

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická

Katedra elektroenergetiky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Možnosti snížení nákladů na vytápění rodinného domu

Vypracoval: Roman Orsik

Vedoucí práce: Doc. Dr. Ing. Jan Kyncl

Praha 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne:

.....

Roman Orsik

Poděkování:

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Dr. Ing. Janu Kynclovi za odborné vedení a čas, který mi věnovali při řešení dané problematiky.

Abstrakt

Cílem této práce je určení tepelné ztráty při vytápění rodinného domu, technické a ekonomické hodnocení možných úspor s využitím zateplení, solárních kolektorů a tepelného čerpadla. Dále bude posouzená návratnost investice tepelného čerpadla a solárního systému s bivalentním systémem.

Abstract

The aim of this work is to determine the heat loss of the house, technical and economical evaluation of potential savings using insulation, solar panels and heat pumps. It will also be evaluated the pay back of the heat pump and solar system which would be used together with main source of heating system.

Zadání bakalářské práce:

Název tématu: Možností snížení nákladů na vytápění rodinného domu

Zásady pro vzprocování:

1. Pro zvolený objekt určete roční spotřebu tepla na vytápění
2. Technicky a ekonomicky zhodnoťte možné úspory, zejména s využitím zateplení, solárních kolektorů a tepelného čerpadla

Task of bachelor thesis:

Topic: The possibility of reducing the cost of heating a house

Guidelines:

1. Determine the annual consumption for heating of selected object
2. Make technical and economical evaluation of potential savings, especially by using of isolation, solar collectors and heat pump.

Obsah:

1	Úvod	7
	1.1 Klimatické podmínky	8
	1.2 Základní údaje objektu	8
2	Tepelné ztráty budov	9
	2.1 Celková tepelná ztráta místnosti	10
	2.2 Tepelná ztráta prostupem stěnami	10
	2.3 Přirážky k základní tepelné ztrátě	12
	2.4 Tepelná ztráta větráním	13
	2.5 Spotřeba energie	16
3	Energeticky úsporné technologie, snížení tepelných ztrát	17
	3.1 Tepelná izolace	17
	3.2 Tepelná čerpadla	19
	3.2.1 Základní princip tepelného čerpadla	19
	3.2.2 Základní rovnice tepelného čerpadla	20
	3.2.3 Rozdělení a princip značení tepelných čerpadel	21
	3.2.4 Návrh tepelného čerpadla pro zvolený objekt	25
	3.2.5 Roční náklady na vytápění	28
	3.3 Sluneční energie	30
	3.3.1 Typy solárních kolektorů	30
	3.3.2 Vytvoření solárního systému	33
4	Závěr	36
5	Seznam použité literatury	36
6	Seznam příloh	36

1 Úvod

Úspora energie, bezpečnost životního prostředí a zachování přírodních zdrojů - v dnešní době je hlavní témata, která v neustálém středu pozornosti světového společenství.

V posledních letech, na Ukrajině, ceny za palivo a elektřinu, požadavky na životní prostředí se výrazně zvýšily. V některých regionech se objevil problém v omezené nabídce elektřiny které je spojeno s opotřebované nevhodnosti stávajících sítí a elektrických rozvodů ke zvýšenému namáhání. Kvůli politické nestabilitě, stagnující hospodářskému růstu a stále ubývajícím přírodním zdrojům budou ceny energií i nadále narůstat. Z toho vyplývá, že energeticky úsporné technologie - je absolutní nutnost.

Vzhledem ke všemu výše uvedenému, se objevila potřeba optimalizovat a snížit náklady na vytápění rodinného domu který se nachází ve městě Lugansk na Ukrajině.

Cílem projektu je snížení energetické náročnosti vytápění domu, a ekonomické hodnocení možných úspor zejména s využitím zateplení, solárních kolektorů a tepelného čerpadla.

1.1 Klimatické podmínky

Pod pojmem klima se rozumí dlouhodobé klimatické poměry, typický pro tuto oblast vzhledem ke své geografické poloze. Klimatické poměry zahrnují průměrný stav ovzduší charakteristický pro určité místo nebo území.

Údaje výpočtu zatížení na topném systému a tepelná ochrana budovy musí splňovat normalizované hladiny vnějších klimatických parametrů v chladném období, které v souladu s vyhláškou 194/2007 Sb. je definována jako časový úsek s průměrnou denní venkovní teplotě, která se rovná 13 °C a nižší. Parametry vnějšího prostředí, které považujeme pro výpočet tepelné náročnosti budovy a tepelné zatížení otopného systému jsou: venkovní teplota, rychlost větru, vlhkost vzduchu v oblasti stavebnictví, intenzita slunečního záření.

Nejchladnějších podmínky během otopného období je popsání hodnotami klimatických parametrů, které nejsou absolutní extrémy v oblasti stavebnictví. Ve skutečnosti, extrémní, nejtěžší podmínky jsou velmi vzácné - jednou za sto let. Orientace na tyto hodnoty by vedlo k výraznému zvýšení nákladů na stavbu. Proto, vypočtené úrovně jsou přijímány s určitým zabezpečením, který je definován jako celková pravděpodobnost, že tato možnost nemá překročit vypočtenou hodnotu.

Klimatické údaje:

Tab. 0.1 Klimatické údaje

Průměrná roční teplota vzduchu	8,8 °C
Průměrná teplota vzduchu v lednu	-4 °C
Průměrná teplota vzduchu v červenci	22 °C
Průměrné roční srážky	500 mm
Sluneční záření	4000MJ/m ²
Průměrná roční vlhkost vzduchu	72%
Průměrná roční rychlost větru	3 m/s
Výpočtová venkovní teplota dle regionu	-25 °C
Průměrná venkovní teplota v topném období	1 °C
Počet topných dnů (od venkovní teploty +13 °C)	210 dnů
Roční průměrná teplota vzduchu (°C)	8,8 °C

1.2 Základní údaje objektu

Dům je postaven na individuální projekt na začátku roku 2013, má tři úrovně a celkovou plochu 468m².

Způsob vytápění: plynový kotel
Výměna vzduchu: přirozené (infiltrací)
Vnější stěny: cihelné zdivo, pískovec, polystyren, keramická cihla
Výplně otvorů: kovoplastové konstrukce

V tabulce místností Tab. 1.2 jsou uvedeny základní hodnoty místnosti a požadované hodnoty vytápění.

Tab. 0.2 Tabulka místností

	Popis prostoru	T	S	V
		[°C]	[m ²]	[m ³]
1	Hala	18	30,3	91
2	Krbový sál	20	30,3	91
3	Komora	18	19,1	57
4	Převlékárna	25	10,3	31
5	Sauna	47	4,7	9
6	WC	25	3,4	10
7	Sprcha	25	4,5	14
8	Relaxační místnost	25	27,8	83
9	Kotelna	16	6,8	20
10	Rozvaděč	0	6	18
11	Kino	23	23,5	71
12	Studená komora	7	19	57
13	Filtrace vody	16	6,2	19
101	Zádveří	20	4	13
102	Vestibul	23	13,1	43
103	WC	25	4,7	15
104	Hala	23	15,3	50
105	Kuchyně	23	19,3	64
106	Jídelna	23	23,6	78
107	Sál	23	51,5	170
108	Ložnice	25	27,9	92
109	Šatna	25	5,5	18
110	WC	25	6,8	22
201	Hala	23	26	78
202	Ložnice	25	24,8	74
203	WC	23	2,1	6
204	Ložnice	25	33,6	101
205	Kabinet	23	13,4	40
206	Koupelna	25	23,4	70
207	Šatna	25	6	18
208	Komora	23	2,3	7
209	Komora	20	2,2	7

2 Tepelný ztráty budov

Místnosti Budovy jsou izolovány od vnějšího prostředí pomocí vnějších stěn, což jim umožňuje vytvořit specifické mikroklima. Vnější stěny chrání obytný prostor před přímými povětrnostními vlivy, a speciální systémy podporují určité stanovené parametry vnitřního prostředí. Sbírkou všech inženýrských nástrojů a zařízení, poskytují zadané podmínky mikroklima.

Pro správný výpočet tepelně izolační schopnosti a výběr topných systémů je třeba vědět o skutečných tepelných ztrátách domu.

2.1 Celková tepelná ztráta místnosti

Tepelná ztráta místnosti se počítá jako součet dvou tepelných ztrát:

$$Q_c = Q_p + Q_v \quad [W] \quad (2.1)$$

kde

Q_c [W].....*tepelná ztráta místnosti,*
 Q_p [W].....*tepelné ztráty stěnami,*
 Q_v [W].....*tepelné ztráty větráním.*

2.2 Tepelná ztráta prostupem stěnami

Prostupem tepla stanovujeme tepelnou ztrátu pro návrh teplosměnné plochy, která kryje tepelnou ztrátu. Tepelnou ztrátou však stanovíme pouze ztrátu prostupem tepla z místnosti do venkovního prostředí nebo do sousedních místností, kde je nižší teplota.

$$Q_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W] \quad (2.2)$$

kde

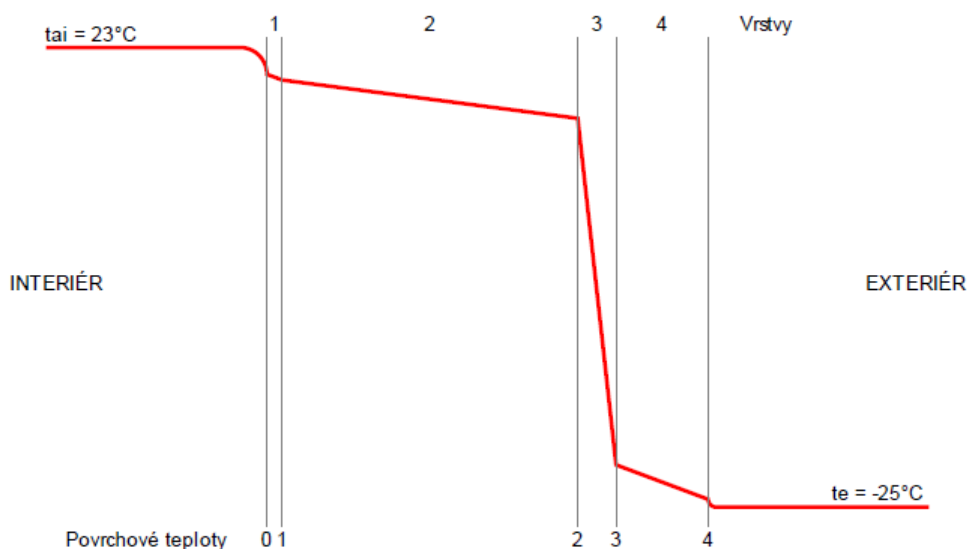
Q_0 [W]..... *základní tepelná ztráta prostupem,*
 p_1 [W]..... *přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn,*
 p_2 [W]..... *přirážka na urychlení zátoku,*
 p_3 [W]..... *přirážka na světovou stranu.*

Součinitel prostupu tepla - celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R, je dán výtahem:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \sum_1^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{a_e}} \quad [W/m^2K] \quad (2.2.1)$$

Tepelný odpor stěny R_{th} se vztahuje pouze ke stavební konstrukci a nezávisí na ochlazovacích podmínkách.

$$R_{th} = \sum_1^n \frac{s_j}{\lambda_j} \quad [m^2KW^{-1}] \quad (2.2.2)$$



Obr. 2.1 Schéma ustáleného prostupu tepla vnější zdi [2]

kde

- 1.....omítka
 2.....zed'
 3.....izolace (polystyren)
 4.....krycí vrstva

- s_j[m].....tloušťka vrstvy konstrukce
 λ_j[$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$].....tepelná vodivost vrstvy
 α_i, α_e[$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$].....součinitel prostupu tepla
 t_{ai}, t_e[°C].....teplota vnitřní, vnější

V případě, že na vnější straně vyšší teplota než ve vytápěné místnosti, má tepelný tok prostupující touto konstrukcí zápornou hodnotu a v tomto případě jde o tepelný zisk, který zmenšuje základní tepelnou ztrátu.

