekundu. [5, 9, 11]

## 2 Trombeho stěna

### 2.1 Základní princip Trombeho stěny

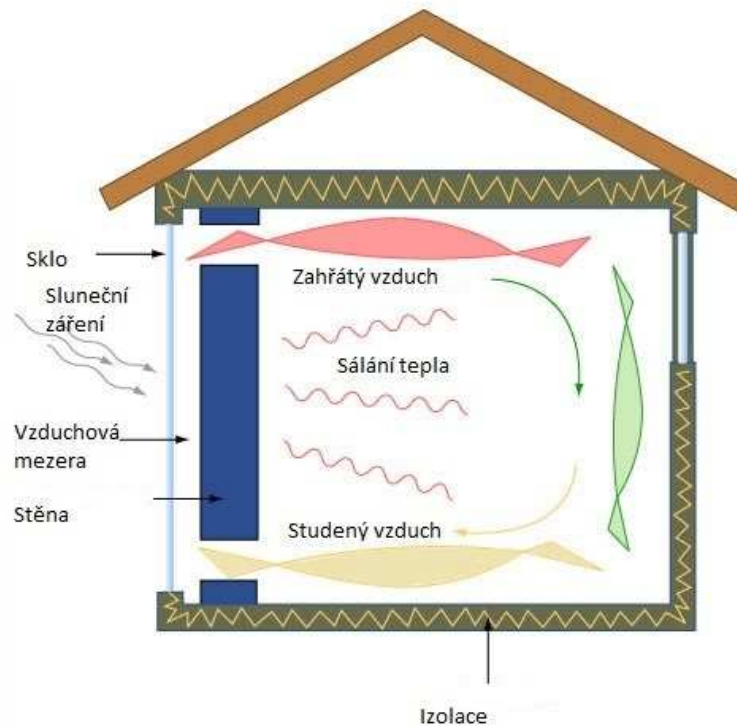
Princip Trombeho stěny funguje na technologii vzduchového akumulčního kolektoru. Trombeho stěnu lze rozdělit dvěma pracovními funkcemi. První tzv. Primární funkce, je ohřev zdi. Zeď pro využití principu Trombeho stěny by měla být orientována na jih nebo jihozápad. Pro TS jsou lépe využitelné staré zdi z pálených cihel, ale také vápencové cihly, kámen a beton. Na stěnu se využívá nátěr z izolační glazury. Nejčastěji se využívá černý nátěr, protože nejlépe pohlcuje teplo. Přenos energie ze slunečního záření do černě natřené zdi probíhá pomocí tepla. Přes den, kdy svítí slunce je stěna zahřívána a teplo se akumuluje uvnitř. Jakmile přestane svítit slunce na TS zastaví se i akumulace energie. Teplo naakumulované ve zdi se začne uvolňovat sáláním a tím je zajištěno vytápění objektu během noci. [15,16,17]



Obr. 8 Primární funkce Trombeho stěny [15]

Sekundární funkce TS je ta, že se využívá proudění vzduchu. V určité vzdálenosti od černě natřené stěny, která se pohybuje mezi 10 – 20 cm je umístěna skleněná plocha. Ve stěně jsou vytvořeny otvory ve dvou odlišných výškách. Jedny otvory jsou umístěny u stropu a další u podlahy. Otvory zajišťují cirkulaci vzduchu. Cirkulace vzduchu probíhá díky skleněné ploše umístěné před stěnou. Skleněná plocha funguje jako skleník, kde se za pomoci slunečního záření zahřívá vzduch. Ohřátý vzduch vstupuje vzhůru k otvoru na horní části stěny a následně je vypouštěn do místnosti. Studený vzduch v místnosti klesá k podlaze a dostává se k otvoru. Projde jím do TS a je znovu ohříván. [15,16,17]

TS nemusí být přímo instalovaná na objektu na kterém má pracovat. Lze i TS instalovat na odlišný objekt. Tu je pak nutné spojit vzduchovým systémem. Pro lepší cirkulaci vzduchu se mohou využít ventilátory. [15,16,17]



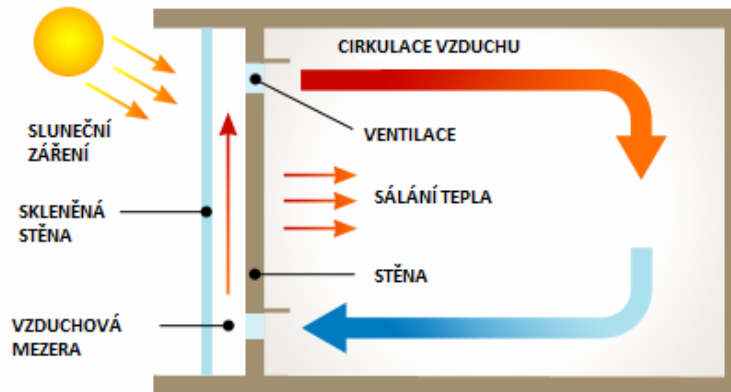
Obr. 9 Sekundární princip Trombeho stěny [18]

## 2.2 Provoz Trombeho stěny

Trombeho stěna je provozována celý rok. V určitém ročním období musí TS pracovat rozdílně, aby se co nejvíce využil její potenciál.

### 2.2.1 Období podzim až jaro

Dopadem slunečního záření na TS je akumulována energie ve formě tepla ve stěně objektu, ze které pak sálá do vnitřní části objektu. Vzduch ve vzduchové mezeře je energií ze slunce zahříván a vstoupá vzhůru a dále proudí do vnitřku objektu. [15,16]

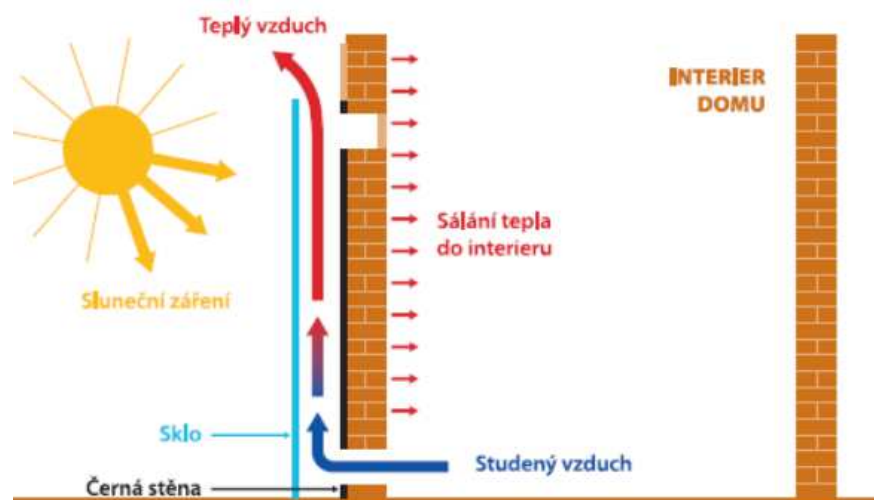


Obr.10 Trombeho stěna- Provoz podzim až jaro [19]

### 2.2.2 Letní období

V létě TS pracuje na stejném principu, nicméně je její funkce odlišná. Nejedná se zde o vyhřívání objektu, protože by byl objekt přehřán a tím by se snížil teplotní komfort. Proto je TS použito pro chlazení. To znamená, že na TS dopadá sluneční energie. Stěna akumuluje teplo a sáláním ho předá do místnosti. Funguje i cirkulace vzduchu, ale je pozměněná. Studený vzduch z vnitřní části objektu proudí do vzduchové mezery TS. Tak je ohříván a tím stoupá vzhůru. Změna přichází, když je zavřen ventil, který umožňuje ovlivňovat proudění vzduchu do vnitřní části objektu. Ohřátý vzduch proto uniká ven z TS do ovzduší. [15,16]

Často bývá na druhé straně místnosti další ventil s otvorem, který umožňují studenému vzduchu proudit dovnitř. Tím je zaručena výměna vzduchu a následné chlazení. [15,16]



Obr.11 Trombeho stěna- Provoz v letním období [15]

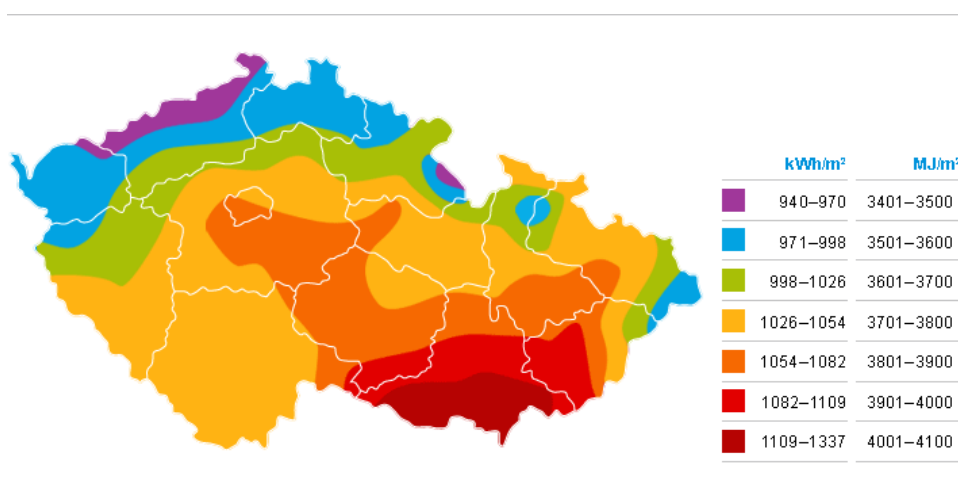


### 2.3 Výhody a nevýhody využití Trombeho stěny a její aplikace v ČR

Největší výhodou TS je její jednoduchost, tím je zajištěno, že nejsou potřeba vysoké náklady na instalaci a provoz. TS má nízké tepelné ztráty a projevuje se vyšší účinností na přeměnu sluneční energie než u solárních panelů. [15,16]

Nevýhoda nastává při přitápění v objektu, protože TS je umísťována na jižní stranu objektu a tím je zde větší teplo než v ostatních částech objektu. Další nevýhoda nastává při špatné izolaci (použitím jednoduchého skla namísto dvojitého skla). Při nedostatku slunečního záření dochází k tepelným ztrátám z naakumulovaného tepla. [15,16]

Pro zamezení tepelných ztrát je nutné instalovat izolační dvojsklo nebo izolační rolety, které pomáhají udržet naakumulovanou energii. [15,16]



Obr. 12 Mapa solárního záření v ČR [20]

Nezbytnost pro aplikaci TS v České Republice je nutné zjistit stav energie slunečního záření. Pro správné fungování TS je nutné, aby na stěnu dopadalo co nejvíce energie. Z mapy je patrné, že nejmenší energie slunečního záření je v Ústeckém, Karlovarském a Libereckém kraji. Proto instalace TS ve výše zmiňovaných krajích nejsou dobré podmínky. Nejlepší podmínky pro pořízení a instalaci TS je v Jihomoravském kraji a na Vysočině.

