

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2021

**KRISTÝNA
KOTHÁNKOVÁ**

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kothánková** Jméno: **Kristýna** Osobní číslo: **482414**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav energetiky**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh systému pro zásobování rodinného domku teplem

Název bakalářské práce anglicky:

Design of a heat supply system for a family house

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte optimalizovaný způsob zásobování RD teplem dodávaným tepelným čerpadlem a ekonomicky jej porovnejte s jinými způsoby vytápění

Dílní cíle:

- 1) Zpracujte rešerši typů tepelných čerpadel pro otopné účely a způsobů jejich aplikace
- 2) Namodelujte časovou závislost potřeby tepla zvoleného RD během roku
- 3) Navrhněte způsob krytí potřeby tepla RD pomocí TČ ve dvou variantách a určete ekonomicky výhodnější řešení
- 4) Vybranou variantu zásobování RD teplem pomocí TČ ekonomicky porovnejte s výrobou tepla v plynovém, biomasovém či elektro kotli

Seznam doporučené literatury:

webové zdroje

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Tomáš Dlouhý, CSc., ústav energetiky FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **04.06.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2022**

doc. Ing. Tomáš Dlouhý, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Návrh systému pro zásobování rodinného domku teplem“ vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Tomáše Dlouhého, CSc. Práci jsem vypracovala s využitím uvedené literatury v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při tvorbě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

.....

Kristýna Kothánková

Anotační list

Jméno autora:	Kristýna Kothánková
Název BP:	Návrh systému pro zásobování rodinného domku teplem
Anglický název:	Design of a heat supply system for a family house
Akademický rok:	2020/2021
Ústav:	Ústav energetiky 12115
Vedoucí BP:	doc. Ing. Tomáš Dlouhý, CSc.
Bibliografické údaje:	Počet stran: 98 Počet obrázků: 38 Počet tabulek: 30 Počet příloh: 4
Klíčová slova:	Tepelné čerpadlo, tepelné čerpadlo vzduch - voda, vytápění nízkopotenciální zdroje energie, topný faktor, bod bivalence, ekonomická a energetická náročnost
Keywords:	Heat pump, air - water heat pump, heating, low - potential energy sources, coefficient of performance, bivalence point, economic and energy demand

Anotace:

Bakalářská práce se zabývá možnostmi ohřevu vody a vytápění v rodinném domě. V teoretické části práce je vysvětlen princip fungování tepelného čerpadla. Dále jsou zde shrnuty základní informace o tepelných čerpadlech jako například rozdělení tepelných čerpadel podle zdroje nízkopotenciálního tepla a konstrukce tepelného čerpadla. Praktická část práce je věnována namodelování časové závislosti potřeby tepla a návrhu topného systému pro daný rodinný dům. Závěr bakalářské práce obsahuje ekonomické zhodnocení a porovnání tepelného čerpadla s dalšími variantami topného systému.

Abstract:

The bachelor's thesis deals with the options of the preparation of hot water and heating a family house. In the theoretical part there is explained the principle of heat pumps and summarized the basic information about heat pumps such as the distribution of heat pumps according to the low - potential heat source system or the construction of heat pumps. The practical part is devoted to modeling the time dependence of a heat demand during the year and a design of the heating system for the family house. The conclusion of the bachelor's thesis contains an economic evaluation and comparison of the heat pump with other variants of the heating system.

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Tomáši Dlouhému, CSc. za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky, dále pak za jeho trpělivost a drahocenný čas, který mi věnoval.

Obsah

1	Seznam symbolů a zkratek.....	10
1.1	Seznam symbolů.....	10
1.2	Seznam zkratek.....	11
2	Úvod.....	12
3	Cíl práce.....	12
4	Tepelné čerpadlo.....	13
4.1	Historie.....	13
4.2	Princip tepelného čerpadla.....	14
5	Rozdělení tepelných čerpadel podle zdroje nízkopotenciálního tepla.....	15
5.1	Zdrojem energie vzduch.....	15
5.1.1	System vzduch/voda.....	15
5.1.2	System vzduch/vzduch.....	16
5.2	Zdrojem energie země.....	16
5.2.1	System země/voda s plošným kolektorem.....	17
5.2.2	System země/voda se svislým kolektorem (hloubkový vrt).....	18
5.3	Zdrojem energie voda.....	19
5.3.1	Spodní voda jako zdroj tepla.....	19
5.3.2	Povrchová voda jako zdroj tepla.....	20
6	Rozdělení tepelných čerpadel dle konstrukce.....	21
6.1	Kompresorové tepelné čerpadlo s elektrickým pohonem.....	21
6.2	Kompresorové plynové tepelné čerpadlo.....	22
6.3	Absorpční tepelné čerpadlo.....	22
7	Topný faktor tepelných čerpadel v závislosti na venkovní teplotě.....	23
8	Provozní režimy tepelného čerpadla.....	24
8.1	Monovalentní provoz.....	24
8.2	Bivalentní provoz.....	25