Symbol	Popis ohrazení	U
		W/m^2K
VD	Vnitřní dveře	2,542
S	Střecha	0,248
OJ	Okenní jednotka	1,898
PP	Podzemní podlaží	1,939
P1	Podlaha 1 patra	1,609
VS	Vnější stěna	0,453
SS	Sklep stěna	1,799
VSS	Vnější stěna sklepa	2,147

Tab. 2.1 Součinitele prostupu tepla k stavebním konstrukcím

Výpočty k určení součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí jsou ve Příloze č.1

Pro stanovení všech výpočtových teplot a stanovení součinitelů prostupu tepla se stanoví základní tepelná ztráta Q_0 . Základní tepelná ztráta se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost.

$$Q_0 = \sum_1^n k_j \cdot S_j \cdot (t_{ai} - t_e) \quad [\text{W}] \quad (2.2.3)$$

kde

k_j[W/m²K].....*součinitel prostupu tepla konstrukce*
 S_j[m²].....*ochlazovaná část stavební konstrukce*
 t_{ai} [°C].....*vnitřní výpočtová teplota*
 t_e[°C].....*vnější výpočtová teplota*

2.3 Přirážky k základní tepelné ztrátě prostupem

Aby byla možnost dokonale splnit podmínky tepelné rovnováhy pobývajících osob, je nutné zvětšit základní tepelnou ztrátu tak, aby vyloučit vliv chladnějších stěn a konstrukcí, aby byl urychlen zátop místností při venkovních teplotách blízkých výpočtovým.

Přirážka na vyrovnávání vlivu chladných stavebních konstrukcí umožňuje, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo dosaženo ve místnosti výpočtové vnitřní teploty.

p_1 – závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla k_c , který se vypočítá ze vztahu:

$$k_c = \frac{Q_0}{\sum_1^n S_j \cdot (t_{ai} - t_e)} \quad [\text{Wm}^{-2}\text{K}] \quad (2.3.1)$$

kde

$\sum_1^n S_j$ [m²].....*celková plocha všech konstrukcí vytápěnou místnosti*
 t_{ai}[°C].....*vnitřní výpočtová teplota*
 t_e[°C].....*výpočtová venkovní teplota*

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad [-] \quad (2.3.2)$$

Přirážka na urychlení zátoku se uvažuje v bytové výstavě, nemocnicích a podobně. Za normálních podmínek se tato přirážka neuvažuje. Pouze v případech, kdy ani při nejnižších teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění nebo ve případech, pokud při zadání přerušovaný provoz, např. průmyslové závody.

$p_2 = 0,10$ při denní době vytápění delší než 16 hodin
 $p_2 = 0,20$ při denní době vytápění kratší než 16 hodin

Přirážka na světovou stranu se stanovuje podle polohy nejvíce ochlazované stěny místnosti. Pokud místnost má více než jednu ochlazovanou stěnu se počítá s přirážkou p_3 nejvyšší. Hodnota přirážky p_3 se určí z normy ČSN 06 0210.

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka p_3 [-]	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tab. 2.3.3 Hodnoty přirážky p_3 na světovou stranu

2.4 Tepelná ztráta větráním

Výměna vzduchu stavebními materiály je důležitým jevem především u oken, který zabezpečuje přívod vzduchu do místností. Každý bytový prostor má své předepsané požadavky na větrání (Tab. 2.4.2 požadavky na větrání).

Rozlišujeme dva způsoby výměny vzduchu:

přirozená

V budovách které mají staré dveře nebo okna dochází k infilrací netěsnostmi oken a dveří. Velikost infiltrace závisí na rozdílu teplot a rychlosti větru. Výměnu vzduchu zajišťuje propustnost spár oken a dveří, zpravidla výměna je větší než je třeba, zvýšená prašnost a hlučnost v místnostech.

$$Q_v = c \cdot \sum_1^n (i_j \cdot l_j) \cdot B \cdot M \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (2.4.1)$$

kde

$c = 1300$[J/m³K].....*měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě 0°C,*

$\sum_{j=1}^n (i_j \cdot l_j)$[m³ · s⁻¹ · Pa^{-0,67}].....*provzdušnost oken a venkovních dveří,*

i_j[m² · s⁻¹ · Pa^{-0,67}].....*součinitel provzdušnosti,*

l_j[m].....*délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří,*

B[Pa^{0,67}].....*charakteristické číslo budovy,*

M[-].....*charakteristické číslo místnosti,*

$(t_i - t_e)$[°C].....*rozdíl teplot.*

Součinitel spárové průvzdušnosti hodnoty součinitelů oken a dveří jsou uvedeny v ČSN 73 0540-3 (1994)

Celková délka spáry l_j se stanovuje ze skladebných rozměrů otevíratelných oken a dveří. Uvažuje se přitom se spárami mezi jednotlivými křídly a rámem nebo sloupkem a mezi sebou přiléhajícími křídly. Součet součin $\sum (i_j \cdot l_j)$ se vztahuje na okna a venkovní dveře na návětrné straně budovy. U řadových místností s jednou venkovní stěnou se za návětrnou stranu považuje

strana, na které je venkovní stěna s oknem. U rohových místností s okny v obou venkovních stěnách se počítá se součinem $\sum(i_j \cdot l_j)$ pro okna v obou stavebních konstrukcích.

Charakteristické číslo místnosti M závisí na poměru mezi provzdušností oken a vnitřních dveří. Rozlišují se tyto případy:

M = 0,4 (místnosti, kde provzdušnost vnitřních dveří je menší než provzdušnost oken),

M = 0,5 (místnosti, kde provzdušnost vnitřních dveří je přibližně stejná jako provzdušnost oken),

M = 0,7 (místnosti, kde provzdušnost vnitřních dveří je větší než provzdušnost oken),

M = 1,0 (místnosti bez vnitřních stěn, např. sály, velkoprostorové kanceláře apod.).

Charakteristické číslo budovy B závisí na rychlosti větru, která je odvislá od polohy budovy v krajině (poloha chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá) a od druhu budovy (řadové budovy a osaměle stojící). B se rovná od 3 do 16 Pa^{0,67}, hodnoty jsou uvedeny v Tab. 2.4.1

Z hlediska rychlosti větru se rozlišuje normální krajina a krajina s intenzivními větry.

Krajinná oblast se zřetelem k intenzitě větru	Poloha budovy v krajině	Rychlost větru w [m/s]	Charakteristické číslo budovy B [Pa ^{0.67}]	
			Řadové budovy	Osaměle stojící budovy
Normální krajina	chráněná	4	3	4
	nechráněná	6	6	8
	velmi nepříznivá	8	9	12
Krajina s intenzivními větry	chráněná	6	6	8
	nechráněná	8	9	12
	velmi nepříznivá	10	12	16

Tab. 2.4.1 Charakteristické číslo budovy B

nucená

Instalace vzduchotechnického zařízení může tvořit efektivní systém umožňující víceméně konstantní výměna vzduchu. Centrální ventilátor odvádí znehodnoceny vzduch (koncentrace škodlivin) z bytových kuchyní, koupelen a WC.

Vzhledem k tomu že objekt byl postaven v roce 2013 a má moderní okna a dveří, musíme počítat nucené tepelné ztráty větráním.

Tepelná ztráta prostoru větráním Q_v počítáme podle vztahu:

$$Q_v = c_p \cdot V_v \cdot (t_{in} - t_e) \quad [\text{W}] \quad (2.4.2)$$

kde

V_v [m³/s]..... tok větracího vzduchu [m³]

t_{in} [°C]..... výpočtová vnitřní teplota [°C]

t_e [°C]..... výpočtová venkovní teplota [°C]

$c_p = 1300$[J/ m³K]..... měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě 0°C

Objemový tok větracího vzduchu místnosti V_v musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků. Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu n_h [h⁻¹], hodnoty pro jednotlivé části bytu shrnuje Tab. 2.4.2

Potřebný průtok vzduchu V_v se stanoví ze vztahu:

$$V_v = \frac{n}{3600} \cdot V_m \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.4.3)$$

V_m[m³]..... vnitřní objem prostoru (místnosti) [m³]

Prostor	Minimální průměrná výměna vzduchu nebo min. množství čerstvého vzduchu	Minimální množství odváděného vzduchu	Doplňující požadavky
Celý byt	0,5 h ⁻¹		
Ložnice	0,5 h ⁻¹ a ne méně než 15 m ³ ·h ⁻¹ na osobu		Musí být přímé větrání otvíravým oknem nebo větracím otvorem
Obytný pokoj	0,5 h ⁻¹		Musí být přímé větrání otvíravým oknem nebo větracím otvorem
Kuchyně			Musí být přímé větrání otvíravým oknem nebo větracím otvorem. Odsavač par nad sporákem s výkonem 80 m ³ ·h ⁻¹
Koupelna		min. 40 m ³ ·h ⁻¹	Podtlakové větrání
WC		min. 40 m ³ ·h ⁻¹	

Tab. 2.4.2 Požadavky na větrání bytových prostor

Výpočty všech tepelných ztrát je ve Příloze č.2

2.5 Spotřeba energie

Jako výsledek výpočtů, pro zvolený objekt, jsme dostali celkový tepelný ztráty. Odpovídající ztráty $Q_c = f(T_{ext})$ jako součet jednotlivých funkčních hodnot pro 2 různé vnější teploty (-25 a -10).

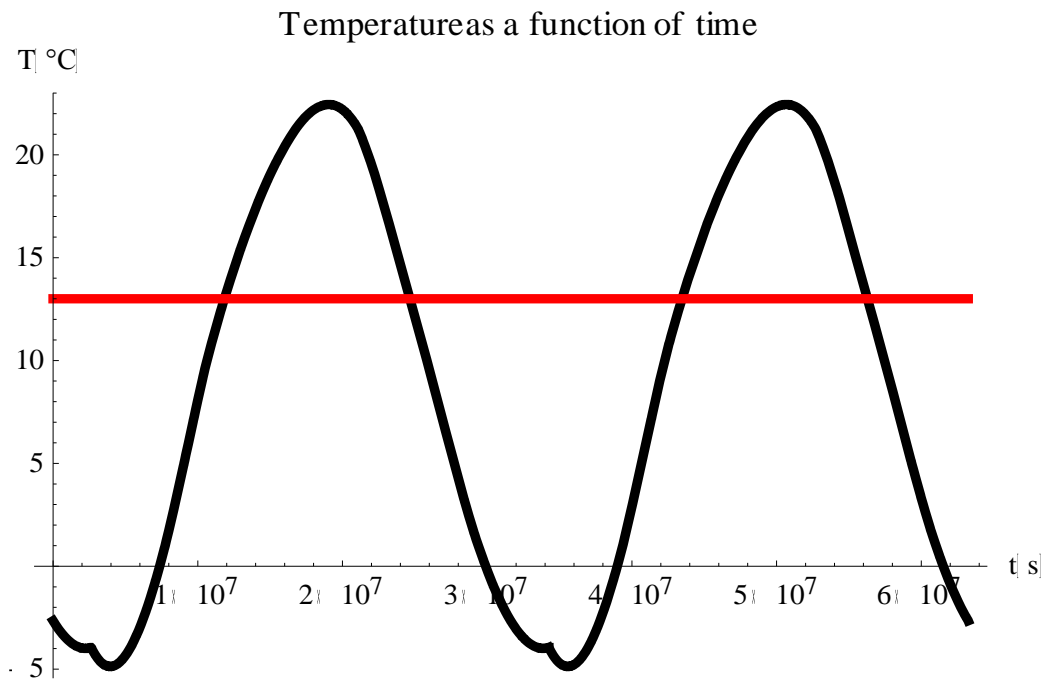
$$Q_c(T) = 43533.3 - 1172.67 T$$

Při vytápění se obvykle zjišťuje roční spotřeba tepla, tj. spotřeba za otopné období d dnů

(obvykle se tím rozumí počet dnů s teplotou nižší než je zvolená $t_{em} = 13^\circ\text{C}$). Teoretická spotřeba, se určí z celkové tepelné ztráty objektu a délky otopné sezóny. Roční skutečná spotřeba je větší než teoretická a odpovídá množství energie a závisí na účinnosti zdroje, rozvodu a regulaci tepla.