V ostatních krajích ČR je možné aplikovat TS a využít jí jako přitápění objektu. Zde, ale vystává problém. Sluneční záření má vyšší energii než na severu ČR, nicméně v zimním

období provozu TS je potřebné, aby na skleněnou plochu TS dopadaly sluneční paprsky s maximální efektivitou. Jinak je snížena účinnost TS.

Aplikace TS je nejlepší na objekty, které byly postaveny v dřívějších dobách a jejich zdi jsou tvořeny z cihel nebo méně izolačních materiálů. Nové budovy jsou často stavěny z izolačního materiálu, který zamezuje tepelným ztrátám z objektu do okolí. Tím je omezen primární princip TS, protože stěna nedokáže dostatečně naakumulovat energii získanou ze slunečního záření. Takových objektů je v ČR velká spousta a zároveň může TS skýtat zajímavý prvek architektury.

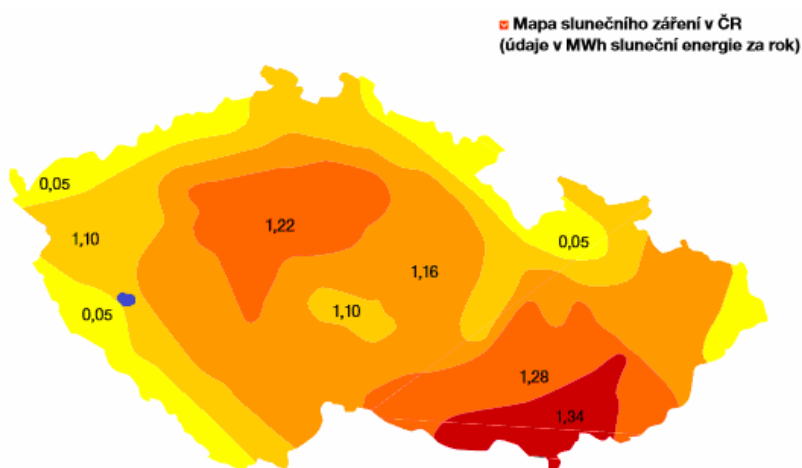
### 3 Výpočet tepelných ztrát pro návrh TS a TČ

#### 3.1 Vybraný objekt

Pro návrh tepelného čerpadla a Trombeho stěny byl vybrán rodinný dům. Dům byl postaven před 70 lety a nachází se ve vesnici Ohučově (49°34'10,6"N, 13°04'40,1"E), okres Domažlický, kraj Plzeňský. Nadmořská výška domu je 361 m.n.m. Teploty během roku a množství energie slunečního záření jsou uvedeny v (Tab. 2).

Tab. 2 Průměrné teploty a sluneční záře [23]

Měsíc	H (kWh/m <sup>2</sup> )	T (°C)
Leden	30,3	-0,4
Únor	48,4	0
Březen	86,4	3,9
Duben	94,8	9,1
Květen	85,5	13,8
Červen	80,6	17,1
Červenec	84	18,7
Srpen	89,8	18,4
Září	83,3	13,8
Říjen	67,1	8,9
Listopad	34,6	3,9
Prosinec	27,9	0,2
<b>Rok</b>	<b>813</b>	<b>8,95</b>



Obr. 13 Mapa solárního záření ČR s umístěním rodinného domu [29]

Na (Obr. 13) je zobrazena mapa solárního záření v ČR za jeden rok s umístěným bodem (modrý), kde se nachází rodinný dům.

Rodinný dům má dvě podlaží. V prvním podlaží se nacházejí dva pokoje, obývací pokoj, kuchyně, chodba, koupelna, WC a veranda. Druhé podlaží je podkroví, ve kterém je pokoj, ložnice a knihovna. První podlaží je před rekonstrukcí a není zateplené. Podkroví je tři roky po rekonstrukci. V příloze 6 jsou uvedeny rozměry rodinného domu.

### 3.2 Zjištění tepelných ztrát rodinného domu

Ke zjištění tepelných ztrát vybraného rodinného domu byl využit postup výpočtu ztrát ochlazovaných ploch. Tato metoda spočívá v tom, že všechny ochlazované plochy rodinného domu jsou rozděleny na jednotlivé konstrukce (obálky). U každé konstrukce se dále zjišťuje odpor při prostupu tepla konstrukce  $R$  a tepelná vodivost  $\lambda_u$ . Z předchozích dvou veličin se výpočtem získá součinitel prostupu tepla konstrukce  $U$ . Podklady k výpočtu byly převzaty z normy ČSN 73 0540-3, kde jsou uvedeny návrhové součinitele tepelné vodivosti  $\lambda_u$ , protože dům je starý, nebylo možné dohledat podklady od výrobců a dodavatelů.

Pro výpočet tepelných ztrát rodinného domu bylo nutné definovat pevné hodnoty, tak aby se v celém průběhu výpočtu počítalo s nimi. V (Tab. 3) jsou uvedeny teploty v interiéru domu. Pro výpočet byla zvolena teplota interiéru  $t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Výpočtová vnější teplota je  $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Tab.3 Přehled teplot místností v rodinném domě

<b>Vytápěné místnosti</b>	<b>t (°C)</b>
Pokoj	20
Obývací pokoj	20
Kuchyně	20
Chodba	20
Koupelna	20
WC	20
Knihovna	20
Schodiště	20
Ložnice	20
<b>Nevytápěné místnosti</b>	<b>t (°C)</b>
Veranda	10
Sklep	5

Aby bylo možné získat pro výpočet hodnoty součinitele prostupu tepla, byl využit vzorec:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + 0,017 + 0,634 + 0,017 + 0,04} = 1,19 \text{ W / m}^2 \text{ K} \quad (4)$$

kde

$R_{si}$  ... je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [ $m^2K/W$ ]

$R_{se}$  ... je odpor při přestupu tepla na vnější straně [ $m^2K/W$ ]

Tyto odpory se číselně liší s ohledem na to, kde se konstrukce nachází. V (Tab. 4) jsou uvedeny hodnoty  $R_{SE}$  a  $R_{SI}$ . Odpor při přestupu stavebních konstrukcí  $R$  je uveden v normě ČSN 73 0540-3 a pro každý stavební materiál je odlišný.

Tab.4 Přehled odporů při přestupu tepla

	<b>Stěna</b>	<b>Střecha/Strop</b>	<b>Podlaha</b>
$R_{SI}$ [ $m^2K/W$ ]	0,13	0,1	0,17
$R_{SE}$ [ $m^2K/W$ ]	0,04	Pro exteriéry	

Přehled všech stavebních konstrukcí, použitých v této práci jsou uvedeny v (Tab. 5). Ostatní skladby konstrukce jsou uvedeny v příloze 1 v (Tab. 1-6). [21,22]

Tab.5 Skladba konstrukce 1.Patro- Obvodová stěna

<b>Składba konstrukcí</b>	<b>d</b> <b>[m]</b>	<b><math>\lambda u</math></b> <b>[<math>W/m^2K</math>]</b>	<b>R</b> <b>[<math>m^2K/W</math>]</b>
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017
Pálená cihla	0,45	0,71	0,634
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017
$R_{si}$ [ $m^2K/W$ ]	0,13		
$R_{se}$ [ $m^2K/W$ ]	0,04		
Součinitel prostupu tepla	U		
	[ $W/m^2K$ ]		
	1,19		

### 3.3 Výpočet tepelných ztrát objektu

Tepelné ztráty celkové jsou dány dvěma dílčími ztrátami. Jedny ztráty jsou prostupem tepla skrze konstrukce objektu. Druhé ztráty jsou dány větráním v objektu. [22, 24, 25]

Tepelné ztráty prostupem jsou počítány pomocí vztahu:

$$Q_o = U * S * (t_i - t_e) \quad (5)$$

kde

$Q_o$	... Základní tepelná ztráta [W]
$U$	... Součinitel prostupu tepla [ $W/m^2K$ ]
$S$	... Plocha konstrukce [ $m^2$ ]
$t_i$	... Výpočtová teplota v interiéru [ $^{\circ}C$ ]
$t_e$	... Výpočtová teplota venkovní [ $^{\circ}C$ ]

Ztráty prostupem tepla jsou definovány:

$$Q_p = Q_o * (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (6)$$

kde

$Q_p$	... Tepelná ztráta prostupem tepla [W]
$p_1$	... Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí
$p_2$	... Přirážka na urychlení zátoku
$p_3$	... Přirážka na světovou stranu

Další ztrátou je ztráty větráním, která je získávána pomocí vztahu: [22, 24, 25]

$$Q_v = 1300 * \frac{\eta_h}{3600} * V_m * (t_i - t_e) \quad (7)$$

kde

$Q_v$	... Tepelná ztráta větráním [W]
$V_m$	... Vnitřní objem větraného vzduchu [ $m^3$ ]
$\eta_h$	... Intenzita výměny vzduchu [ $h^{-1}$ ] (pro obytné budovy rovno 0,5)

Celkové tepelné ztráty se vypočítají podle výrazu:

$$Q_C = Q_p + Q_v \quad (8)$$

### 3.3.1 Výpočet ztrát pro jednu místnost

Výpočet ztrát pro pokoj v 1. Podlaží:

$$Q_o = U * S * (t_i - t_e) = 1,19 * 39,48 * 35 = 1449,2W \quad (9)$$

Výpočet základních ztrát je uveden je pro obvodovou zeď. V (Tab. 6) jsou uvedeny výpočty všech konstrukcí v místnosti.

$$Q_p = Q_o * (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 1809,1 * (1 + 0,078 + 0 + 0,1) = 2130,75W \quad (10)$$

Ve výpočtu (10) jsou uvedeny základní ztráty pro celou místnost. [22, 24, 25]

$$Q_v = 1300 * \frac{\eta_h}{3600} * V_m * (t_i - t_e) = 1300 * \frac{0,5}{3600} * 64,26 * 35 = 406,09W \quad (11)$$

Celková ztráta místnosti:

$$Q_c = Q_p + Q_v = 2130,75 + 406,09 = 2536,84W \quad (12)$$

Ostatní tepelné ztráty pro další místnosti jsou uvedeny v příloze 2 v (Tab. 7 - 18).