8.2.1	Alternativně – bivalentní provoz.....	26
8.2.2	Paralelně – bivalentní provoz.....	27
8.2.3	Částečně paralelně – bivalentní provoz.....	28
9	Shrnutí řešeršní části	28
10	Návrh topného systému pro rodinný domek.....	29
10.1	Popis objektu	30
10.2	Potřeba energie - rodinný domek.....	30
10.2.1	Potřeba energie na vytápění	31
10.2.2	Potřeba energie na ohřev TUV.....	32
10.3	Potřeba energie na vytápění a ohřev TUV v letech 2019 – 2020	33
10.4	Vytápění tepelným čerpadlem vzduch/voda.....	37
10.4.1	Vyhodnocení provozního topného faktoru.....	37
10.4.2	Popis topné soustavy	39
10.4.3	Ekonomické zhodnocení	47
10.5	Vytápění plynovým kondenzačním kotlem.....	50
10.5.1	Popis topné soustavy	51
10.5.2	Ekonomické zhodnocení	52
10.6	Vytápění elektrickým kotlem	56
10.6.1	Popis topné soustavy	57
10.6.2	Ekonomické zhodnocení	58
10.7	Vytápění biomasou	61
10.7.1	Popis topné soustavy	62
10.7.2	Ekonomické zhodnocení	63
10.8	Celkové ekonomické zhodnocení.....	64
11	Závěr	68
12	Seznam literatury a informačních zdrojů	71
12.1	Seznam obrázků.....	76

12.2	Seznam tabulek.....	77
12.3	Seznam příloh.....	78
13	Přílohy.....	79

1 Seznam symbolů a zkratek

1.1 Seznam symbolů

e	[-]	topný faktor
T_{IN}	[K]	teplota zdroje tepla
T_{OUT}	[K]	teplota na výstupu
Q_{IN}	[J]	energie získaná zvenku (zadarmo) při teplotě T_{IN}
Q_{EL}	[J]	energie ze sítě potřebná pro pohon kompresoru
Q_{OUT}	[J]	výsledná energie při vyšší teplotě T_{OUT}
h	[m n.m.]	nadmořská výška
t_{em}	[°C]	střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období
t_{es}	[°C]	střední venkovní teplota za otopné období
d	[dny]	počet dnů otopného období
Q_c	[kW]	tepelná ztráta objektu
D	[K · dny]	počet vytápěcích denostupňů
t_{is}	[°C]	průměrná vnitřní teplota
ε	[-]	opravný součinitel
η_o	[-]	účinnost systému
η_r	[-]	účinnost rozvodu vytápění
t_1	[°C]	teplota studené vody
t_2	[°C]	teplota ohřáté vody
V_{2p}	[m ³ /den]	celková potřeba teplé vody
z	[-]	koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody
ρ	[kg/m ³]	měrná hmotnost vody
c	[J/kgK]	měrná tepelná kapacita vody
$Q_{TUV,d}$	[kWh]	denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody
t_{svl}	[°C]	teplota studené vody v létě
t_{svz}	[°C]	teplota studené vody v zimě
$Q_{TUV,r}$	[MWh/rok]	roční potřeba energie na ohřev teplé vody
Q_r	[MWh/rok]	celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody
H_s	[kWh/kg]	výhřevnost pelet
η_k	[-]	účinnost kotle
$m_{p0,9}$	[kg]	potřebné množství pelet (při započítání účinnosti kotle)

1.2 Seznam zkratk

COP	Coefficient of Performance
TUV	teplá užitková voda
v	větrná oblast
Hs	výhřevnost
TČ	tepelné čerpadlo
VT	vysoký tarif
NT	nízký tarif
SS	systemové služby
PoZE	podporované zdroje energie
OTE	operátor trhu s elektřinou
CO ₂	oxid uhličitý