Délka topné sezóny

Dodávka tepelné energie se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod $+13^\circ\text{C}$. Průměrné denní teploty v průběhu roku jsou patrné ze závislosti teploty na čase $T = f(t)$. Obr 2.5



Obr. 2.5 Průběh teplot během roku

Z těchto hodnot můžeme určit celkovou potřebu tepla jako obsah plochy omezené křivkou pod hodnotou počáteční teploty otopné sezóny:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} Q_c(t) dt \quad [\text{kWh}] \quad (2.5)$$

Výsledky výpočtu:

délka otopné sezóny	$\Delta t = 218$ dnů
roční spotřebu tepla na vytápění	$W = 216,26$ [MWh]

Výpočet spotřeby energií je ve Příloze č.3

3 Energeticky úsporné technologie, snížení tepelných ztrát

3.1 Tepelná izolace

Tepelný tok je vždy zaměřen z teplejšího prostoru do chladnějšího. V chladném počasí, teplo z domu, přechází do chladného venkovního vzduchu, a čím chladnější venku, tím rychleji uniká teplo z domu. Z tohoto důvodu, tepelná izolace stěn, je jedním z hlavních zdrojů úspor energie. Po zateplení domu s použitím kvalitních moderních izolačních materiálů lze dosáhnout podstatného snížení tepelných ztrát, ale není možné této ztrátě tepla úplně zabránit, pouze ji můžeme zpomalit.

Ke snížení ztrát přestupem konstrukcí je potřeba vhodným způsobem zvýšit tepelný odpor konstrukce R_{th} (2.2.1), což znamená snížit součinitel prostupu tepla K (2.2.2).

S ohledem na skutečnost, že objekt je nový a celkem má dostatečno moderní systém zateplení včetně:

- Omezení tepelných ztrát střechou
- Omezení tepelných ztrát sklepními prostory
- Omezení tepelných ztrát okny a dveřmi
- Zateplení obvodových stěn

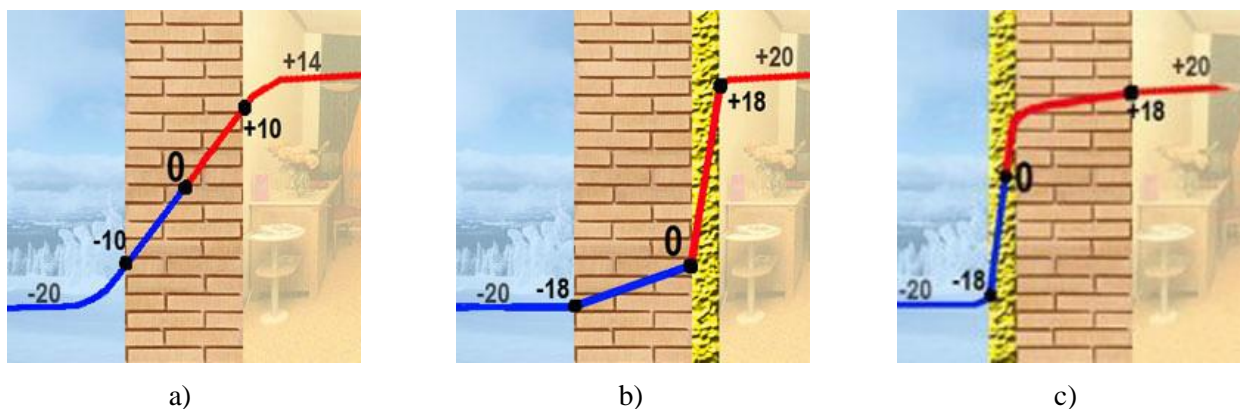
Druhy zateplovacích systémů dělíme podle dvou způsobů instalace obr. 3.1

Vnější zateplení je optimálním způsobem zvýšení tepelného odporu stěn. Může vyřešit tepelné mosty, což jsou místa, kde tepelný odpor konstrukce je podstatně nižší než okolní plochy (např. výklenky pro radiátory, nedostatečně izolované betonové překlady nad okny a dveřmi, kouty místností). Tepelné mosty způsobují snížení povrchové teploty konstrukce pod teplotu rosného bodu, a proto zde může kondenzovat vodní pára a vznikat plísně.

Vnější zateplením stavby získají také zvýšenou odolnost proti nepříznivým klimatickým vlivům. Původní zdivo chráněné izolací, funguje jako akumulátor tepla s vyrovnávacím účinkem proti kolísání venkovní teploty, což má vliv na mikroklima v místnostech, v zimě jsou déle teplé, v létě naopak déle chladné. Nevýhodou je omezená použitelnost u objektů s bohatě členěnou fasádou, zdobenou dekorativními prvky. Někdy je vhodné provést zateplení částečné, a to na exponovaných fasádách, zpravidla na severní a návětrné.

Vnitřní zateplení je vhodné pro historické dekorativní členité fasády. Zateplení může být prováděno postupně. Význam má u příležitostně vytápěných místností. Další předností zateplování zevnitř je až 4x nižší cena než venkovní zateplení. Důležitým požadavkem u vnitřního zateplení je zajištění přijatelných difúzních poměrů konstrukce.

Tento způsob zateplení má řadu nevýhod. Původní zdivo je vystaveno nepříznivým klimatickým podmínkám, vlivem vnitřní izolace ztrácí schopnost akumulovat a vracet teplo při poklesu teploty, a tak může dojít k promrzání, což vede ke vzniku mrazových trhlin. Při poruše difúzních poměrů, dochází k vlhnutí konstrukce a vzniku plísní. Nevýhodou je zmenšení plochy místnosti. Elektrické instalace, je nutné je vyvést na nový povrch stěn



Obr. 3.1 Prostup tepla konstrukcí v zimním období [3]

způsob zateplení obvodových stěn a) bez zateplení, b) vnější zateplení, c) vnější zateplení

Materiály označované jako tepelné izolanty vedou špatně teplo a jsou vhodné pro tepelnou izolaci.

Izolační materiál		λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Vlastnosti
Pěnový polystyren	EPS	0,037 – 0,050	minimální nasákavost, tvarová stabilita, dořešená metoda následné recyklace
Extrudovaný polystyren	XPS	0,030 – 0,040	
Polyuretanová pěna	PU	0,018 – 0,035	užívá se k izolaci plochých střech a častěji na stavební detaily, obvody okenních rámců
Minerální izolace (skelná nebo čedičová vlna)		0,018 – 0,096	vykazuje vysokou paropropustnost, tlumí hluk, užívá se především na izolaci střech a sádkarton. příček
Přírodní izolace (sláma, konopí, celulóza, ...)		0,030 – 0,096	případná ekologická likvidace po dovršení životnosti
Pěnové sklo		0,040 – 0,050	mimořádná pevnost v tlaku, snáší vysoké teploty, dobře se obrábí
Expandované horniny		~0,040	izolační zásypy, (např. perlit, expandovaný jííl) - bývají také součástí lehčených betonů a zděicích tvárníc

V daném objektu k izolování obvodových zdí použit Extrudovaný polystyren (XPS), jedná se o "speciální odolný polystyren" extruze, což již v názvu napovídá systém výroby produkující materiál s vlastností: vysoká pevnost v tlaku, odolnost proti mechanickému namáhání, připravenost pro styk se zemínou a vodou. To vše představuje extrudovaný polystyren XPS. Nejčastější použití je v suterénních částech stavby, tedy základy, sokly, základové pasy a desky. Samozřejmě je polystyren XPS vlastnostmi vhodný také pro veškeré vysoce namáhané podlahy a ploché střechy.

Extrudovaný polystyren XPS je vyráběn extruzí což je vytlačování taveniny krystalového polystyrenu, který je současně sycen vzpěňovadlem a tím napěňován.

	d	R	k	$Q_{c(-25)}$	$Q_{c(-10)}$
	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W]	[W]
1	0,05	2,21	0,45	72850	55260
2	0,1	3,87	0,26	71850	52470
3	0,15	5,54	0,18	70000	51283
4	0,2	7,21	0,14	69400	50780

Tab. 3.1 Celkové tepelné ztráty při různé tloušťce zateplení XPS

Jak to je vidět z tabulky (3.1) při zvýšení tloušťky zateplení, celková tepelná ztráta významně neklesla. Z čeho můžeme uzavírat že původní izolace má dost dobrý tepelný odpor a není smysl investovat prostředky aby se snížil tepelnou ztratu o 1-2 kW za 5cm izolace plochy celého objektu. To by bylo příliš nákladné a nepraktické.

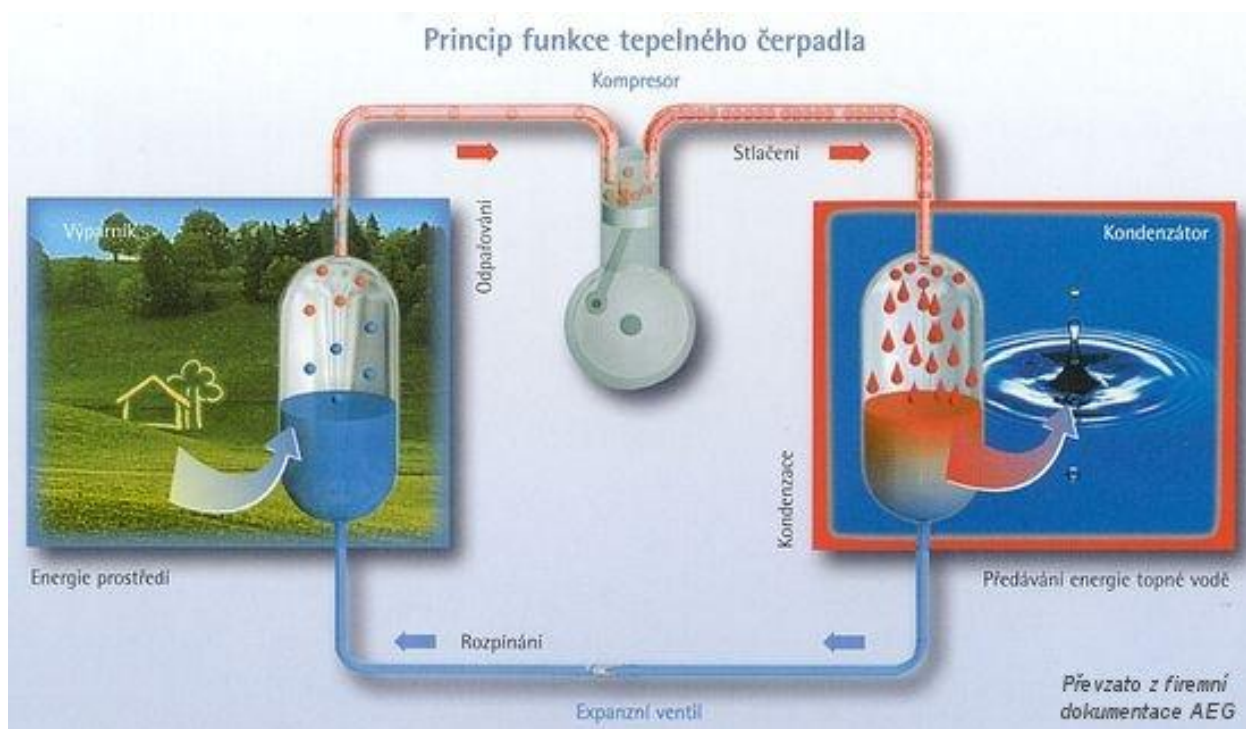
3.2 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, které z okolního prostředí – vzduchu, vody, země a je schopno odčerpávat energii, kterou pak ve formě tepelné energie dodává.