Tab. 6 Výpočet tepelných ztrát místnost

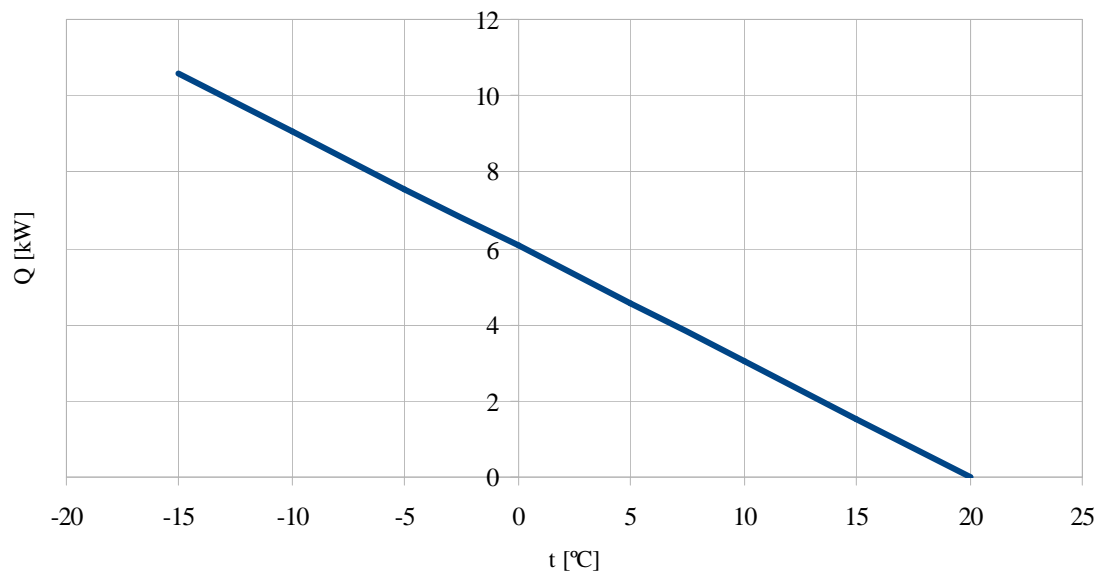
1.Patro	$t_{sklep}$ [°C]	5	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,519
Pokoj_1	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,078
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	39,48	34,7944	1,19	1449,2	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	2,867 6		2,9	291,1	$p_3$	0,1
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	1,818		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	406,09
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	14,28	12,462	1,4	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	2536,8 4
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	22,95		0,2	68,9		
Strop	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	22,95		0,16			
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	99,66	$Q_o$ [W]	1809,1		
Dveře(počet )	1	$Q_p$ [W]	2130,750 9	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	64,26		

### 3.4 Celkové tepelné ztráty rodinného domu

Celkové tepelné ztráty rodinného objektu jsou dány dle (8). [22, 24, 25]

$$Q_C = Q_P + Q_V = 8890,86 + 1665,92 = 10556,8W \quad (13)$$

Tepelná ztráta rodinného domu



Obr. 14 Křivka tepelné ztráty rodinného domu

Na (Obr. 14) je uvedena křivka tepelných ztrát rodinného domu, kde lze vidět, jak jsou ovlivněny tepelné ztráty s nárůstem nebo poklesem venkovních teplot.

### 3.5 Výpočet roční potřeby tepla pro rodinný dům

Tento výpočet je situován za pomoci denostupňové metody, která vychází z potřeby topení pro celou topnou sezónu. Pro rodinný dům byla stanovena topná sezóna na  $d = 230$  dní. Dále je potřeba znát vnitřní teplotu rodinného domu, která je  $t_i = 20$  °C. A průměrnou venkovní teplotu za topnou sezónu, která je vypočítána z (Tab. 2).

$$D = d * (t_i - t_{em}) = 230 * (20 - 4,49) = 3107,2[\text{denostupně}] \quad (14)$$



Výpočet roční potřeby tepla je uváděn jako topení a ohřev užitkové vody. Pro tento výpočet není využíván ohřev užitkové vody.

$$Q = \frac{24 * Q_N * D}{t_i - t_e} = \frac{24 * 10,56 * 3107,2}{35} = 22500 \text{ kWh/rok} \quad (15)$$

kde

Q ... Celková potřeba tepla pro domácnost [kWh/rok]

$Q_N$  ... Tepelná ztráta rodinného domu [W]

$t_i$  ... Výpočtová teplota interiéru [°C]

$t_e$  ... Výpočtová teplota vnější [°C]

## 4 Návrh tepelného čerpadla

Pro správný návrh tepelného čerpadla je potřebné nejdříve rozhodnout, jak bude tepelné čerpadlo zapojeno. Je možné vybrat z několika zapojení. Tepelné čerpadlo lze zapojit jako monovalentní zdroj energie. To znamená, že výkon tepelného čerpadla pokrývá 100 % tepelné ztráty objektu. Z tohoto vyplývá potřeba dimenzování tepelného čerpadla tak, aby při poklesu venkovních teplot pokrýval zvyšující se tepelnou ztrátu rodinného domu. Dalším druhem zapojení je bivalentní zapojení s přidáním dodatkového zdroje energie.

Správný návrh tepelného čerpadla záleží na jeho správném dimenzování. Různé druhy tepelných čerpadel jsou dimenzovány odlišně. Tepelné čerpadlo voda/voda je dimenzováno na 70 - 80 % ztrát rodinného domu. V tomto případě je potřeba tepelné čerpadlo s výkonem 7,42 - 8,48 kW. Totožná hodnota výkonu tepelného čerpadla platí pro země/voda. Pro tepelné čerpadlo vzduch/voda se dimenzuje na 70 - 90 % ztrát rodinného domu, což udává tepelný výkon čerpadla v rozmezí 7,42 - 9,54 kW. Vybraný výkon tepelného čerpadla udává na výkonové křivce tzv. bod bivalence. Bod bivalence nám rozděluje oblast, kdy tepelné čerpadlo dokáže samostatně pokrýt ztráty a kdy je nutné dodat jinou energii k pokrytí ztrát. [36]

Pro návrh tepelného čerpadla byly vybrány dvě tepelná čerpadla vzduch/voda a země/voda. Tepelné čerpadlo vzduch/voda bylo dimenzováno na 74 % ztrát rodinného domu (7,83 kW). Druhé tepelné čerpadlo země/voda bylo dimenzováno na 77,4 % ztrát rodinného domu (8,2 kW).

Z důvodu pozdějšího porovnání návrhu tepelného čerpadla s návrhem Trombeho stěny, bylo tepelné čerpadlo navrhováno jen k vytápění.

Návrh tepelného čerpadla byl zhotoven za pomoci výpočetního programu NTC. Aby byl návrh co nejpřesnější, bylo potřebné do programu zavést vstupní parametry. Prvním parametrem byla teplota každou hodinu po celý rok. Jako další parametr bylo třeba vybrat tepelná čerpadla a jejich základní provozní parametry (výkon, příkon a topný faktor). Na trhu je mnoho výrobců tepelných čerpadel, ale pro návrhy byly vybrány tepelná čerpadla od firmy Regulus z důvodu, že firma má dlouholetou tradici vývoje TČ. [28]

#### 4.1 Návrh tepelného čerpadla vzduch/voda

Zvolené tepelné čerpadlo pro rodinný dům je EcoAir408 od výrobce CTC Heating. [27, 28]

Tab. 7 Výkonové parametry zvoleného TČ

Výkonové parametry TČ:	A7/W35	
Výkon (P):	7,83	[kW]
Příkon ( $P_p$ ):	1,62	[kW]
Topný faktor (COP):	6,02	[-]

V (Tab. 7) jsou uvedeny technické parametry vybraného tepelného čerpadla. Na jeho základě byl zhotoven návrh, který je k dispozici v příloze 3, (Tab. 19). TČ ročně dodá  $Q_{t\check{e},rok} = 21\,900$  kWh. Potřebná roční teplota je  $Q_{p/rok} = 22\,500$  kWh. Proto je připojen sekundární zdroj k dodání energie. Celkové náklady na pořízení jsou 203 311 Kč a provozní náklady jsou 16 837 Kč.

#### 4.2 Návrh tepelného čerpadla země/voda

Zvolené tepelné čerpadlo pro rodinný dům je EcoPart408 od výrobce CTC Heating. [27, 28]

Tab. 8 Výkonové parametry zvoleného čerpadla

Výkonové parametry TČ:	B0/W35	
Výkon (P):	8,2	[kW]
Příkon ( $P_p$ ):	1,79	[kW]
Topný faktor (COP):	4,58	[-]

Tabulka 8 udává technické parametry TČ země/voda. Návrh k tomuto TČ je v příloze 3, (Tab. 20). TČ ročně dodá  $Q_{t\check{e},rok} = 22\,490$  kWh. Zbytek dodá sekundární zdroj. Celkové náklady na pořízení jsou 313 958 Kč a provozní roční náklady jsou 18 848 Kč.

### 4.3 Porovnání návrhů tepelného čerpadla

V příloze 4 jsou jasně vidět výkonové charakteristiky obou tepelných čerpadel, jak pracují v závislosti na teplotě okolí. Nejdříve je nutné vědět, že grafické průběhy jsou bilanční a tudíž ukazují jaký je výkon TČ po celý rok při dané teplotě okolí. Z grafů lze vyčíst, jakou energii je potřeba k vytopení rodinného domu a jaký zdroj potřebnou energii dodává.

Pro oba návrhy tepelného čerpadla byl použit stejný dodatečný(sekundární) zdroj energie k vytápění a tím zdrojem je elektropatrona s výkonem 2 kW. Takový výkon byl vybrán zvláště pro tepelné čerpadlo vzduch/voda, protože jeho topný výkon je silně závislý na venkovní teplotě v okolí. Pro oba návrhy se také uvažuje tarif D55d od společnosti ČEZ, který je zvláště pro TČ a jeho cena je 2,3 Kč/1kWh. [37]

Z návrh tepelného čerpadla vzduch/voda je vidět nižší pořizovací cena, protože zde nejsou potřebné větší stavební práce než je tomu u TČ země/voda. Pro návrh tepelného čerpadla země/voda byl vybrán geotermální vrt z důvodu úspory místa a ten cenu celého návrhu výrazně navýší. Nicméně tuto cenu kompenzuje stálý tepelný výkon TČ.

Porovnáním obou návrhů byl vybrán návrh tepelného čerpadla vzduch/voda k závěrečnému porovnání s návrhem Trombeho stěny. Při výběru bylo dbáno na to, že venkovní teploty jsou pod  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  jen několikrát za otopné období a energii potřebnou k topení lze dodat dodatečným zdrojem energie.

## 5 Návrh Trombeho stěny

Dalším způsobem jak vytopit vybraný rodinný dům je instalací Trombeho stěny. Pro Trombeho stěnu byla vybrána jižní stěna domu. Na (Obr. 15) je fotografie rodinného domu, kde je šipkou označena stěna, na kterou se umístí Trombeho stěna. Rozměry stěny jsou 652 x 380 cm. Při instalaci TS se počítá s odstraněním přístřešku a keře, aby se zvýšilo množství dopadajícího slunečního záření. V příloze 8, (Obr. 6) je jednoduchý náčrtek bokorysu s umístěním TS.