2 Úvod

Tepelné čerpadlo se řadí mezi alternativní zdroje tepelné energie, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Odnímá tepelnou energii z prostředí s nízkou teplotou a přečerpává ji na vyšší teplotní úroveň. Používá se pro vytápění a přípravu teplé vody, kterou je schopno v některých případech ohřát až na 65 °C. Účinnost tepelného čerpadla je charakterizována topným faktorem, jež může být ovlivněn teplotou primárního zdroje a výstupní teplotou. Topný faktor, též označovaný zkratkou COP (Coefficient of Performance), je teoretický poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. Čím vyšší je topný faktor, tím je provoz tepelného čerpadla levnější.

3 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je navrhnout optimalizovaný způsob zásobování rodinného domku teplem dodávaným tepelným čerpadlem, následně provést ekonomické zhodnocení a porovnání s dalšími variantami topného systému - vytápění pomocí plynového kotle, elektrického kotle a spalováním biomasy.

Hlavním cílem této práce je dle informací zjištěných v rešeršní části bakalářské práce a stanovené energetické potřeby vybraného rodinného domku zvolit nejvhodnější typ a výkon tepelného čerpadla.

První část práce bude zpracována formou rešerše, která bude obsahovat základní informace o tepelném čerpadle, jako je jeho historie či základní princip funkce tepelného čerpadla, rozdělení tepelných čerpadel podle zdroje nízkopotenciálního tepla a rozdělení dle konstrukce. Druhá část práce bude věnovaná namodelování časové závislosti potřeby tepla zvoleného rodinného domku během roku, návrhu topného systému pro daný rodinný domek, ekonomické zhodnocení a porovnání různých variant topných systémů. Součástí druhé části práce je též návrh způsobu krytí potřeby tepla rodinného domku pomocí tepelného čerpadla ve dvou variantách a jejich ekonomické zhodnocení.

Závěrem práce bude doporučení, zda pro vybraný rodinný domek je vhodnější instalace tepelného čerpadla, či jiného topného systému.

4 Tepelné čerpadlo

4.1 Historie

Základní myšlenku principu tepelného čerpadla formuloval roku 1852 William Thompson, známý též jako Lord Kelvin, ve druhé větě termodynamické. V ní uvedl, že obráceně fungující tepelný motor je možné použít nejen k chlazení, ale i k ohřívání. K jeho praktickému využití došlo o více jak 100 let později. Důvodem byla provozní a ekonomická nevýhodnost tepelného čerpadla v porovnání s levnými palivy, kterých v té době bylo dostatek. Celosvětová vlna rozmachu tepelných čerpadel přišla s ropnou krizí roku 1980. Počet tepelných čerpadel i jejich celkový instalovaný výkon stále roste. [1] [2] [5]

Thomsonova formulace 2. věty termodynamické z hlediska tepelného motoru:

„ Je nemožné trvale vykonávat kladnou práci pouze tím, že bychom ochlazovali těleso na teplotu nižší, než je teplota nejchladnější části jeho okolí. “ [6]

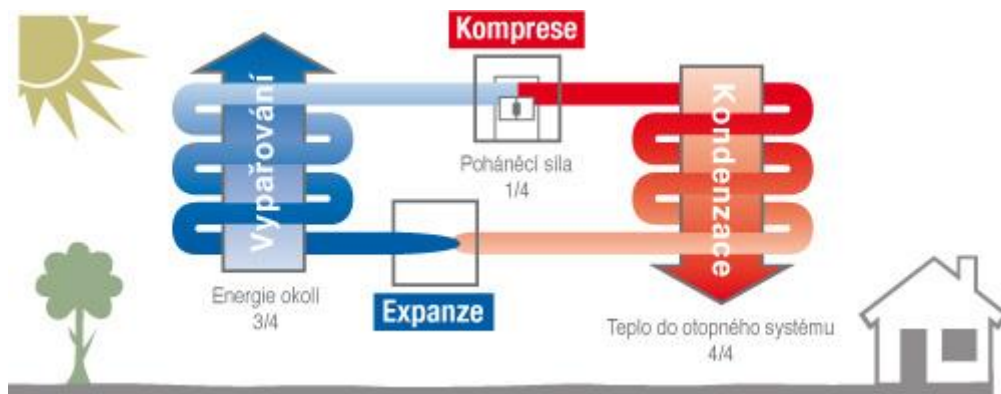


Obr. 1: Moderní topné systémy [7]

4.2 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, které je schopno za pomoci malého množství energie proměnit nevyužitelné, tzv. nízkopotenciální teplo, na využitelné. Princip tepelného čerpadla se dá popsat pomocí 4 fází: vypařování, komprese, kondenzace a dekomprese.