3.2.1 Základní princip tepelného čerpadla

Principem je uzavřený okruh, obdobný jako u kompresorové chladničky, jímž se na jedné straně teplo odebírá a na druhé straně předává. Chladnička odebírá teplo z vnitřního prostoru z potravin a předává ho kondenzátorem na své zadní straně do místnosti. Požadovaným efektem je zde snížení teploty ve vnitřním prostoru chladničky, ohřívání vzduchu v místnosti je nezbytným důsledkem. Tepelné čerpadlo namísto potravin odebírá tepelnou energii ze vzduchu, vody nebo ze země a na termodynamickém principu ji mění v potřebné teplo. Tepelné čerpadlo umožňuje využití nízkopotenciálního tepla, které nelze běžným přímým způsobem využít, neboť má příliš nízkou teplotu.

Tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části chladicího okruhu: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Teplo odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává pracovní látce (kapalnému chladivu) při relativně nízké teplotě. Zahřátím chladiva dojde k jeho odpaření a páry jsou následně stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. Stlačené chladivo je přiváděno do kondenzátoru, kde při kondenzaci předává teplo do topné vody za vyšší teploty než bylo teplo ve výparníku odebráno. V expanzním ventilu se cyklus uzavírá a dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu ve výparníku.



Obr. 5 schéma tepelného čerpadla [2]

3.2.2 Základní rovnice tepelného čerpadla

Jedná se o dvě rovnice, z nichž první popisuje první větu termodynamickou a druhá druhou větu termodynamickou.

$$Q_{top} = Q_{in} + P_{el} \quad [W] \quad (3.2.2.1)$$

kde

Q_{in} [W] *teplo odebírané zdroji*
 P_{el} [W] *elektrický příkon*
 Q_{top} [W] *topný výkon (teplo získané po přečerpání)*

$$Q_{top} = \varepsilon * P_{el} \quad [W] \quad (3.2.2.2)$$

kde

ε [-] *topný faktor tepelného čerpadla*

První věta termodynamická:

Celková energie izolované soustavy stálá (časově neměnná). Energie tedy v izolované soustavě nemůže samovolně vznikat ani zanikat. Druh energie se však může měnit, např. mechanická energie může přecházet na teplo apod. Celkové množství energie (všech druhů) izolované soustavy zůstává zachováno.

Druhá věta termodynamická:

Teplo nemůže při styku dvou těles různých teplot samovolně přecházet z tělesa chladnějšího na těleso teplejší; nelze sestavit periodicky pracující stroj, který by nezpůsoboval žádné jiné změny, než že by produkoval práci odnímáním ekvivalentního množství tepla ze zdroje o stálé teplotě.

Výkon tepelného čerpadla je dán součtem energie odebrané z okolního prostředí a elektrické energie dodané pro pohon kompresoru. Rozdíl mezi energií dodanou a získanou udává takzvaný topný faktor. U tepelných čerpadel se jeho hodnota pohybuje v poměru mezi dvěma a půl až čtyřmi jednotkami získané energie ku jedné dodané. Samozřejmě platí, že čím je číslo větší, tím je provoz tepelného čerpadla efektivnější a tím více šetříte.

Topný faktor představuje kromě ceny nejdůležitější údaj, který udává, kolikrát je větší získaný výkon proti vynaloženému příkonu (elektrickému). Topný faktor závisí na teplotě zdroje tepla a na teplotě, při které je teplo spotřebováno. Čím vyšší je teplota zdroje tepla a čím nižší je teplota, při které se teplo spotřebovává, tím větší je topný faktor. Vztahuje se vždy jako momentální hodnota na určitý provozní stav. Pro topný faktor se pro současná tepelná čerpadla udává následující přibližný vztah:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} * \frac{T_k}{T_k - T_0} \quad [-] \quad (3.2.2.3)$$

kde

T_0 [K] *teplota odparníku*
 T_k [K] *teplota kondenzátoru*

Z tohoto vztahu je vidět, že čím menší bude rozdíl mezi teplotou odparníku (teplotou prostředí, ze kterého se teplo odebírá) a teplotou kondenzátoru (požadovanou teplotou topné vody pro vytápění), tím bude vyšší topný faktor, a tím vyšší bude účinnost tepelného čerpadla.

Rovnice pro výpočet vložené elektrické energie je

$$W_{el} = \int_{t_{poc}}^{t_{konc}} P_{el}(t) dt \quad [W] \quad (3.2.2.4)$$

kde

P_{el} [W]*elektrický příkon*

Rovnice pro výpočet potřebné tepelné energie je

$$W_{top} = \int_{t_1}^{t_2} P_{top}(t) dt \quad [W] \quad (3.2.2.5)$$

kde

P_{top} [W]*topný výkon*

Výsledný topný faktor tepelného čerpadla tedy je

$$\varepsilon = \frac{W_{top}}{W_{el}} \quad [-] \quad (3.2.2.6)$$

kde

ε [-]*topný faktor tepelného čerpadla*

W_{top} [J]*topný výkon*

W_{el} [J]*elektrický příkon*

3.2.3 Rozdělení a princip značení tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla se vždy zkráceně označují podle toho odkud teplo odebírají a jaké látce teplo předávají. Jako "zdroj tepla" tepelná čerpadla nejčastěji využívají: venkovní vzduch, zemi nebo vodu. Další méně obvyklou možností je využití odpadního vzduchu, odpadních vod nebo pramenů teplé podzemní vody.

Primární zdroj tepla – vzduch

Největší výhodou vzduchu je jeho dostupnost. Z hlediska zásahu do okolí je tento zdroj velice výhodný.

Rozlišujeme dva typy čerpadel s primárním zdrojem tepla vzduchu:

a) Tepelná čerpadla vzduch-voda

Tento systém, na primární straně nositelem, má tepelné energie vzduch, na sekundární straně voda. Ohřátá otopná voda jako topné médium je pak využívána k vytápění domů, k přípravě teplé užitkové vody, případně pro ohřev vody v bazénech. Tepelná čerpadla tohoto systému se vyrábí ve dvou provedeních:

- Samostatná venkovní a vnitřní jednotka. Venkovní jednotka s ventilátorem je propojena s vnitřní částí izolovaným potrubím, ve kterém proudí chladivo. Venkovní jednotka je relativně malá. Vzdálenost venkovní a vnitřní části je omezena většinou na přibližně 10 m. Vnitřní jednotka je připojena na topnou soustavu stejně jako kotel.
- Kompaktní provedení venkovní. Celé tepelné čerpadlo je umístěno ve venkovním prostoru. Propojení s vnitřní topnou soustavou se provede izolovaným potrubím, ve kterém proudí topná voda. Výhodou je, že zařízení nezabírá žádný vnitřní prostor a nezatěžuje ho hlukem.

b) Tepelná čerpadla vzduch - vzduch

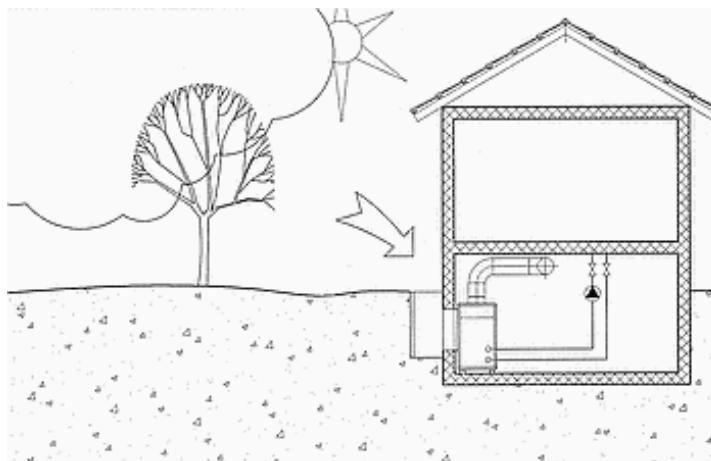
U tepelného čerpadla tohoto systému je opět na primární straně nositelem tepelné energie vzduch, sekundární okruh tvoří zpravidla klimatizace či teplovzdušné rozvody. Na obou stranách systému je tedy nositelem tepelné energie vzduch. Konstrukce výparníku je přizpůsobena prostředí, ze kterého se teplo odebírá. Celé tepelné čerpadlo je umístěno ve vnitřním prostoru. K čerpadlu musí být z venkovního prostoru přiveden vzduch a ochlazený vzduch zpět do venkovního prostoru odváděn. Aby mezi nasávaným a vyfukovaným vzduchem nedocházelo k promíchání a tím snížení účinnosti, musí být sací a výfukový otvor v dostatečné vzdálenosti od sebe. Vnitřní provedení je levnější než venkovní, ale zabírá podstatně více vnitřního.

Výhody:

- Tepelné čerpadlo lze použít prakticky ve všech případech bez omezení.
- Instalace nevyžaduje žádné zásahy do okolního prostředí.
- Nejsou vyžadovány žádné další náklady po vystavbě.

Nevýhody:

- Vyšší pořizovací cena samostatného tepelného čerpadla.
- Výkon tepelného čerpadla klesá s venkovní teplotou.
- Hluk venkovní jednotky s ventilátorem.



Obr. 3.2.3.1 Tepelné čerpadlo systému vzduch-voda [2]

Primární zdroj tepla – voda

V tomto případě je zdrojem nízkopotenciálního tepla voda a to buď povrchová nebo podzemní. Nízkopotenciální energii je možné odebírat pomocí soustavy PE trubek s nemrznoucí směsí vložené do potoka, řeky či jiného vodního zdroje s dostatečnou tepelnou kapacitou. Je nutné zabránit úplnému zamrznutí toku a zanášení výměníků nečistotami.

Tepelná čerpadla tohoto systému se vyrábí ve třech provedeních:

- Hlubkové vrtvy. Tepelné čerpadlo využívá odběru tepla z hloubkových vrtů. Do vrtů se uloží plastová trubka, ve které proudí nemrznoucí kapalina. Pro tepelné čerpadlo o výkonu 10kW je třeba přibližně 120-180m vrtů. Vrtvy musí být umístěny nejméně 10m od sebe.

Výhody:

- Stabilní teplota zdroje tepla z vrtu (ve vrtu se teplota po celý rok prakticky nemění) a tím provoz s nízkými náklady.

Nevýhody:

- Poměrně vysoké pořizovací náklady.
- Nepořádek spojený se zhotovováním vrtů.
- Neustálým ochlazováním vrtu dochází k jeho postupnému promrzání a tím se dlouhodobě snižuje výkon tepelného čerpadla.

- Voda ze studny. Využití studniční vody vyžaduje zejména celoročně dostatečně vydatný zdroj, který je nutno ověřit dlouhodobou čerpací zkouškou. Dále je důležité vhodné složení vody, které nebude způsobovat zanášení výměníku. Voda se čerpá ze studny většinou klasickým ponorným čerpadlem, v tepelném čerpadle je ochlazena a vrací se zpět do vsakovací studny. Teplota vody ve studni musí být dostatečně vysoká, aby ji bylo možno ochlazovat bez nebezpečí zamrznutí (cca 6-7°C).