Obr. 15 Umístění TS na rodinný dům

### 5.1 Výpočet tepelných zisků

Návrh byl zpracováván dle normy ČSN 730542, ze které je uveden postup pro výpočet tepelných zisků, získaných ze solárního záření. [29, 30, 31]

Ke zjištění tepelných zisků se využívá vztah: [29, 30, 31]

$$E_{Zm} = E_{gm} * A_{ok} * T * c_m * c_n \quad (16)$$

kde

$E_{Zm}$  ... Průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření [kWh/měs]

$E_{gm}$  ... Globální sluneční záření [kWh/m<sup>2</sup>.měs]

$A_{ok}$  ... Plocha průsvitné části okna [m<sup>2</sup>]

- T ... Celková propustnost slunečního záření okna [-]  
 $c_m$  ... Činitel využití slunečního záření [-]  
 $c_n$  ... Činitel korigující skutečnost [-]

Pro výpočet celkové propustnosti slunečního záření okna T se využívá vztah: [29, 30]

$$T = T_1 * T_2 * T_3 \quad (17)$$

kde

- T ... Celková propustnost slunečního záření okna [-]  
 $T_1$  ... Propustnost slunečního záření zasklení [-]  
 $T_2$  ... Znečištění zasklení [-]  
 $T_3$  ... Činitel stínění okna [-]

### 5.1.1 Výpočet tepelných zisků TS rodinného domu

Potřebné dílčí hodnoty pro výpočet tepelných zisků jsou uvedeny v tabulce č. 11. [29, 30, 31]

Tab. 11 Dílčí hodnoty pro výpočet

$T_1$ [-]	0,81
$T_2$ [-]	0,9
$T_3$ [-]	0,9
$c_m$ [-]	0,8
$c_n$ [-]	0,9

Pro  $T_1$  byla vybrána hodnota propustnosti pro dvě skla.  $T_2$  se uvažuje hodnota, která je v (Tab. 11), když jiná není známá.  $T_3$  bylo vybráno pro dvojité sklo, jehož hodnota je v (Tab. 11). A celková plocha TS je  $A = 24,776 \text{ m}^2$ . Pro výpočet je bráno  $A = 24 \text{ m}^2$ , protože TS má rám, který neumožňuje využít sluneční záření. [29, 30]

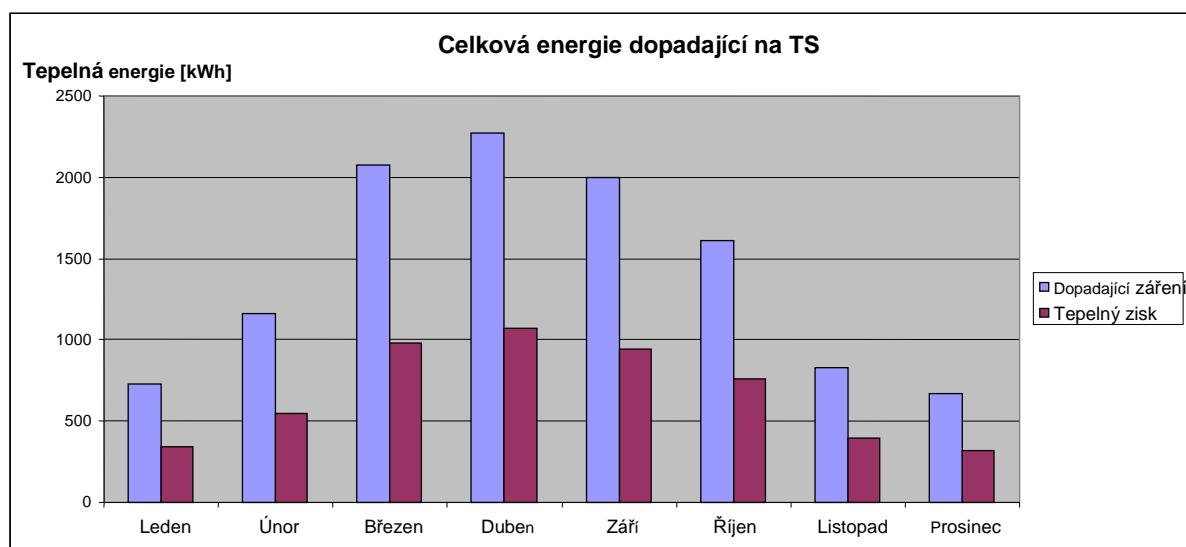
Pro názornost je vypočtena výsledná hodnota průměrného tepelného zisku zasklení ze slunečního záření pro měsíc leden (18). Ostatní měsíce v otopném období jsou uvedeny v (Tab. 12). Tím byla spočtena celková energie, která dopadne na TS. [29, 30]

$$E_{Zm} = E_{gm} * A_{ok} * T * c_m * c_n = 30,3 * 24 * 0,6561 * 0,8 * 0,9 = 343,52 \text{ kWh} \quad (18)$$

Tab. 12 Výpočet celkových tepelných zisků

Měsíce	$E_{gm}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$T_1$ [-]	Tepelný zisk [kWh]
Leden	30,3	0,81	343,52
Únor	48,4	$T_2$ [-]	548,73
Březen	86,4	0,9	979,55
Duben	94,8	$T_3$ [-]	1 074,79
Září	83,3	0,9	944,41
Říjen	67,1	$c_m$ [-]	760,74
Listopad	34,6	0,8	392,27
Prosinec	27,9	$c_n$ [-]	316,31
Sluneční záření za otopnou sezonu	472,8	0,9	5 360,33

Na (Obr. 16) je zaznamenána celková energie TS v topném období. Modré sloupce představují sluneční záření, které na TS dopadá. Červené sloupce reprezentují využitelnou energii, která je akumulována do stěny. Skrze TS projde jen necelá polovina sluneční energie. Ztráty, které vznikají odrazem slunečních paprsků od skla a stíněním dosahují 5 986,87 kWh.



Obr. 16 Graf dopadající energie na TS

## 5.2 Výpočet tepelné kapacity konstrukce

Primární funkcí TS je akumulace tepla. Díky předchozí kapitole je známo, kolik energie dopadne na TS. Dále dopadající energie se musí někde naakumulovat. [31, 32] Pro výpočet tepelné kapacity se využívá vztah:

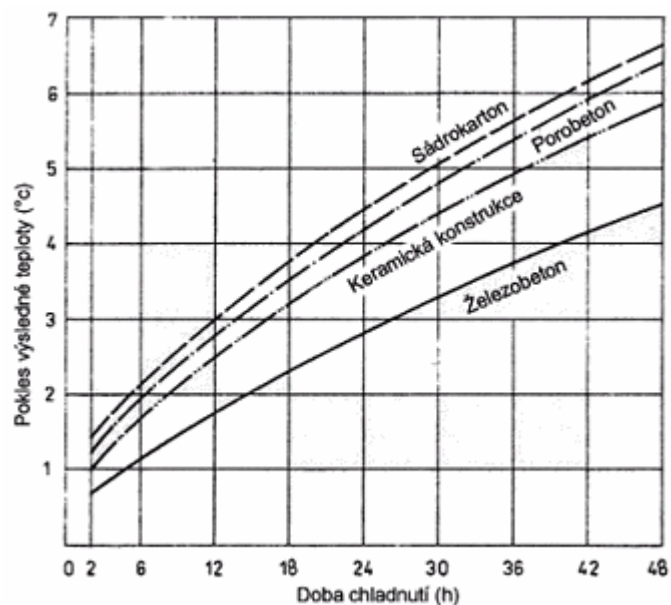
$$C = c * \rho * d * A \quad (19)$$

kde

- C ... Tepelná kapacita konstrukce [Wh/K]
- c ... Měrná tepelná kapacita vrstvy konstrukce [J/Kg.K]
- $\rho$  ... Hustota stavebních prvků [Kg/m<sup>3</sup>]
- d ... Tloušťka vrstvy [m]
- A ... Celková plocha konstrukce [m<sup>2</sup>]

Dle (19) lze zjistit tepelnou kapacitu konstrukce, která udává, kolik energie se naakumuluje pro následné využití k vytápění. [31, 32]

Odlíšné stavební konstrukce, které akumulují teplo, mají různé doby chladnutí. Na (Obr. 17) jsou uvedeny doby chladnutí pro odlišné materiály. Keramická konstrukce (pálená cihla) má pokles teploty 3,8 °C za 24 hodin.



Obr. 17 Doba chladnutí pro různé materiály [33]

### 5.2.1 Výpočet tepelné kapacity konstrukce TS

Pro rodinný dům byla vybrána stěna, která je tvořena z pálené cihly. Stěna je natřena na černo, aby co nejvíce akumulovala teplo. Tepelná kapacita konstrukce TS je:

$$C = c * \rho * d * A = 960 * 1400 * 0,10 * 24 = 3225,6 \text{ kWh/K} \quad (20)$$



Díličí hodnoty pro výpočet jsou uvedeny v (Tab. 13). [32]

Tab. 13 Vlastnosti pálené cihly

	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [J/Kg.m <sup>3</sup> ]
Pálená cihla	960	1400

Maximální tloušťka stěny  $d = 0,10$  m a plocha stěny  $A = 24$  m<sup>2</sup>.

### 5.3 Zhodnocení návrhu Trombeho stěny

Pro TS byly vybrány izolační dvojskla, aby zamezili co největšímu úniku tepla ochlazováním větrem. Všechny okna jsou nové. [34]

Tab. 14 Náklady na pořízení TS

Skladba TS	Cena [Kč]
Izolační dvojsklo	28 677
Instalace oken	20 000
Stavební práce	24 000
Celkové náklady	72 677

Přibližná cena instalace je uvedena v (Tab. 14). Celkový zisk tepla, který je akumulován do stavební konstrukce TS je  $Q_z = 5\,360,33$  kWh. Potřebná energie k vytopení rodinného domu je  $Q = 22\,600$  kWh. Z čehož vyplývá, že zbytek energie je potřebné nějak dodat. Další TS nejde na rodinný dům instalovat z důvodu velkého stínění. Jako dodatekový zdroj je vybrán elektrokotel s výkonem 11 kW a to z důvodu nepříznivých podmínek podnebí. Aby byly pokryty celkové ztráty rodinného domu.

Tabulka s návrhem je uvedena v příloze 7, (Tab. 23). Roční potřeba tepla je TS pokryta jen na 23,8 % a to při dokonalých podmínkách. Čímž je myšleno, za jasného nebe. V topném období je jasné nebe jen pár dní, což snižuje sluneční energii dopadající na TS. Tím nastává problém. Snížením dopadající energie se sníží teplo, které se akumuluje v TS. Toto snížení se kompenzuje elektrokotel, který ve výsledku výrazně zvyšuje náklady na provoz.

Provoz TS je tedy nulový, ale použití dodatekového zdroje, zvýší náklady na provoz na 42 907 Kč.

## 6 Zhodnocení návrhů

Pro rodinný dům byly zhotoveny tři návrhy. Dva návrhy tepelných čerpadel, které jsou uvedeny v kapitole 4 a návrh Trombeho stěny uveden v kapitole 5.

Tab. 15 Zhodnocení návrhů

Návrh	TČ - vzduch/voda	TČ - země/voda	Trombeho stěna	
Roční potřeba tepla:	22 500	22 500	22 500	[kWh]
Dodávka tepla:	21 990	22 490	5 360,33	[kWh]
Dodávka tepla doplňkovým zdrojem:	510	10	17 139,67	[kWh]
Pokrytí potřeby tepla:	97,73	99,95	23,8	[%]
Náklady na pořízení:	203 311	313 958	88 677	Kč
Náklady na provoz:	16 837	18 848	42 907	Kč

V (Tab. 15) jsou uvedeny energetické a ekonomické vlastnosti zhotovených návrhů. Návrh Trombeho stěny je na pořízení nejlevnější, ale jeho pokrytí je jen 23,8 % z celkové potřeby tepla a vlivem podnebí pokrytí klesá. Základní náklady na provoz činí 42 907 Kč, ale snížením slunečního záření dopadajícího na TS náklady na provoz porostou.