Na vstupní straně tepelného čerpadla se nachází výparník, což je výměník tepla, do kterého se přivádí nízkopotenciální teplo z okolí. Ve výparníku je nízký tlak, který způsobí, že kapalná chladiva se začíná vypařovat při nízkých teplotách do plynné fáze. Při přechodu z jedné fáze do druhé se spotřebovává teplo, které odebíráme z okolí. Takto získané, avšak stále ještě studené, páry chladiva jsou stlačeny v kompresoru, čímž se silně zahřejí a zvýší svůj tlak. Stlačené páry jsou vedeny do sekundárního výměníku, jímž je kondenzátor. Tlak zde zůstane stále vysoký, díky čemuž páry chladiva kondenzují při vyšší teplotě. Kondenzací se získá tepelná energie, která se předá topné soustavě. Ve škrtícím ventilu dochází k izoentalpické expanzi, při které se okamžitě sníží tlak a teplota chladiva na jeho výchozí hodnotu. Tento cyklus se neustále opakuje. [5] [8]



Obr. 2: Princip tepelného čerpadla [9]

Důležitým parametrem, který vyjadřuje energetickou efektivnost u tepelného čerpadla, je topný faktor - COP. COP je charakterizován vztahem:

$$e = \frac{Q_{OUT}}{Q_{EL}} = \frac{(Q_{IN} + Q_{EL})}{Q_{EL}} = \frac{T_{OUT}}{(T_{OUT} - T_{IN})}$$

Celková výstupní energie Q_{OUT} je vyšší než energie dodaná do kompresoru ze sítě Q_{EL} , což znamená, že topný faktor je vždy větší než 1. Obvykle se hodnota topného faktoru pohybuje v rozmezí od 2,5 do 5, avšak za optimálních podmínek, kdy je rozdíl mezi teplotou zdroje tepla T_{IN} a teplotou na výstupu T_{OUT} co nejmenší, může nabýt až hodnoty 7. [5]

5 Rozdělení tepelných čerpadel podle zdroje nízkopotenciálního tepla

Tepelná čerpadla se rozdělují podle toho, z jakého prostředí odebírají teplo a jaké látce ho předávají. V názvech systémů figurují výrazy vzduch, země, voda, které jsou oddělené lomítkem. První slovo označuje nízkopotenciální zdroj tepla (vzduch, země, voda) a slovo za lomítkem nám říká, do kterého média se teplo předává (vzduch, voda). Nejčastěji používané systémy jsou vzduch/voda, vzduch/vzduch, země/voda a voda/voda. [2] [10]

5.1 Zdrojem energie vzduch

Vzduch představuje neomezený zdroj tepla pro tepelná čerpadla. Z ekologického hlediska se jedná o nejvhodnější tepelný zdroj, jelikož odebrané teplo je do okolí vráceno skrze tepelné ztráty vytápěného objektu. Tepelná čerpadla využívající vzduch jako zdroj energie se většinou staví společně s dalším zdrojem tepla - bivalentní zapojení. Sice existuje možnost dimenzovat tepelné čerpadlo na plný výkon s monovalentním provozem, avšak takové tepelné čerpadlo by bylo velice finančně nákladné. Tepelné čerpadlo s monovalentním systémem je vždy investičně náročnější, jelikož musí být schopno svým výkonem pokrýt tepelné ztráty i při velice nízkých teplotách okolního vzduchu, přičemž během převažující části otopné sezóny není plně využito. [1] [5] [11]