Výhody:

- Nižší pořizovací náklady ve srovnání s vrtvy.

Nevýhody:

- Požadavky na kvalitu, dostatečné množství vody a teplotu vody.
- Venkovní část dále vyžaduje pravidelnou údržbu (čištění filtrů).

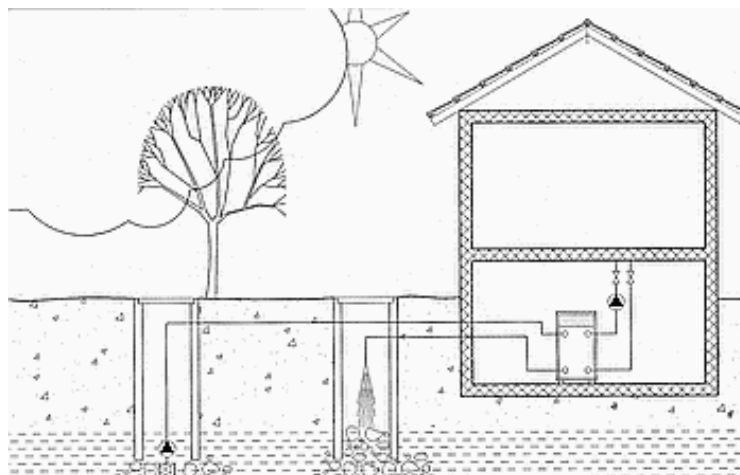
- Povrchová voda (rybník, řeka). Při využití vody z rybníka nebo řeky se většinou na dno pokládá kolektor vytvořený z plastových trubek, kterým proudí nemrznoucí teplotonosná látka. V některých případech lze vodu přivádět přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou ji vypouštět zpět do řeky (obdobně jako při využití studniční vody).

Výhody:

- Nižší pořizovací náklady ve srovnání s vrtvy.

Nevýhody:

- Omezení na lokality s dostatkem povrchové vody.
- Znečištění vody a nutnost platit za odběr vody.



Obr. 3.2.3.2 Tepelné čerpadlo systému voda –voda [2]

Primární zdroj tepla – půda

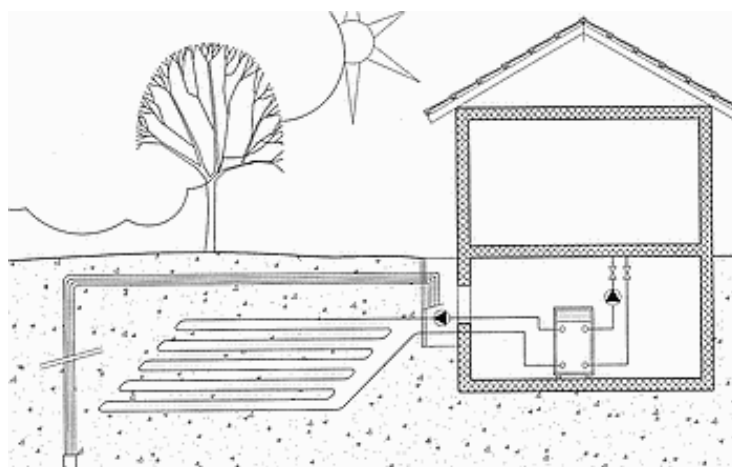
Zemní plošný kolektor. Tepelné čerpadlo využívá odběru tepla z půdy, např. ze zahrady. V hloubce přibližně 1 m a s roztečí také 1 m je položena plastová trubka (zemní kolektor), kterou proudí nemrznoucí kapalina. Instalace zemního kolektoru tedy vyžaduje plošnou skrývku poměrně velké plochy nebo bagrování dlouhých výkopů. Pro tepelné čerpadlo o výkonu 10kW je třeba přibližně 250-350 m² plochy pozemku.

Výhody:

- Nižší pořizovací náklady ve srovnání s vrty.

Nevýhody:

- Potřeba dostatečně velkého pozemku.
- Na ploše kde je uložen zemní kolektor nelze stavět.
- Neustálým ochlazováním zemního kolektoru dochází v zimních měsících k jeho promrzání a tím snižování výkonu.



Obr. 3.2.3.3 Tepelné čerpadlo systému země –voda [2]

3.2.4 Návrh tepelného čerpadla pro zvolený objekt

Vzhledem ke všem parametrům a různým typům tepelných čerpadel které byly uvedeny v kapitole (3.2.3), po zvážení všech výhod a nevýhod, bylo rozhodnuto použít tepelné čerpadelo systému vzduch – voda.

Popis systému

Objekt je vytápěn dvěma tepelnými čerpadly systému vzduch - voda zařazenými do kaskády (paralelně) a plynovým kotlem o výkonu 70 kW, který slouží jako záložní zdroj energie. Výkon tepelného čerpadla vzduch-voda se obvykle pohybuje v rozmezí 70 až 80 % tepelné ztráty objektu. Při dimenzování tepelného čerpadla vzduch-voda je třeba počítat s tím, že jeho výkon postupně klesá se snižující se venkovní teplotou, a maximální výstupní teplota nemůže být dosažena při extrémních venkovních teplotách např. $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižších. Tímto řešením se dosáhne zajištění 100% krytí potřeby tepla pro vytápěný objekt.

K ukládání tepla v topném systému slouží akumulární nádoba. K dispozici je tedy topný výkon dvou tepelných čerpadel a 65,6 kW výkon elektrokotle a topných těles.

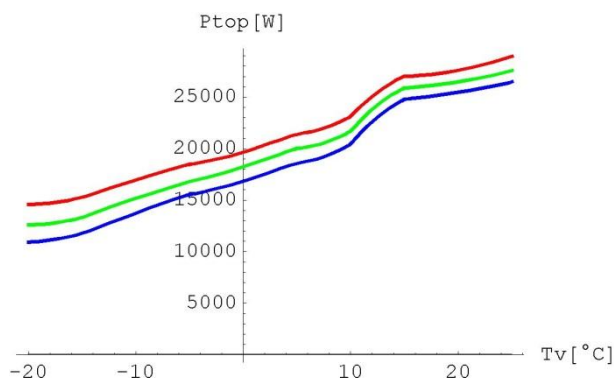
Tepelná čerpadla typu WPL 33 od firmy Stiebel-Eltron.

Vlastnosti použitých tepelných čerpadel byly vypočtené z údajů udávaných výrobcem pro tepelné ztráty dvou teplot. Grafy a jejich závislosti reprezentovány:

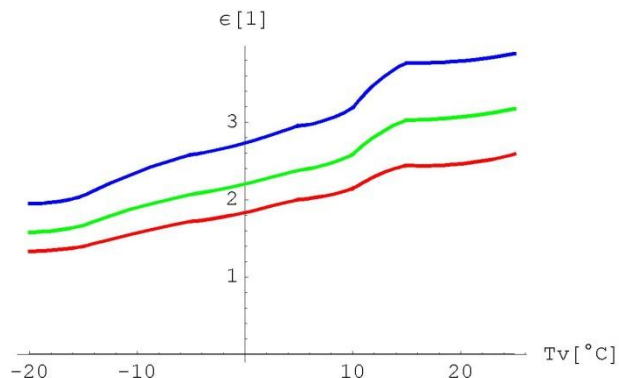
modrá barva teplotu výstupní vody 35°C ,

zelená barva teplotu výstupní vody 50°C

červená barva teplotu výstupní vody 60°C



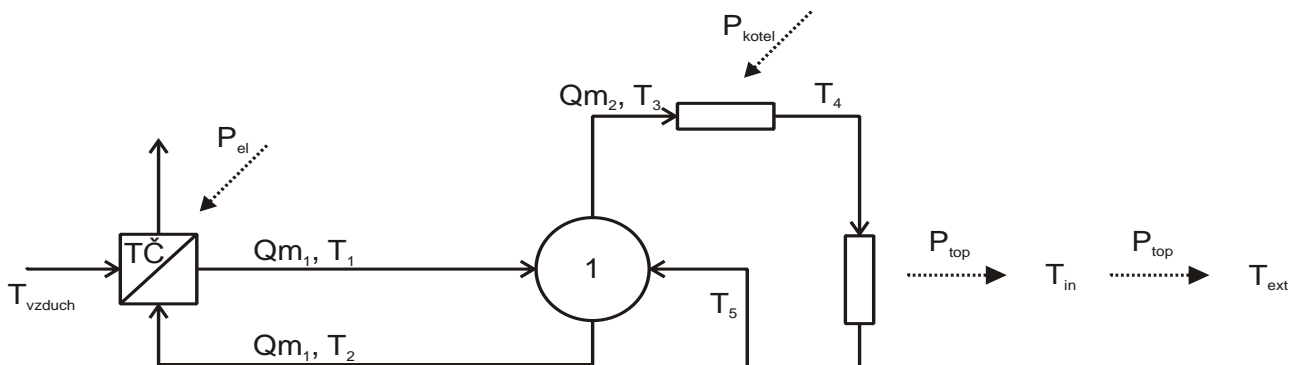
Obr. 3.2.4.1 topný výkon jednoho tepelného čerpadla



Obr. 3.2.4.2 topný faktor

Použitý model systému

Byl použit a upraven model poskytnutý vedoucím práce, model je podle schématu:



Voda v primárním okruhu s hmotnostním průtokem Qm_1 [$kg \cdot s^{-1}$] protéká paralelně spojenými tepelnými čerpadly **TČ**, kde se ohřívá z teploty T_2 na teplotu T_1 . Tepelným čerpadlům je dodáván elektrický výkon P_{el} a čerpadla dodávají vodě topný výkon P_{TC} . V zásobníku 1 se tato voda mísí s vodou ze sekundárního okruhu, který má hmotnostní průtok Qm_2 [$kg \cdot s^{-1}$] a při směšování lze položit $T_2 = T_3$. Pokud topný výkon tepelných čerpadel nestačí krýt potřebu tepelného výkonu, dohřívá se voda sekundárního okruhu v elektrokotli výkonem P_{kotel} z teploty T_3 na teplotu T_4 . V otopném systému voda chladne z teploty T_4 na teplotu T_5 , předává výkon $P_{top} = P_{TC} + P_{kotel}$ do interiéru o teplotě T_{in} . Jelikož jde o přibližnou analýzu ustáleného stavu, tentýž výkon se jako tepelná ztráta budovy předává do okolí o teplotě T_{ext} . V dalším je uvažováno $T_{ext} = T_{vzduch}$.