Návrh tepelného čerpadla vzduch/ voda pokrývá roční potřebu tepla ze 97,73 %. Dodatkový zdroj dodává 510 kWh energie a to při venkovních teplotách -15 °C. V místě, kde stojí rodinný dům je teplota -15 °C nebo nižší jen několikrát. Z čehož vyplývá, že TČ pokryje celkovou potřebu tepla. Náklady na pořízení činí 203 311 Kč, které jsou z návrhů TČ nejnižší. Provozní náklady jsou 16 837 Kč a jsou nejnižší ze všech návrhů.

Poslední návrh tepelného čerpadla země/voda má největší pokrytí roční potřeby ze 99,95 %. Dodaná energie TČ je nejstálější ze všech návrhů a hodnota energie je 22 490 kWh. Náklady na provoz jsou 18 848 Kč, ale je potřeba investovat nejvíce peněz ze všech návrhů. Náklady na pořízení činí 313 958 Kč.

V současné době je dům vybaven kotlem na tuhá paliva, který potřebu tepla pokrývá. Ale provoz a cena paliv se pohybuje kolem 23 000 Kč. Výhodou je nízká cena investice 30 000,- Kč, nicméně kotel silně znečišťuje ovzduší.

Pro zvolený rodinný dům je nejvýhodnější návrh TČ vzduch/voda. Má nejnižší provozní náklady a investiční náklady jsou přijatelné.

## Závěr

Cílem této práce bylo zhodnotit alternativní způsoby vytápění vybraného objektu, protože mnoho lidí k vytápění stále používá spalovací kotle na fosilní paliva. Práce se zaměřuje na využití tepelného čerpadla v ČR. Dále se věnuje problematice Trombeho stěny, která v ČR není tolik známá a jejímu využití v místním podnebí.

První kapitola je věnována principu TČ. Jsou zde shrnuty výhody a nevýhody jednotlivých druhů TČ. Druhá kapitola se věnuje principu Trombeho stěny a shrnutí její výhody a nevýhody. Další kapitola obsahuje výpočet tepelných ztrát vybraného rodinného domu. V následující kapitole jsou vytvořeny návrhy TČ, aplikované na rodinný dům, kde jsou vypracované návrhy pro TČ vzduch/voda a země/voda. Následující kapitola obsahuje návrh Trombeho stěny a výpočet tepelných zisků. Poslední kapitola zhodnocuje všechny tři návrhy z hlediska energetické a ekonomické situace.

Pro rodinný dům byl vybrán návrh TČ - vzduch/voda z důvodu nízkých nákladů na jeho provoz. V podnebí, kde stojí rodinný dům jsou zimy poměrně mírné a teploty pod bodem mrazu se objevují jen občas. Díky těmto podmínkám je dodatkový zdroj využitý v návrhu spínán jen občas a všechnu energii bere TČ ze vzduchu.

S ohledem na budoucí využití alternativních způsobů vytápění jsou tepelná čerpadla nejvýhodnějším zařízením. Jejich schopnost získat nízkopotenciální energii z vody, vzduchu, země výrazně ušetří náklady na vytápění. A to i za velice nízkých venkovních teplot. Na druhou stranu jsou TČ dražší na pořízení než spalovací kotle. Rozdíl je, když kotel na tuhá paliva stojí 30 000 Kč a TČ se pohybuje okolo 200 000 Kč. Ale ve výsledku je levnější topit TČ z důvodu nízkých nákladů na provoz.

Trombeho stěna je velice zajímavý příklad, jak využít sluneční energii, která neustále dopadá na povrch Země. TS je nutné si pořídit a náklady na topení jsou pak velice nízké. Ale podmínky ČR nejsou pro aplikaci TS nejlepší. Aby byla účinnost co největší je nutné mít jasné nebe, aby co nejvíce energie dopadlo na TS a to v ČR často není. TS má lepší budoucnost v místech a státech, kde je větší sluneční aktivita.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Princip Carnotova cyklu. Fyzweb.cz. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://fyzweb.cz/materialy/aplety\\_hwang/Carnotuv\\_cyklus/carnot/carnot\\_cz.html](http://fyzweb.cz/materialy/aplety_hwang/Carnotuv_cyklus/carnot/carnot_cz.html)
- [2] 2. Věta termodynamiky. ZČU. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.kfy.zcu.cz/dokumenty/FYI1/2.veta.pdf>
- [3] Využití geotermální energie v ČR. Extremelab.webnode.cz. [online] [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://extremelab.webnode.cz/news/geotermalni-energie-energeticka-spasa-budoucnosti-/](http://extremelab.webnode.cz/news/geotermalni-energie-energeticka-spasa-budoucnosti/)
- [4] Carnotův cyklus. Fyzikalniulohy.cz [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://fyzikalniulohy.cz/uloha.php?uloha=412>
- [5] KARLÍK, Robert. Tepelné čerpadlo pro váš dům. První vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. 112 s. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [6] Návrh tepelného čerpadla: Topný faktor. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/1\\_tepelne\\_cerpadlo\\_navrh\\_navodu.pdf](http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/1_tepelne_cerpadlo_navrh_navodu.pdf)
- [7] Princip tepelného čerpadla. Termowatt.cz [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.termowatt.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-zakladni-informace.aspx>
- [8] Geotermální energie. Dvpp.eazk.cz. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://dvpp.eazk.cz/wp-content/uploads/2012/04/OZE\\_short\\_version.pdf](http://dvpp.eazk.cz/wp-content/uploads/2012/04/OZE_short_version.pdf)
- [9] ŽERAVÍK, Antonín. Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]. 1. vyd. Přerov: Antonín Žeravík, 2003, 311 s. ISBN 80-239-0275-X.
- [10] SRDEČNÝ, Karel. Tepelná čerpadla. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, vi, 68 s. ISBN 80-736-6031-8.
- [11] Výhody a nevýhody TČ. Energeticky.cz. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.energeticky.cz/66-tepelna-cerpadla.html>
- [12] Tepelná čerpadla. Tenaure.cz. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.tenaure.cz/>
- [13] Tepelná čerpadla. tepelna-cerpadla-gorenje.cz. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/vypis\\_menu/12-voda-voda-aquagor.html](http://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/vypis_menu/12-voda-voda-aquagor.html)

- [14] Průměrné roční teploty. Chmi.cz. [online]. [cit. 2015-02-16].  
Dostupné z: <http://chmi.cz>
- [15] Trombeho stěna-Princip. Szsbm.cz. [online]. [cit. 2015-02-28].  
Dostupné z: <http://www.szsbm.cz/stena.pdf>
- [16] Princip Trombeho stěny. Drevoastavby.cz. [online]. [cit. 2015-02-28].  
Dostupné z: <http://www.drevoastavby.cz/cs/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/okna-dvere-vyplne/1967-trombeho-stena-jednoduche-vytapeni-staveb>
- [17] Princip Trombeho stěny. Nulovedomy.org. [online]. [cit. 2015-02-28].  
Dostupné z: <http://www.nulovedomy.org/prakticke-informace-a-rady-pro-stavbu/vyuziti-trombeho-steny-v-nulovych-domech.htm>
- [18] Trombeho stěna. Tumblr.com. [online]. [cit. 2015-02-28].  
Dostupné z: <https://www.tumblr.com/search/trombe%20wall>
- [19] Trombeho stěna-Funkce. Meadowlarkbuilders.com. [online]. [cit. 2015-02-28].  
Dostupné z: <http://meadowlarkbuilders.com/green-building/reference-library/passive-energy-strategies/>
- [20] Mapa solárního záření. Mojeelektrarna.cz. [online]. [cit. 2015-03-06].  
Dostupné z: <http://www.mojeelektrarna.cz/energie-ze-slunce.html>
- [21] Prostup tepla konstrukcí. Stavba.tzb-info.cz [online] [cit. 2015-04-20].  
Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestrvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [22] Výpočet tepelných ztrát. Stavba.tzb-info.cz [online]. [cit. 2015-04-23].  
Dostupné z: [http://vytapani.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000107\\_help.html#mistnost\\_m](http://vytapani.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000107_help.html#mistnost_m)
- [23] Solární energie a teplota. Europa.eu [online]. [cit. 2015-04-23].  
Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- [24] Podklady pro výpočet TZ. Tzb.fsv.cvut.cz [online]. [cit. 2015-04-24].  
Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz>
- [25] Výpočet tepelných ztrát. Fast10.vsb.cz [online]. [cit. 2015-04-24].  
Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/6.html>
- [26] Roční potřeba tepla. Tzb.fsv.cvut.cz [online]. [cit. 2015-04-27].  
Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=1>
- [27] Tepelná čerpadla. Regulus.cz [online]. [cit. 2015-05-12].  
Dostupné z: <http://www.regulus.cz/>
- [28] Software pro návrh TC. Asb-portal.cz [online]. [cit. 2015-05-12].  
Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/>

- [29] Mapa solární energie ČR. Cez.cz [online]. [cit. 2015-05-13].  
Dostupné z: <http://www.cez.cz/>
- [30] Výpočet tepelných zisků. Tzb.fsv.cvut.cz [online]. [cit. 2015-05-17].  
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8972-stanoveni-tepelných-zisku-zaskleni-ze-slunceniho-zareni-v-energetickem-hodnoceni-budov>
- [31] Výpočet tepelných zisků. Mpo-efekt.cz [online]. [cit. 2015-05-17].  
Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5138.pdf>
- [32] Vlastnosti pálené cihly. Tzbinfo.cz. [online]. [cit. 2015-05-18].  
Dostupné z: [www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068\\_katalog.html](http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html)
- [33] Tepelná akumulace. Tzbinfo.cz [online]. [cit. 2015-05-18].  
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1401-akumulace-tepelne-energie-do-stavebnich-konstruk>
- [34] Izolační sklo na okna. Isotherm.cz [online]. [cit. 2015-05-20].  
Dostupné z: <http://www.isootherm.cz/files2/cenikCZ11.pdf>
- [35] Program AutoCad. Autodesk.cz [online]. [cit. 2015-05-20].  
Dostupné z: <http://www.autodesk.cz/>
- [36] Dimenzování TČ. Tsc-lg.cz [online]. [cit. 2015-05-22].  
Dostupné z: <http://www.tsc-lg.cz/ke-stazeni/partnerska-zona/jak-navrhovat-tc>
- [37] Elektřina ČEZ. Čez.cz [online]. [cit. 2015-05-22].  
Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/elektrina/etarif/cenik.html>
- [38] Tepelné čerpadlo vzduch/voda. Alter-eko.cz [online]. [cit. 2015-05-22].  
Dostupné z: <http://www.alter-eko.cz/energie/reference/ref-tc.php>

## Přílohy

### Příloha 1- Skladba všech konstrukcí

Tab. 1 1 .Patro- Vnitřní zed'

Skladba konstrukcí	d [m]	$\lambda_u$ [W/m <sup>2</sup> K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017
Pálená cihla	0,30	0,71	0,423
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017
R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,13		
R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,13		
Součinitel prostupu tepla	U [W/m <sup>2</sup> K]		
	1,40		