5.1.1 Systém vzduch/voda

Tepelné čerpadlo vzduch/voda odebírá teplo z okolního nebo odpadního vzduchu a předává ho do topné vody. Instalace tohoto systému je poměrně snadná, jelikož pro své fungování nepotřebuje zemní kolektor ani hloubkový vrt. Vzhledem k tomu, že tepelné čerpadlo se systémem vzduch/voda využívá jeden z nejdostupnějších zdrojů odběru tepla, tak je možné ho namontovat téměř na jakoukoliv budovu. Nevýhodou tohoto systému je to, že výkon tepelného čerpadla se mění s teplotou venkovního vzduchu, tedy s klesající venkovní teplotou klesá výkon, a naopak. Z tohoto důvodu jsou tepelná čerpadla vzduch/voda dimenzována jen na (60-70) % tepelných ztrát a většinou jsou provozována v bivalentním provozu s doplňkovým zdrojem tepla. Mají nižší topný faktor v porovnání s tepelnými čerpadly země/voda a voda/voda. Zároveň nejsou vhodné pro oblasti s extrémně nízkými teplotami. [2] [12] [13]

5.1.2 Systém vzduch/vzduch

Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch pracuje na stejném principu jako tepelné čerpadlo vzduch/voda, jen s tím rozdílem, že teplo předává vnitřnímu vzduchu. Používá se jako doplňující zdroj vytápění k elektrickému nebo plynovému kotli, jelikož jeho provoz je omezen absencí akumulčního prvku. Je výhodné především do objektů s malým množstvím místností jako jsou chaty a chalupy, kde se tepelné čerpadlo využívá k rychlému ohřátí vzduchu malého prostoru. Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch je obvykle vybaveno funkcí chlazení, odvlhčování a čištění vzduchu. [2] [12] [14]



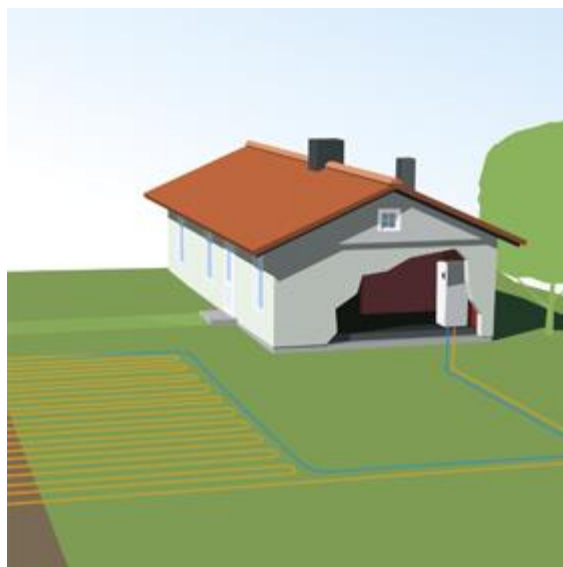
Obr. 3: Systém vzduch/vzduch [15]

5.2 Zdrojem energie země

U systému země/voda se teplo může odebírat dvěma způsoby: odběr akumulované energie slunečního záření z povrchu a z hloubky. Tepelné čerpadlo země/voda má nejen vyšší účinnost oproti tepelnému čerpadlu vzduch/voda, ale zároveň je vhodné i pro oblasti s častými mrazy, kde venkovní teploty dosahují až $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jsou odolné vůči venkovním klimatickým podmínkám, jelikož zemní kolektory a vrty jsou umístěné pod zemí, kde je celoročně stabilní teplota. Tepelná čerpadla systém země/voda jsou, stejně jako tepelná čerpadla typu vzduch/voda, většinou provozována v bivalentním provozu. [1] [5]

5.2.1 Systém země/voda s plošným kolektorem

Systém typu země/voda se zemním plošným kolektorem patří mezi nejméně náročné systémy na realizaci a finance. Tepelná čerpadla tohoto typu jsou bezúdržbová, mají dlouhou životnost a spotřeba elektrické energie je až o 30 % nižší než u tepelných čerpadel, které odebírají teplo ze vzduchu. [2]



Obr. 4: Systém země/voda s plošným kolektorem [12]