Rovnice popisující systém:

$$c \cdot Qm_1 \cdot (T_1 - T_2) = P_{TC} \quad (5.4.1)$$

$$c \cdot Qm_1 \cdot (T_1 - T_2) = c \cdot Qm_2 \cdot (T_3 - T_5) \quad (5.4.2)$$

$$c \cdot Qm_2 \cdot (T_4 - T_3) = P_{kotel} \quad (5.4.3)$$

$$c \cdot Qm_2 \cdot (T_4 - T_5) = P_{top} \quad (5.4.4)$$

$$P_{top} = k_{topeni} \cdot \left(\frac{T_4 + T_5}{2} - T_{in} \right) = 43533.3 - 1172.67 T_{ext} \quad (5.4.5)$$

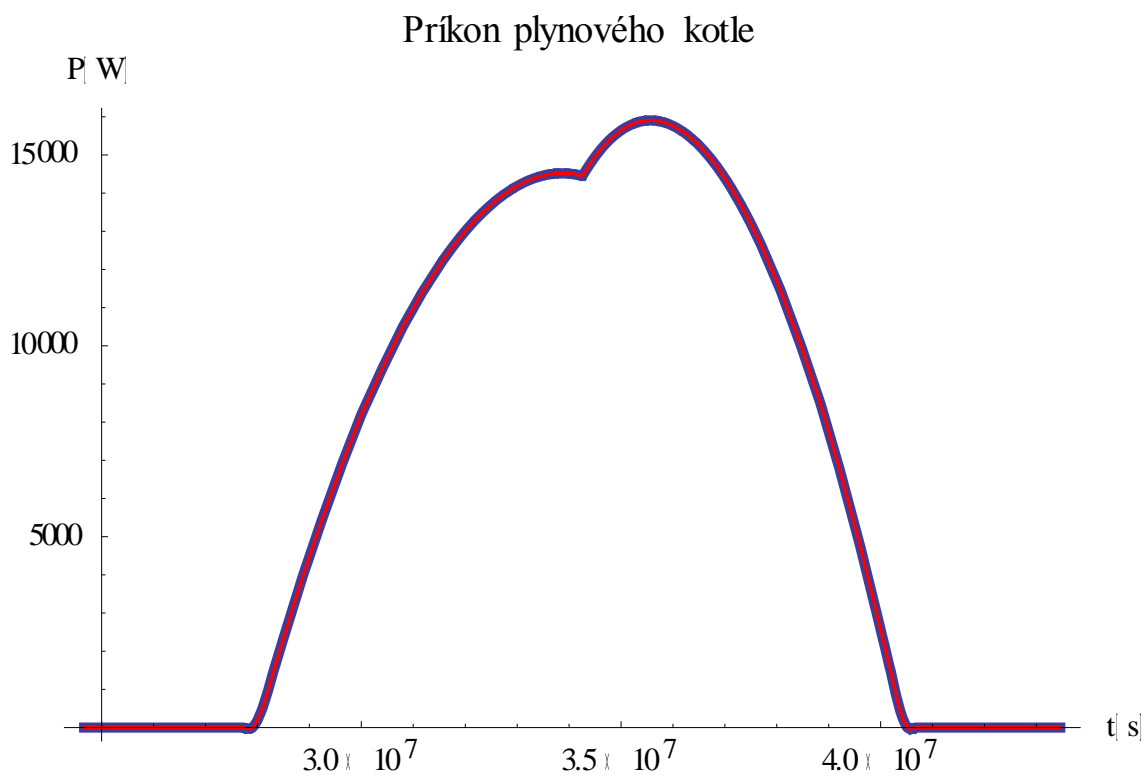
Vstupní údaje:

Pracovní charakteristiky TČ (topný výkon a topný faktor) pro různé teploty máme možnost vidět z grafů (5.4.1) a (5.4.2). Celkový tepelný ztráty $Q_c = f(T_{ext})$ jako součet jednotlivých funkčních hodnot pro 2 různé vnější teploty (-25 a -10).

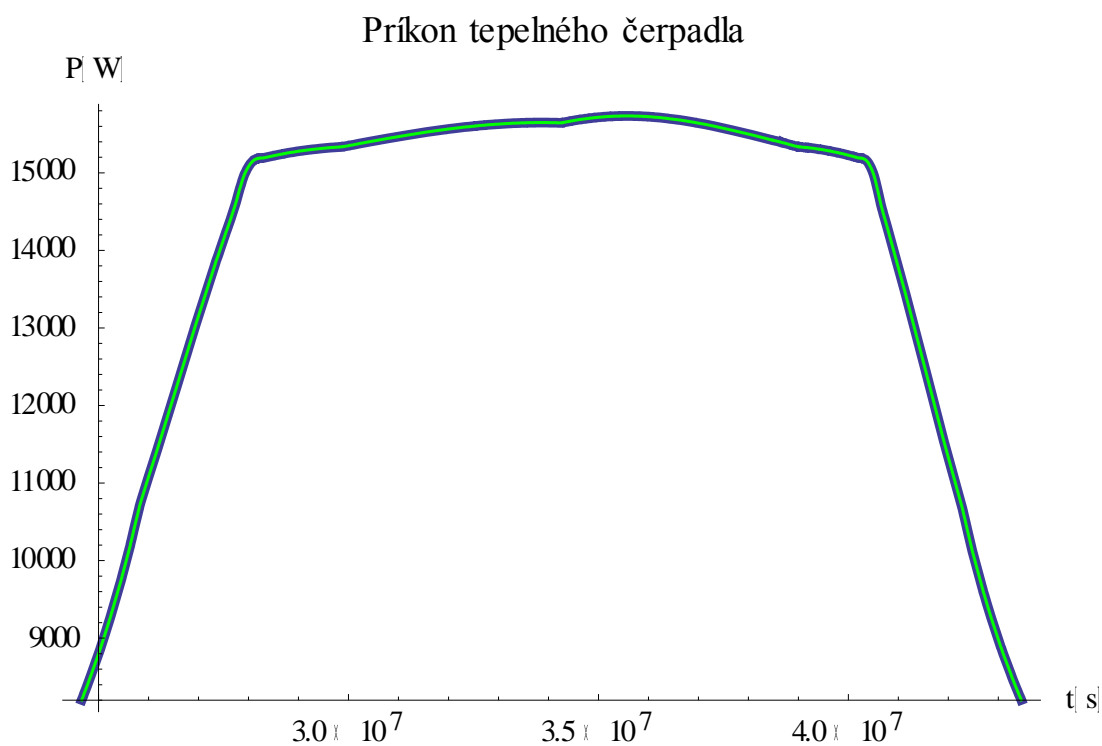
$$Q_c(T) = 43533.3 - 1172.67 T.$$

Abychom zjistili celkovou spotřebu elektřiny pro systém a spočítali příkon tepelného čerpadla a plynového (případně elektrického) kotle, musíme zadávat průměrné roční teploty v oblasti objektu.

Následující grafy ukazují výstupy programu v SW Mathematica, který je v příloze č.4.



Obr. 3.2.4.3



Obr. 3.2.4.4

Graf (Obr. 3.2.4.4) nám ukazuje že v době, kdy venkovní teplota přesáhne hodnotu 13°C, tepelné čerpadlo začne pomalu topit. Tudíž začne narůstat i příkon TČ.

Z grafu (Obr. 3.2.4.3) je vidět že nějakou dobu, a po dosažení teploty 13°C, příkon plynového kotle je nulový. V rozmezí teplot, zhruba od 3°C - 13°C TČ zvládne topit dům i bez příkonu plynového kotle. Ale výkon TČ postupně klesá se snižující se venkovní teplotou, což znamená že po dosažení max příkonu TČ se zapne plynový kotel, a začne dodávat výkon.

V případě správné spolupráce tepelných čerpadel, elektrokotle a topných těles v akumulární nádobě a správně navržených průtocích vody v systému může být z energetického hlediska provoz bezproblémový.

spotřeba energie na vytápění (plynový kotel)	133,358	[GJ]
spotřeba energie na vytápění (tepelné čerpadlo)	266,462	[GJ]
celková spotřeba energie na vytápění systému	778,462	[GJ]
spotřeba elektřiny	399,819	[GJ]
průměrný topný faktor	1,9472	[-]

3.2.5 Roční náklady na vytápění

Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení (Průměrná účinnost v %)	Cena tepla		Spotřeba paliva / rok	Náklady na vytápění Kč / rok
			Kč/GJ	Kč/kWh		
Zemní plyn (spalné teplo 37,82 MJ/m ³)	1,25/kWh 13,17 Kč/m ³ + 278 Kč/měsíc	Kotel běžný 95%	411	1,48	252563 kWh 24051 m ³	320018
Tepelné čerpadlo (d56 jistič nad 3x16 A do 3x20 A)	351 Kč/měsíc + 2,3/kWh	Průměrný roční topný faktor: 1,94	334	1,2	111397 kWh	259705

Tab. 3.2.5.1 Náklady na vytápění

Pořizovací náklady

Poz.	Typ	Množství	Cena bez DPH/kus
1	WPL 33	2	459932 Kč
2	Příslušenství WPL 33	1	40780 Kč
3	WPMW	1	12100 Kč
4	SBP 400 E	1	18013 Kč
5	WPKI 5	1	9480 Kč
6	Oběhové čerpadlo UP 25-80	1	4750 Kč
7	SD 32-1	2	1725 Kč
Celkem			548505 Kč
Cena včetně DPH			663691 Kč

Tab. 3.2.5.2 Ceník

Návratnost investice

Počáteční investice	$N_i = 663691,-$
Ostatní náklady	$NP = 0,-/rok$
Životnost TČ	$T\check{Z} = 20 \text{ let}$
Roční úspora	$V = 60313,-/rok$
Diskontní sazba	$d_s = 3 \%$

CASH FLOW (CF) - Peněžní tok za určité období představuje tedy rozdíl mezi příjmy a výdaji peněžních prostředků za toto období.

$$CF = V - NP = 60313 \text{ KAT} \quad (3.2.5.1)$$

DOBA NÁVRATNOSTI INVESTICE (T_0) - doba (počet let), za kterou peněžní příjmy z investice vyrovnají počáteční kapitálový výdaj na investici. Čím bude toto období kratší, tím se projekt považuje za výhodnější.

$$T_0 = \frac{N_i}{CF} = 11 \text{ let} \quad (3.2.5.2)$$

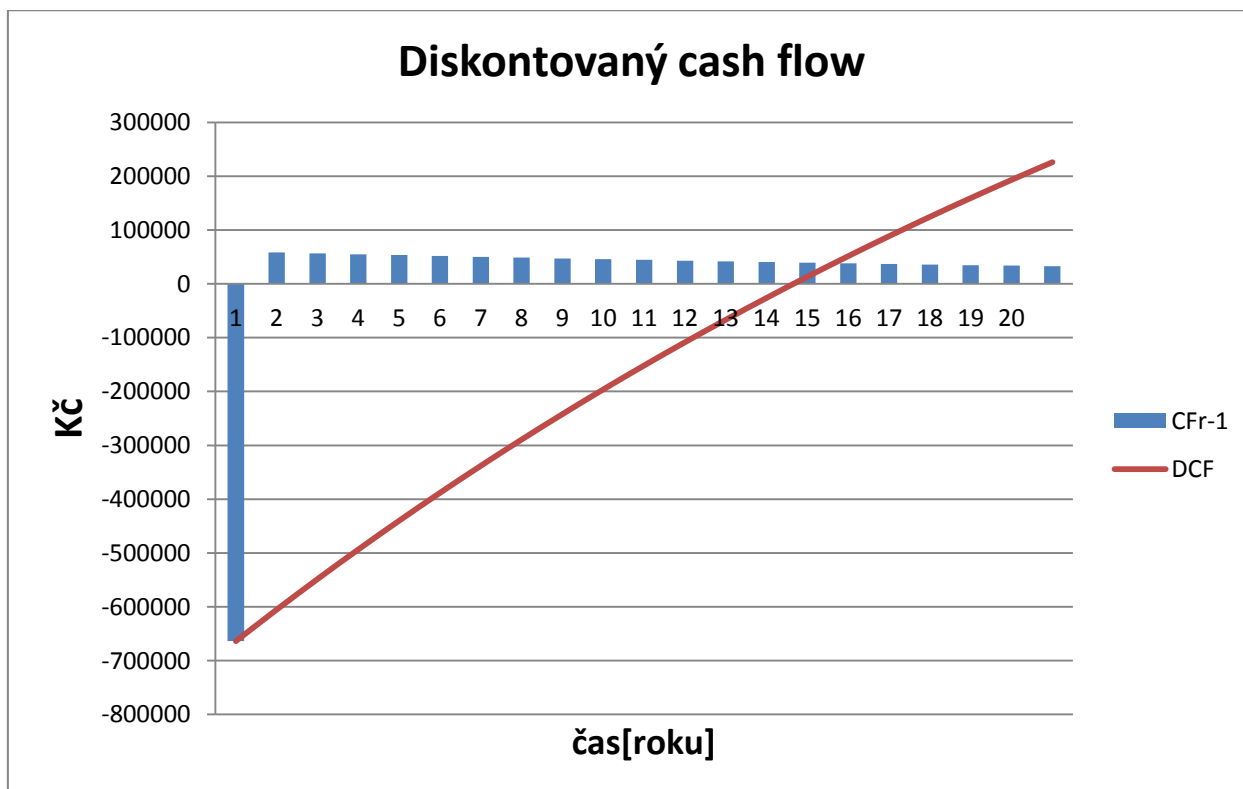
DISKONTOVANÁ NÁVRATNOST (T_s) - ve výpočtu diskontované doby návratnosti je zahrnuto hledisko časové hodnoty peněz, vyjadřuje tedy dobu potřebnou pro úhradu celkových investičních nákladů čistými příjmy projektu při respektování časové hodnoty peněz.

$$T_s = \frac{\ln \frac{1}{1 - T_0 \cdot d_s}}{\ln(1 + d_s)} = 13,5 \text{ let} \quad (3.2.5.3)$$

DISKONTOVANÝ CASH FLOW (DCF) - metoda hodnocení dlouhodobých investičních projektů vycházející z časové hodnoty peněz.