Tab. 2 1 .Patro-Podlaha

Skladba konstrukcí	d [m]	$\lambda_u$ [W/m <sup>2</sup> K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Linoleum	0,0035	0,17	0,021
Dřevo	0,030	0,12	0,250
Skelná vata	0,200	0,05	4,000
Beton	0,220	1,23	0,179
R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,170		
R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,100		
Součinitel prostupu tepla	U [W/m <sup>2</sup> K]		
	0,2		

Tab. 3 2. Patro- Vnější obvodová zed'

Skladba konstrukcí	d [m]	$\lambda_u$ [W/m <sup>2</sup> K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Sádrokarton	0,01	0,21	0,048
Skelná vata	0,265	0,05	5,300
Pálená taška	0,035	1	0,035
R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,10		
R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,04		
Součinitel prostupu tepla	U [W/m <sup>2</sup> K]		
	0,18		

Tab. 4 2. Patro- Vnitřní zed'

Skladba konstrukcí	d [m]	$\lambda_u$ [W/m <sup>2</sup> K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Sádrokarton	0,01	0,21	0,048
Skelná vata	0,08	0,05	1,600
Sádrokarton	0,01	0,21	0,048
R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,13		
R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,13		
Součinitel prostupu tepla	U [W/m <sup>2</sup> K]		
	0,5		

Tab. 5 2. Patro- Podlaha/Strop(1.P)

Skladba konstrukcí	d [m]	$\lambda_u$ [W/m <sup>2</sup> K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Dřevo	0,03	0,12	0,250
Skelná vata	0,20	0,05	4,000
Dřevo	0,20	0,12	1,667
Vápenná omítka	0,02	0,88	0,023
R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,10		
R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,10		
Součinitel prostupu tepla	U [W/m <sup>2</sup> K]		
	0,16		

Tab. 6 2. Patro- Štít domu

Skladba konstrukcí	d [m]	$\lambda_u$ [W/m <sup>2</sup> K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Sádrokarton	0,01	0,21	0,048
Skelná vata	0,20	0,05	4,000
Pálená cihla	0,42	0,84	0,500
Vápenná omítka	0,02	0,88	0,017
R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,10		
R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	0,10		
Součinitel prostupu tepla	U [W/m <sup>2</sup> K]		
	0,21		



**Příloha 2 - Celkový výpočet ztrát rodinného domu**

Tab. 7 Výpočet tepelných ztrát-pokoj\_1

1.Patro	$t_{\text{sklep}} [^{\circ}\text{C}]$	5	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c [W/m^2K]$	0,519
Pokoj_1	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	-15	$S_{ot}[m^2]$	$U [W/m^2K]$	$Q_o [W]$	$p_1$	0,078
Obvodová zeď	$S_{oz} [m^2]$	39,48	34,7944	1,19	1449,2	$p_2$	0
Okna	$S_o [m^2]$	2,867 6		2,9	291,1	$p_3$	0,1
Dveře	$S_d [m^2]$	1,818		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	406,09
Vnitřní zeď	$S_{vz} [m^2]$	14,28	12,462	1,4	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	2536,8 4
Podlaha	$S_p [m^2]$	22,95		0,2	68,9		
Strop	$S_s [m^2]$	22,95		0,16			
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	99,66	$Q_o [W]$	1809,1		
Dveře(počet )	1	$Q_p$ [W]	2130,750 9	$V_m [m^3]$	64,26		

Tab. 8 Výpočet tepelných ztrát-Obývací pokoj

1.Patro	$t_{\text{sklep}} [^{\circ}\text{C}]$	5	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c [W/m^2K]$	0,318
Obývací pokoj	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	-15	$S_{ot}[m^2]$	$U [W/m^2K]$	$Q_o [W]$	$p_1$	0,048
Obvodová zeď	$S_{oz} [m^2]$	13,16	10,6939	1,19	445,4	$p_2$	0
Okna	$S_o [m^2]$	2,466 1		2,9	250,3	$p_3$	0,1
Dveře	$S_d [m^2]$	3,636		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	212,07
Vnitřní zeď	$S_{vz} [m^2]$	28,56	24,924	1,4	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	1051,8 3
Podlaha	$S_p [m^2]$	11,98 5		0,2	36,0		
Strop	$S_s [m^2]$	11,98 5		0,16	0,00		
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	65,69	$Q_o [W]$	731,7		
Dveře(počet )	2	$Q_p$ [W]	839,7575 7	$V_m [m^3]$	33,558		

Tab. 9 Výpočet tepelných ztát-Kuchyně

1.Patro	$t_{sklep}$ [°C]	5	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,335
Kuchyň	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,050
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	14	11,3	1,19	470,6	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	2,7		2,9	274,1	$p_3$	0,1
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	3,806 5		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	225,60
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	28,56	24,7535	1,4	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	1123,5 8
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	11,98 5		0,2	36,0		
Strop	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	11,98 5		0,16	0,00		
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	66,53	$Q_o$ [W]	780,7		
Dveře(poče t)	2	$Q_p$ [W]	897,9721 2	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	35,7		

Tab. 10 Výpočet tepelných ztát-Pokoj\_2

1.Patro	$t_{sklep}$ [°C]	5	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,504
Pokoj_2	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,076
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	22,96	21,088	1,19	878,3	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	1,872		2,9	190,0	$p_3$	0
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	1,806 5		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	248,78
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	11,83 5	8,0285	1,4	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	1443,2 9
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	14,06		0,2	42,2		
Strop	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	14,06		0,16	0,00		
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	62,915	$Q_o$ [W]	1110,5		
Dveře(poče t)	1	$Q_p$ [W]	1194,508 9	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	39,368		

Tab. 11 Výpočet tepelných ztát-WC

1.Patro	$t_{sklep}$ [°C]	5	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,541
WC	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,081
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	6,356	6,0535	1,19	252,1	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	0,302 5		2,9	30,7	$p_3$	0,05
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	1,365		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	21,25
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	6,356	4,991	1,4	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	345,28
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	1,201 2		0,2	3,6		
Strop	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	1,201 2		0,16	0,00		
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	15,1144	$Q_o$ [W]	286,4		
Dveře(poče t)	1	$Q_p$ [W]	324,0215 1	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	3,36336		

Tab. 12 Výpočet tepelných ztrát-Koupelna

1.Patro	$t_{sklep}$ [°C]	5	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,283
Koupelna	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,042
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	10,38 8	10,0855	1,19	420,1	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	0,302 5		2,9	30,7	$p_3$	0,05
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	1,365		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	128,74
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	22,84 8	21,483	1,4	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	645,00
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	7,275 9		0,2	21,8		
Strop	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	7,275 9		0,16	0,00		
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	47,7878	$Q_o$ [W]	472,6		
Dveře(poče t)	1	$Q_p$ [W]	516,252 1	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	20,37252		

Tab. 13 Výpočet tepelných ztrát- Chodba

1.Patro	$t_{sklep}$ [°C]	5	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,069
Chodba	$t_e$ [°C]	10	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,010
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	5,6	2,1932	1,19	26,1	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	0		2,9	0,0	$p_3$	0
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	3,406 8		2	68,14	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	31,34
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	28,56	25,153 2	1,4	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	145,35
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	6,2		0,2	18,6		
Strop	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	6,2		0,16	0,00		
Okna(počet)	0	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	46,56	$Q_o$ [W]	112,8		
Dveře(počet )	4	$Q_p$ [W]	114,00 7	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	17,36		

Tab. 14 Výpočet tepelných ztrát- Veranda

1.Patro	$t_{sklep}$ [°C]	5	$t_i$ [°C]	10	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,627
Veranda	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,094
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	15,76	11,2927	1,19	470,3	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	2,252 8		2,9	228,7	$p_3$	0,1
Dveře vnitřní	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	3,406 8		2	-68,14	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	65,47
Dveře venkovní	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	2,214 5		4,7	364,29	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	819,74
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	5,621 3	2,2145	1,4	-31,00		
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	3,7		0,2	11,1		
Strop	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	3,7		0,16	20,72		
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	28,7813	$Q_o$ [W]	631,7		
Dveře(poče t)	2	$Q_p$ [W]	754,2659 9	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	10,36		

Tab. 15 Výpočet tepelných ztrát- 2.P. Pokoj\_1

2.Patro	$t_{1patro}$ [°C]	20	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,158
Pokoj_1	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,024
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	64,47	63,67	0,18	401,1	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	0,8		2,9	243,6	$p_3$	0
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	1,365		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	139,78
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	11,67	10,305	0,5	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	944,98
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	44,88		0,16	0,0		
Štít+Oz	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	20,89 3	19,293	0,21	141,8		
Okna(počet )	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	5	141,913	$Q_o$ [W]	786,5		
Dveře(poče t)	$Q_p$ [W]	1	805,2066 5	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	0,003072		

Tab. 16 Výpočet tepelných ztrát- 2. P. Pokoj\_2

2.Patro	$t_{1patro}$ [°C]	20	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,187
Pokoj_2	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,028
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	34,78	33,98	0,18	214,1	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	0,8		2,9	243,6	$p_3$	0,1
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	1,365		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	110,66
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	11,67	10,305	0,5	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	764,97
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	23,97		0,16	0,0		
Štít+Oz	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	18,25	16,65	0,21	122,4		
Okna(počet )	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	5	88,67	$Q_o$ [W]	580,1		
Dveře(poče t)	$Q_p$ [W]	1	654,3188 6	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	0,002432		

Tab. 17 Výpočet tepelných ztrát- 2. P. Knihovna

2.Patro	$t_{1patro}$ [°C]	20	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,104
Knihovna	$t_e$ [°C]	-15	$S_{ot}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,016
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	19,2	18,4	0,18	115,9	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	0,8		2,9	81,2	$p_3$	0,1
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	1,365		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	3,28
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	23,34	21,975	0,5	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	259,91
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	16,32		0,16	0,0		
Štít+Oz	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	4,48	4,48	0,21	32,9		
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	63,34	$Q_o$ [W]	230,0		
Dveře(počet )	2	$Q_p$ [W]	256,6336 2	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	0,000072		

Tab. 18 Výpočet tepelných ztrát- Schodiště

2.Patro	$t_{1patro}$ [°C]	20	$t_i$ [°C]	20	Ztráty prostupem tepla	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,351
Schodiště	$t_e$ [°C]	-15	$S_{oi}$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_o$ [W]	$p_1$	0,053
Obvodová zeď	$S_{oz}$ [m <sup>2</sup> ]	6,72	6,4276	1,19	267,7	$p_2$	0
Okna	$S_o$ [m <sup>2</sup> ]	0,292 4		2,9	89,0	$p_3$	0,05
Dveře	$S_d$ [m <sup>2</sup> ]	1,365		2	0,00	Ztráty větráním $Q_v$ [W]	72,86
Vnitřní zeď	$S_{vz}$ [m <sup>2</sup> ]	15,63	14,265	0,5	0,00	Celkové ztráty $Q_c$ [W]	476,02
Podlaha	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	3,7	3,7	0,16	8,9		
Strop	$S_s$ [m <sup>2</sup> ]	3,7	0	0,21	0,0		
Okna(počet )	1	$\Sigma S$ [m <sup>2</sup> ]	29,75	$Q_o$ [W]	365,6		
Dveře(počet )	2	$Q_p$ [W]	403,164 5	$V_m$ [m <sup>3</sup> ]	11,529		