Cash flow	N_i	CF	CF_{r-1}	DCF
0	663691 Kč	-663691 Kč	-663691 Kč	-663691 Kč
1		60313 Kč	58504 Kč	-605187 Kč
2		60313 Kč	56749 Kč	-548439 Kč
3		60313 Kč	55046 Kč	-493393 Kč
4		60313 Kč	53395 Kč	-439998 Kč
5		60313 Kč	51793 Kč	-388205 Kč
6		60313 Kč	50239 Kč	-337966 Kč
7		60313 Kč	48732 Kč	-289234 Kč
8		60313 Kč	47270 Kč	-241965 Kč
9		60313 Kč	45852 Kč	-196113 Kč
10		60313 Kč	44476 Kč	-151636 Kč
11		60313 Kč	43142 Kč	-108494 Kč
12		60313 Kč	41848 Kč	-66647 Kč
13		60313 Kč	40592 Kč	-26054 Kč
14		60313 Kč	39375 Kč	13320 Kč
15		60313 Kč	38193 Kč	51513 Kč
16		60313 Kč	37047 Kč	88561 Kč
17		60313 Kč	35936 Kč	124497 Kč
18		60313 Kč	34858 Kč	159355 Kč
19		60313 Kč	33812 Kč	193167 Kč
20		60313 Kč	32798 Kč	225965 Kč

Tab. 3.2.5.3 Hodnoty výpočtu DCF



Obr. 3.2.5.4 Diskontovaný cash flow

3.3 Sluneční energie

Teplo ze slunečního záření můžeme využívat dvěma způsoby a to pasivně nebo aktivně.

Aktivní

Tyto systémy nám umožňují využívat vyšší efektivnosti. Aktivní využití sluneční energie můžeme rozdělit na využití tepelné energie (fototermické kolektory) a přímou přeměnu slunečního záření na elektrickou energii pomocí fotovoltaických kolektorů.

Pasivní

Jedná se vlastně o využití sluneční energie vhodnou konstrukcí budov. V těchto systémech se snažíme o co nejlepší a nejdelší přístup slunečních paprsků.

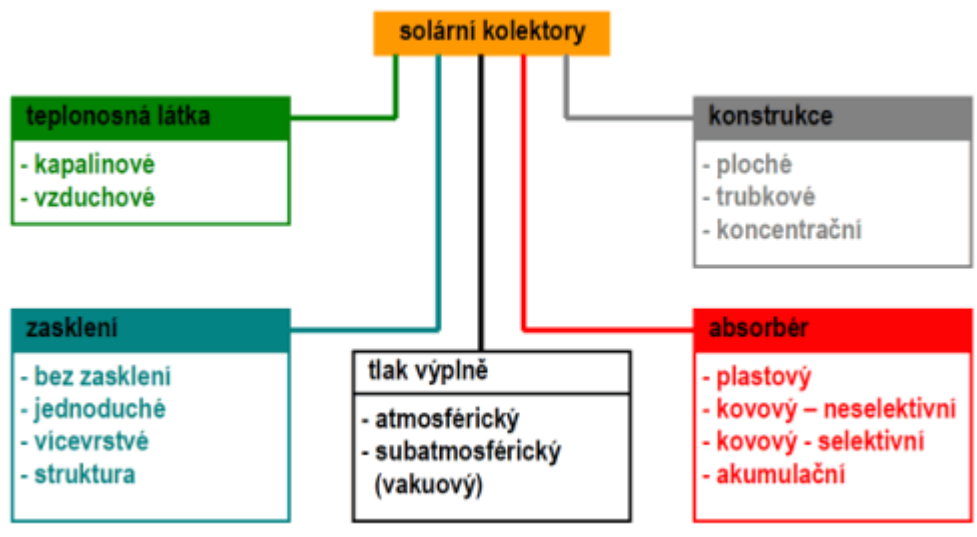
Přímý zisk přes okno - Pokud máme umístěné okno na jižní stranu je to nejjednodušší solární systém.

Trombeho stěna je konstrukce k vyhřívání budovy za pomoci sluneční energie. Základem Trombeho stěny je stěna z těžkého materiálu, který je dobře tepelně vodivý.

3.3.1 Typy solárních kolektorů

Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána teplotně vodivou látkou, protékající kolektorem.

Solární kapalinové kolektory lze dále rozdělit podle (Obr. 3.3.1)



Obr. 3.3.1.1 Rozdělení solárních kolektorů [2]

Ploché selektivní kolektor - zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a s tepelnou izolací na boční a zadní straně kolektorové skříně; vzhledem k výrazně sníženým tepelným ztrátám sáláním absorbéru se ploché selektivní kolektory využívají pro solární ohřev vody a vytápění celoročně a tvoří naprostou většinu zasklených kolektorů na trhu;



Obr. 3.3.1.2 Ploché kolektor [4]

ploché vakuový kolektor - zasklený deskový kolektor v těsném provedení s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak v okolí kolektoru (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa) pro zajištění nízké celkové tepelné ztráty; ploché vakuové kolektory jsou určeny pro celoroční solární ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami okolo 100 °C;



Obr. 3.3.1.3 - Konstrukce plochého atmosférického a plochého vakuového kolektoru [2]

trubkový jednostěnný vakuový kolektor - kolektor s plochým spektrálně selektivním absorberem umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak $< 10^{-3}$ Pa); výrazné omezení tepelných ztrát (nízkoemisivní absorber, vakuová izolace) a vysoký přenos tepla z absorberu do teplonosné kapaliny svařovaným spojem poskytuje vysokou účinnost kolektoru v celém teplotním rozsahu, kolektor je použitelný pro většinu aplikací, avšak vzhledem k relativně vysoké ceně především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad $100\text{ }^{\circ}\text{C}$);



Obr. 3.3.1.4 [2]:

a)

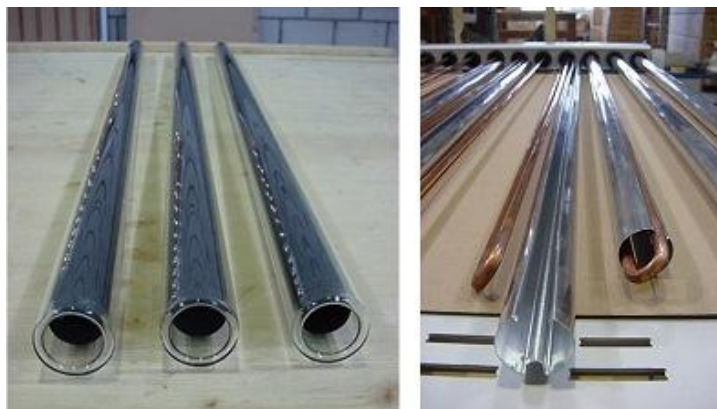
b)

Trubkové jednostěnné vakuových kolektory:

a) s přímo protékaným koncentrickým

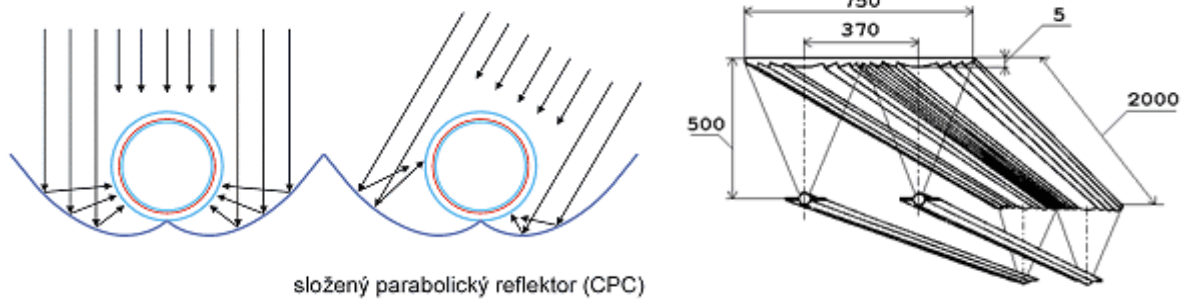
b) potrubím s tepelnou trubicí

trubkový dvojtěnný (Sydney) vakuový kolektor - kolektor s válcovým spektrálně selektivním absorberem (absorpční skleněná trubka) umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak $< 10^{-3}$ Pa); vzhledem k problematickému zajištění přenosu tepla z absorpční trubky do teplonosné kapaliny pomocí hliníkové teplosměnné lamely se Sydney kolektory vyznačují obecně nižší účinností při nízkých teplotách (např. oproti plochým kolektorům) a používají se především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad $100\text{ }^{\circ}\text{C}$);



Obr. 3.3.1.5 - Trubkový dvojtěnný vakuový kolektor na bázi Sydney trubek s teplosměnnou lamelou [2]

soustředující (koncentrační) kolektor - obecně kolektor, ve kterém jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refraktory) nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření, procházejícího aperturou kolektoru, do ohniska (absorbéru) o výrazně menší ploše než je vlastní plocha apertury. Ploché kolektory vybavené vnějším zrcadlem nebo kolektory s vakuovanými Sydney trubkami opatřené reflektorem jsou rovněž považovány za soustředující kolektory. Pro účinné použití koncentračních kolektorů je základní podmínkou dostatek energie přímého slunečního záření během roku.



složený parabolický reflektor (CPC)

Obr. 3.3.1.6 [2]

a)

b)

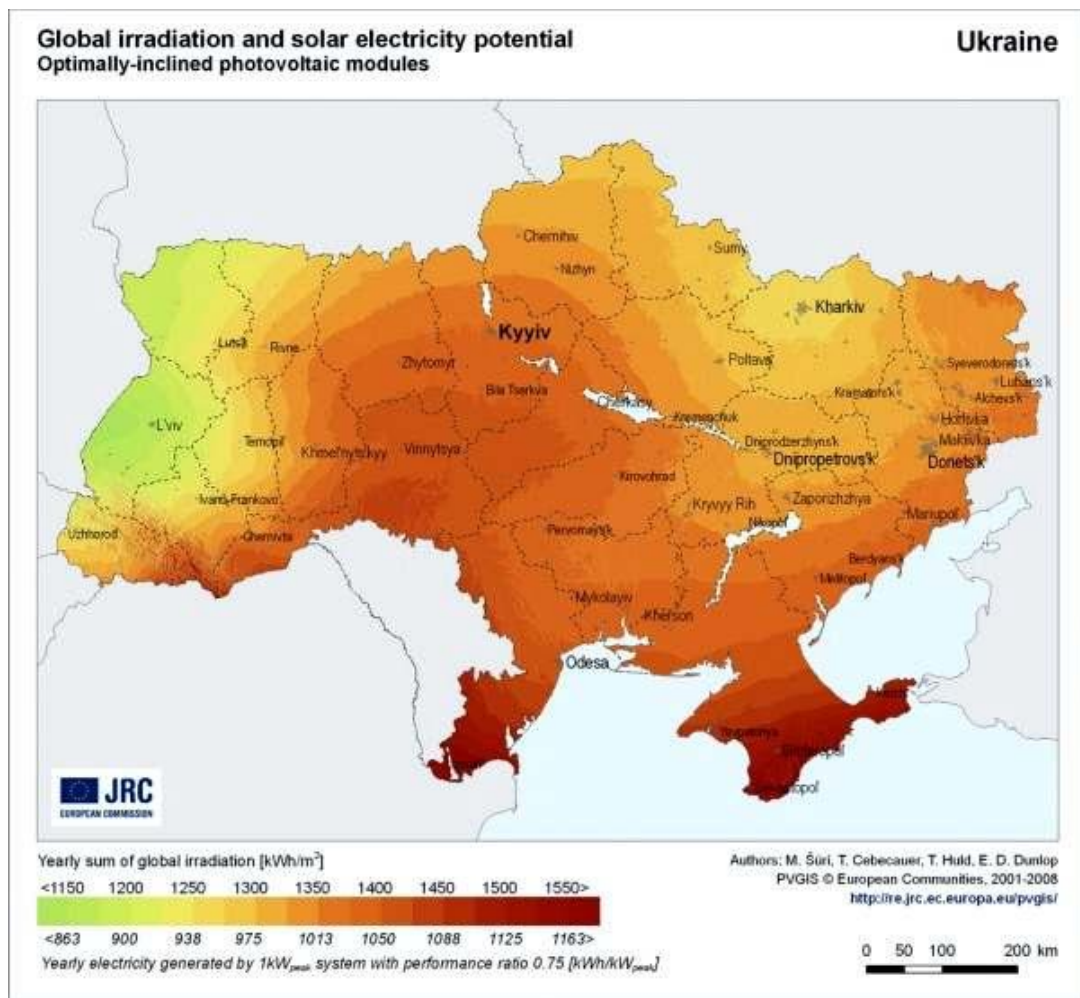
Koncentrační solární kolektory pro aplikace v budovách:

- a) trubkový Sydney kolektor s reflektorem
- b) solární kolektor s lineární Fresnelovou čočkou

3.3.2 Vytvoření solárního systému

Solární záření na Ukrajině:

Na obrázku jsou zobrazeny roční hodnoty dopadajícího slunečního záření na Ukrajině



Obr. 3.3.2.1 hodnoty dopadajícího slunečního záření na Ukrajině [5]

Stanovení plochy kolektorů

Pro systém zvolíme 12 trubicových vakuových kolektorů typu KTU15

Rozměry a váhy	
výška x šířka x tloušťka	1970 x 1350 x 141mm
plocha absorberu	1,220 m ²
hmotnost bez kapaliny	60 kg
Zasklení	
materiál	borosilikátové sklo – 15 vakuových trubic
tloušťka	1,8 mm
propustnost	92 %
Absorbér	
materiál	borosilikátové sklo
konstrukční typ	trubicový, vakuový
pohltivost slunečního záření	92 %
maximální pracovní tlak	6 bar
maximální pracovní teplota	120°C
stagnační teplota	223,5°C
Okamžitá účinnost na plochu apertury / absorberu	
η_{0a}	0,827 / 0,950
a_{1a}	2,516 / 2,891 W/m ² K
a_{2a}	0,011 / 0,013 W/m ² K

Tab. 3.3.2.1 Technická data kolektoru KTU 15

Teoretický energetický zisk

$$E_{ct} = \text{poč} \cdot E_k \cdot S_{abs} = 12 \cdot (1000 \text{ až } 1250) \cdot 1,22 = 14640 \text{ až } 18300 \text{ kWh/rok} \quad (3.3.2.1)$$

kde

E_{ct}[kWh/rok].....celkový teoretický zisk ze všech kolektorů [kWh/rok]

poč.....[-].....počet instalovaných kolektorů [-]

E_k [kWh/m²/rok].....energetický zisk z jednoho kolektoru [kWh/m²/rok]

S_{abs} [m²].....absorpční plocha kolektoru

Reálný energetický zisk

kde

$$E_c = E_{ct} \cdot f_{zk} = (14640 \text{ až } 18300) \cdot 0,75 = 11000 \text{ až } 13725 \text{ kWh/rok} \quad (3.3.2.2)$$

kde

E_c [kWh/rok].....celkový reálný zisk ze všech kolektorů

E_{ct} [kWh/rok].....celkový teoretický zisk ze všech kolektorů

f_{zk} [-].....koeficient praktické využitelnosti energie.

Z vypočtených hodnot vidíme, že reálný roční příkon solárního systému je asi 12000kWh/rok. Celková energetická spotřeba objektu se pohybuje okolo 216 GWh/rok, to znamená, že bivalentní systém bude muset mít výkon zhruba 204 GWh/rok.

Pro výpočet používáme rovnici z části 3.2.5

Celkové Investiční náklady na instalaci solární soustavy u firmy Regulus jsou 310000,- Kč.

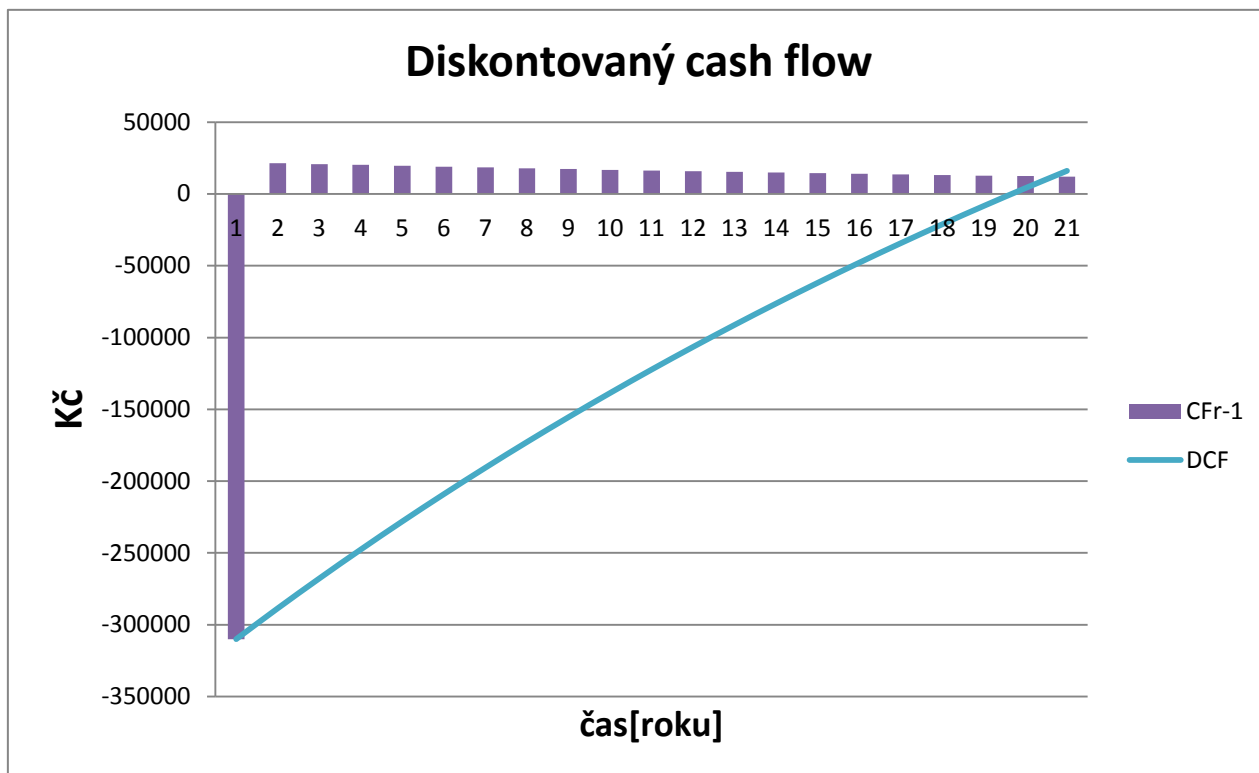
Celkové roční náklady na provoz plynového kotle bez solárního systému 320018,- Kč.

Celkové roční náklady na provoz plynového kotle s 12-ti kolektorovým solárním systémem 297912,- Kč.

Roční úspora je 22106,- Kč.

Cash flow	N_i	CF	CF_{r-1}	DCF
0	310000	-310000	-310000	-310000
1		22106	21443	-288557
2		22106	20800	-267758
3		22106	20176	-247582
4		22106	19570	-228012
5		22106	18983	-209029
6		22106	18414	-190615
7		22106	17861	-172754
8		22106	17325	-155428
9		22106	16806	-138623
10		22106	16301	-122321
11		22106	15812	-106509
12		22106	15338	-91171
13		22106	14878	-76293
14		22106	14432	-61861
15		22106	13999	-47862
16		22106	13579	-34284
17		22106	13171	-21112
18		22106	12776	-8336
19		22106	12393	4057
20		22106	12021	16078

Tab. 3.3.2.2 Hodnoty výpočtu DCF



Obr. 3.3.2.3 Diskontovaný cash flow

Reálná návratnost solárního systému je 19 let

4 Závěr

Technickou i ekonomickou výhodnost otopného systému s tepelným čerpadlem a solárním systémem jsme dle výše uvedených hodnot prokázali. Nejlepší výsledek nám vyšel při integrování do systému vytápění tepelné čerpadlo, které se sníží měsíční náklady na vytápění asi na 20%. Ale bohužel, počáteční investice může přesahovat možnosti investora, ale i přesto bych tento systém doporučil.

Vidím problém v tom, že pro alternativní systémy energií nejsou dotace na Ukrajině, a k montáži těchto systémů se zachází se strachem. Když se podíváme na výsledky návrhu systému s použitím solárních kolektorů, tak uvidíme že doba návratnosti investice zhruba je stejná s dobou života systému.

Vypracováním této bakalářské práce jsem se podrobně seznámil s problematikou úspor při vytápění. Existují různé způsoby úspor a různé návrhy moderních systémů vytápění, ale většinou potřebují spolupráci s bivalentním systémem. Doufám že v budoucnosti budeme se blížit k omezení používání fosilních paliv, a ukrajinská vláda se začne zajímat se o podporu získávání energie z alternativních zdrojů.

5 Seznam použité literatury

Literatura:

[1] Brož, K., 2002: *Vytápění*, skripta, Vydavatelství ČVUT, druhé vydání, Praha, pp. 205

Zdroje z internetu:

- [2] (www.tzb-info.cz/vytapeni)
- [3] (<http://www.prostobank.ua/>)
- [4] (<http://www.itest.cz/>)
- [5] (<http://www.atmosfera.ua/>)
- [6] (<http://www.pogodaiklimat.ru/>)
- [7] (www.stavebniny-rychle.cz/)
- [8] (www.tridas-tech.cz/)
- [9] (www.euroinstal.cz/)

Software:

SW Mathematica [počítačový program]

6 Seznam příloh

Příloha 1) Výpočty k určení součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

Příloha 2) Výpočet ztrát objektu

Příloha 3) Výpočet spotřeby energií

Příloha 4) Návrh tepelného čerpadla