### Příloha 3 - Návrhy tepelných čerpadel

#### Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Tab. 19 Návrh tepelného čerpadla EcoAir408

Parametry navrženého TČ: Vzduch/voda EcoAir408			
Roční potřeba tepla na VYT:	$Q_{p,rok}$	22 500	[kWh/rok]
Roční dodávka tepla TČ na VYT:	$Q_{tč,rok}$	21 990	[kWh/rok]
Roční dodávka tepla doplňkovým zdrojem tepla:	$Q_{d,rok}$	510	[kWh/rok]
Roční potřeba elektrické energie pro pohon TČ:	$E_{tč,rok}$	5 270	[kWh/rok]
Roční potřeba el.energie pro pohon pomoc.zařízení :	$E_{pom,rok}$	328	[kWh/rok]
Roční pokrytí potřeby tepla z TČ na VYT:	f	97,73	[%]
Sezónní topný faktor tepelného čerpadla:	$SPF_{tč}$	4,17	[-]
Sezónní topný faktor celé soustavy:	SPF	3,93	[-]
Náklady na provoz:			
Elektrická energie od ČEZ- tarif D55d:	1 kWh/rok	2,3	Kč
Pronájem hodin:		2 788	Kč
Roční náklady provozu TČ:		12 121	Kč
Roční náklady provozu dodatkového zdroje:		1 173	Kč
Roční náklady na provoz pomoc. zařízení:		755	Kč
<b>Celkové roční náklady na provoz:</b>		<b>16 837</b>	<b>Kč</b>
Náklady na pořízení TČ:			
Tepelné čerpadlo:		142 659	Kč
Montáž TČ:		56 000	Kč
Stavební práce(příprava místnosti s TČ, výkopové práce):		0	Kč
Koupě dodatkového zdroje:		4 652	Kč
<b>Celkové náklady na pořízení:</b>		<b>203 311</b>	<b>Kč</b>

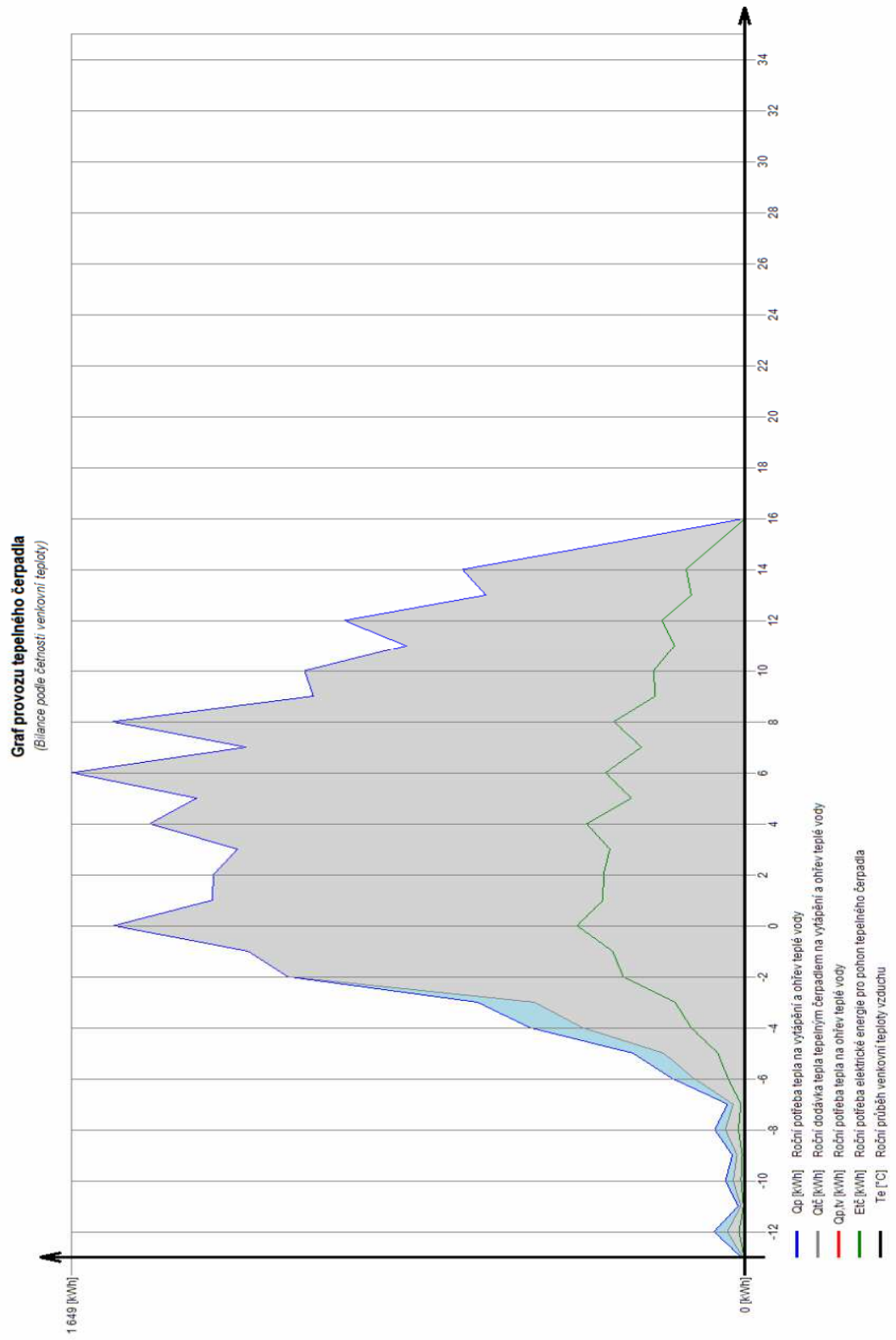
**Tepelné čerpadlo země/voda**

Tab. 20 Návrh tepelného čerpadla EcoPart 408

<b>Parametry navrženého TČ: Země/voda EcoPart408</b>			
Roční potřeba tepla na VYT:	$Q_{p,rok}$	22 500	[kWh/rok]
Roční dodávka tepla TČ na VYT:	$Q_{tč,rok}$	22 490	[kWh/rok]
Roční dodávka tepla doplňkovým zdrojem tepla:	$Q_{d,rok}$	10	[kWh/rok]
Roční potřeba elektrické energie pro pohon TČ:	$E_{tčrok}$	6 689	[kWh/rok]
Roční potřeba el.energie pro pohon pomoc.zařízení :	$E_{pom,rok}$	289	[kWh/rok]
Roční pokrytí potřeby tepla z TČ na VYT:	f	99,95	[%]
Sezónní topný faktor tepelného čerpadla:	$SPF_{tč}$	3,36	[-]
Sezónní topný faktor celé soustavy:	SPF	3,22	[-]
<b>Náklady na provoz:</b>			
Elektrická energie od ČEZ- tarif D55d:	1 kWh/rok	2,3	Kč
Pronájem hodin:		2 788	Kč
Roční náklady provozu TČ:		15 385	Kč
Roční náklady provozu dodatkového zdroje:		10	Kč
Roční náklady na provoz pomoc. zařízení:		665	Kč
<b>Celkové roční náklady na provoz:</b>		<b>18 848</b>	<b>Kč</b>
<b>Náklady na pořízení TČ:</b>			
Tepelné čerpadlo:		153 186	Kč
Montáž TČ:		56 000	Kč
Stavební práce(příprava místnosti s TČ, výkopové práce):		100 120	Kč
Koupě dodatkového zdroje:		4 652	Kč
<b>Celkové náklady na pořízení:</b>		<b>313 958</b>	<b>Kč</b>

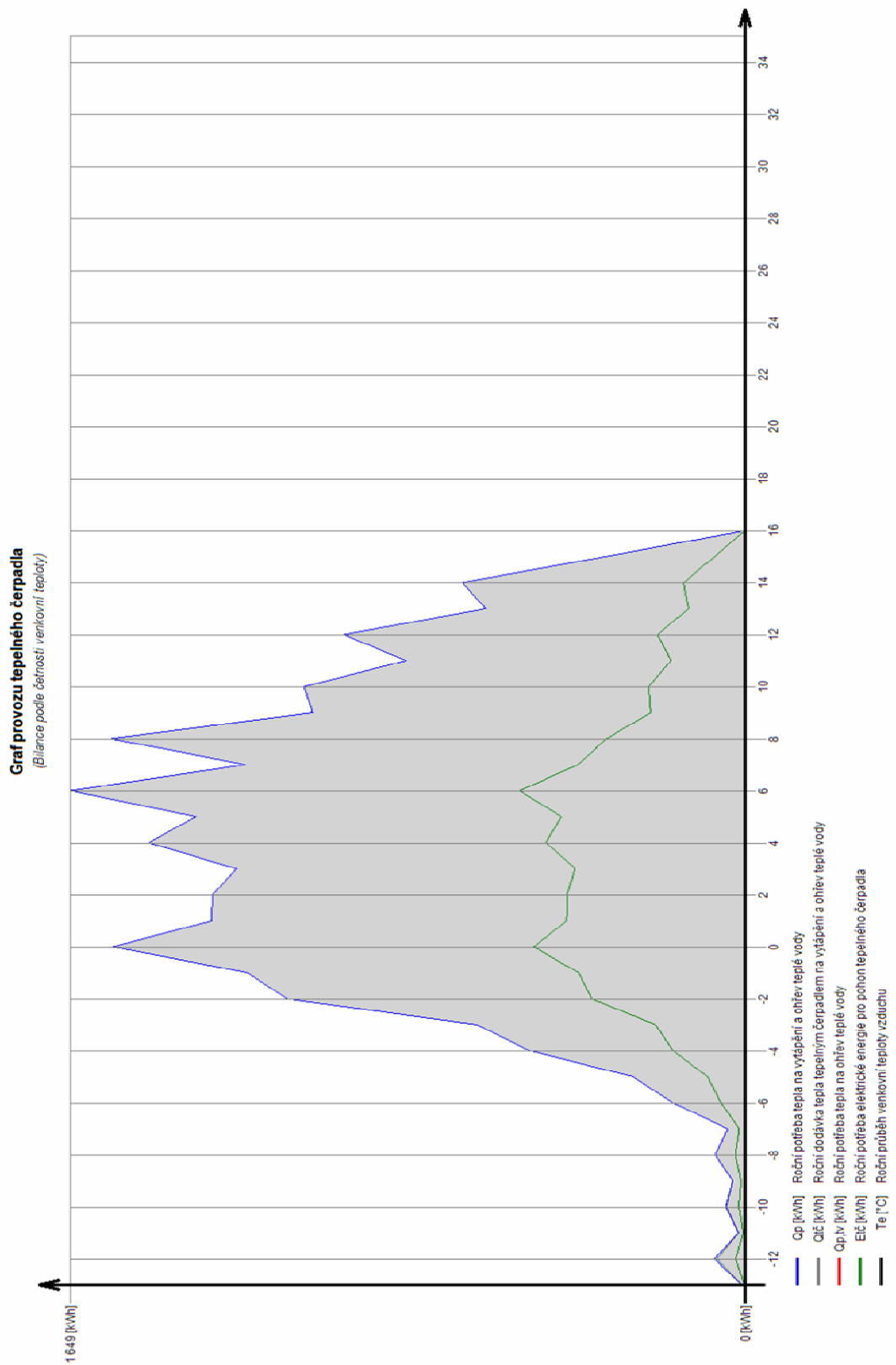


**Příloha 4 - Grafy teplotní bilance tepelných čerpadel**  
**Tepelné čerpadlo vzduch/voda**



Obr.1 Teplotní bilance TČ vzduch/voda

## Tepelné čerpadlo země/voda



Obr. 2 Teplotní bilance TČ země/voda

**Příloha 5 - Technické parametry TČ vzduch/voda****Tepelné čerpadlo Regulus CTC EcoAir 408**

Technické parametry		
Typ kompresoru	Scroll	
Chladivo	R 407C	
Náplň chladiva	2,4 kg	
Maximální teplota topné vody	65°C	
Objem topné vody	2,4 l	
Napájení	3/PE~400 V, 50 Hz V	
Minimální hlavní jistič včetně charakteristiky	B16A 3f	
Jmenovitý (ustálený) proud*	4,9 A	
Průtok vzduchu	2800 m <sup>3</sup> /h	
Maximální provozní tlak	2,5 bar	
Vysokotlaká ochrana	31 bar	
Otáčky ventilátoru	527 ot/min	
Hladina akustického výkonu	58,3 dB(A)	
Hladina akustického tlaku ve vzdálenosti	1 m	50,3 dB(A)
	5 m	38,3 dB(A)
	10 m	30,3 dB(A)

Rozměry a hmotnosti	
Výška	1075 mm
Šířka	1245 mm
Hloubka	545 mm
Hmotnost	126 kg

Výkonové parametry**				
Teplota vzduchu °C	Výstupní teplota topné vody °C	Výkon kW	Příkon kW	Topný faktor
7°C	35°C	7,83	1,62	4,83
	45°C	7,44	1,97	3,78
	55°C	7,08	2,28	3,11
2°C	35°C	6,02	1,60	3,78
	45°C	5,51	1,89	2,93
	55°C	5,88	2,22	2,65
-7°C	35°C	4,73	1,57	3,02
	45°C	4,62	1,85	2,50
	55°C	4,39	2,11	2,08
-15°C	35°C	3,63	1,50	2,42
	45°C	3,50	1,76	1,99
	55°C	3,27	2,01	1,63

\*) včetně sekundárního oběhového čerpadla Stratos Tec 25/7 nebo Grundfos UPM GEO 25-85

\*\*) Hodnoty naměřeny dle EN 14 511 včetně odmrazovacího cyklu na zkušební výrobce.

Obr.3 Technické parametry TČ EcoAir 408

## Technické parametry TČ země/voda

Elektrické hodnoty		EcoPart 406	EcoPart 408	EcoPart 410	EcoPart 412
Jmenovitý výkon	kW	2,7	3,5	4,2	5,1
Jmenovitý proud	A	5,8	6,5	8,1	9,6
El. krytí		IPX1			

Provozní údaje tepelného čerpadla			EcoPart 406	EcoPart 408	EcoPart 410	EcoPart 412
Výkon kompresoru <sup>1)</sup>	@ -5/45	kW	4,68	6,84	8,33	9,88
Topný faktor <sup>1)</sup>	@ -5/45	-	3,09	3,34	3,30	3,30
Výkon kompresoru <sup>1)</sup>	@ 0/35   0/45 0/55	kW	5,90   5,48 5,17	8,19   7,87 7,55	9,97   9,55 9,28	11,75   11,24 10,97
Topný faktor <sup>1)</sup>	@ 0/35   0/45 0/55	-	4,57   3,54 2,76	4,58   3,64 2,99	4,60   3,68 2,98	4,60   3,66 2,96
Výkon kompresoru <sup>1)</sup>	@ 5/35   5/45 5/55	kW	6,81   6,49 6,08	9,44   9,05 8,65	11,42   10,99 10,58	13,53   12,95 12,57
Topný faktor <sup>1)</sup>	@ 5/35   5/45 5/55	-	5,24   4,15 3,18	5,02   4,04 3,30	5,20   4,16 3,28	5,11   4,11 3,35
Max. provozní proud - kompresor		A	4,5	5,2	6,8	8,2
Hlučnost podle EN12102		dB(A)	43,0	42,5	48,5	50,3

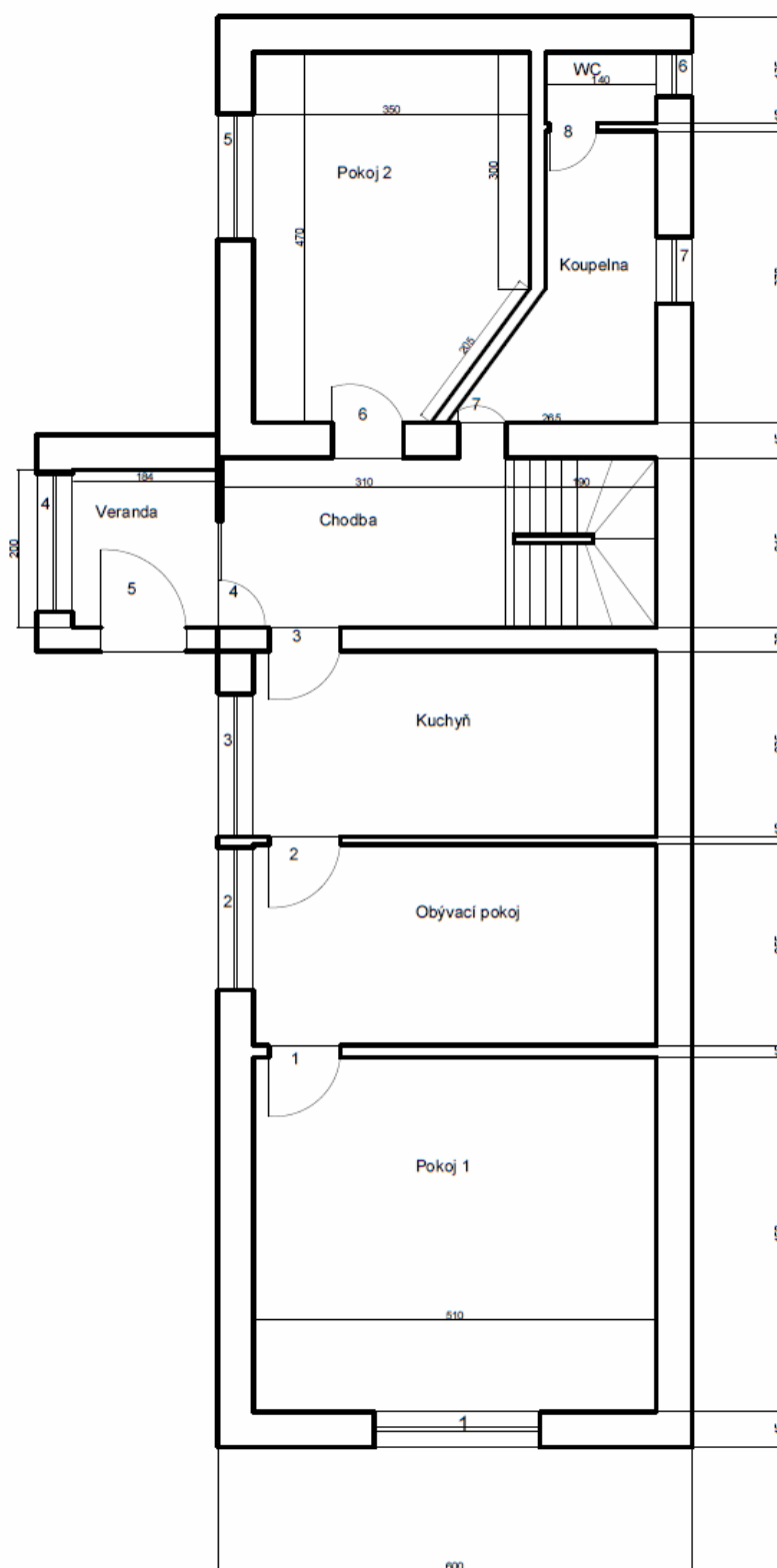
<sup>1)</sup> EN14511:2007, včetně:

čerpadla topného okruhu (EP406/408 - Stratos Tec 25/6 a EP410/412 - Stratos Tec 25/7)

čerpadla zemního okruhu (EP406/410 - Wilo Stratos Para 25/8 a EP412 - Wilo Stratos Para 25/12)

Obr. 4 Technické parametry TČ EcoPart 408

**Příloha 6- Půdorys RD**



Obr. 5 Půdorys RD (rozměry v cm) [35]

**Dodatečné rozměry***Tab. 21 Dodatečné rozměry k (Obr. 5)*

Tabulka rozměrů	Výška patra [m]	2,8
1. Patro	Okna [m]	Dveře [m]
1	2,10x1,34	1,95x0,90
2	1,84x1,34	1,95x0,90
3	1,81x1,50	1,95x0,90
4	1,75x1,29	2,50x1,35
5	1,60x1,20	2,05x1,08
6	0,56x0,56	2,00x0,90
7	0,85x0,80	2,10x0,65
8		2,10x0,65

*Tab. 22 Rozměry 2.Patra - Místnosti mají trojúhelníkový tvar*

Tabulka rozměrů	Výška patra [m]	3,05
Místnost	Délka [m]	Šířka [m]
Pokoj 1	8,8	5,1
Pokoj 2	4,7	5,1
Knihovna	3,2	5,1
Schodiště	1,89	2
Okna	1	0,8
Dveře	1,9	0,718

**Příloha 7 - Návrh Trombeho stěny**

Tab.23 Návrh Trombeho stěny

<b>Parametry TS:</b>			
Roční potřeba tepla:	Q	22 500	[kWh/rok]
Teplo dodané TS:	Qz	5 360,33	[kWh/rok]
Dodané teplo elektrokotlem:	Qe	17 139,67	[kWh/rok]
Pokrytí potřeby tepla TS:	f	23,8	[%]
<b>Náklady na provoz:</b>			
Elektrická energie od ČEZ - tarif D45d:	1 kWh/rok	2,3	Kč
Pronájem hodin:		3 485	Kč
Roční náklady na provoz elektrokotle:		39 422	Kč
<b>Celkové náklady na provoz:</b>		<b>42 907</b>	<b>Kč</b>
<b>Náklady na pořízení TS</b>			
Pořizovací náklady TS:		48 677	Kč
Pořizovací náklady elektrokotel:		15 990	Kč
Stavební práce		24 000	Kč
<b>Celkové náklady:</b>		<b>88 667</b>	<b>Kč</b>

**Příloha 8 - Zjednodušený bokorys rodinného domu**

Obr. 6 Bokorys RD s vyznačenou TS (rozměry v mm) [35]