Plocha pro zemní kolektor by měla být alespoň dvakrát až třikrát větší než vytápěná plocha. Vrchní vrstva země do hloubky 2 metrů má v průběhu celého roku konstantní teplotu, a proto se trubky kolektoru ukládají do hloubky 1-1,5 metru. Plošný kolektor přijímá akumulovanou energii ze slunce přímým nebo nepřímým zářením v podobě dešťových srážek. Výkon tepla získaného z tepelného čerpadla může být ovlivněn druhem půdy, ve kterém je zemní plošný kolektor uložen. V případě monovalentního provozu, kdy výkon čerpadla pokrývá celou potřebu tepla bez dalších doplňkových zdrojů tepla, je možné přiřadit předpokládané výkony vzhledem k podloží dle Tab. 1. [2] [3]

podloží	možný odběr	
	1800 hodin provozu	2400 hodin provozu
suchá nesoudržná hornina	10 W/m ²	8 W/m ²
zvodněné štěrky a písky	20-30 W/m ²	16-24 W/m ²
protékající spodní voda, štěrky a písky	40 W/m ²	32 W/m ²

Tab. 1: Směrné hodnoty pro návrh zemního plošného kolektoru [2]

5.2.2 Systém země/voda se svislým kolektorem (hloubkový vrt)

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z hloubky pod povrchem země. Do hlubokého vrtu se vloží svislý zemní kolektor neboli plastový výměník, který přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Pořizovací cena je v porovnání s ostatními typy čerpadel poněkud vyšší, což ovšem vyvažuje fakt, že se jedná o zdroj absolutně nezávislý na vlivu počasí. Dále se u vrtů využívá jejich konstantní teplota (8-12) °C pro chlazení objektů po dobu letní sezóny. V neposlední řadě stojí za zmínku i další zřejmé výhody jako například malá prostorová náročnost či neznehodnocení pozemku. [2] [3]



Obr. 5: Systém země/voda se svislým kolektorem [12]

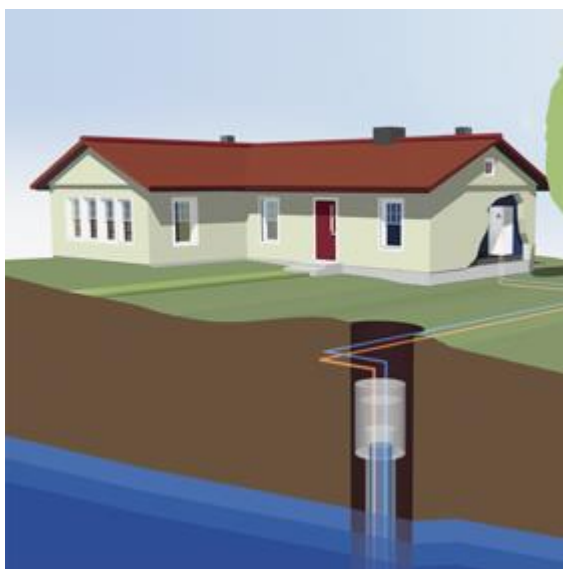
K realizaci vrtu je potřeba vyřídit stavební povolení, jelikož podle zákona je provádění zemních vrtů i kolektorů stavbou. Hloubka a počet vrtů závisí na místních geologických podmínkách, velikosti vytápěného prostoru a dostupnosti vrtací techniky. Většinou se provádí vrty do hloubky 70 až 160 metrů. Při větším počtu vrtů se celková délka rozdělí do více vrtů o stejné délce. U svislých zemních kolektorů je velice důležité co nejpřesnější dimenzování. V případě poddimenzování dochází při velkém odběru tepla k ochlazení země, čímž se zmenšuje výkonnost tepelného čerpadla. [2] [3]

5.3 Zdrojem energie voda

Tepelná čerpadla typu voda/voda využívají jako přírodní zdroje tepelné energie povrchovou, podzemní nebo spodní vodu. Dosahují v porovnání s ostatními zdroji nízkoteplotního tepla velmi vysokého topného faktoru a umožňují aktivní i pasivní chlazení. Tento typ tepelných čerpadel se využívá převážně ve větších objektech, kde vzniká kvůli technologickým procesům nemalé množství odpadního tepla. [5] [16]

5.3.1 Spodní voda jako zdroj tepla

Spodní voda se jako nízkopotenciální zdroj tepla odebírá ze zdrojové studny a po ochlazení se vypouští do studny vsakovací. Jedná se o jeden z nejkomplicovanějších systémů, jelikož jsou na něj kladeny vysoké požadavky. Spodní voda by měla být bez mechanických nečistot a zároveň by neměla obsahovat velké množství minerálů a železa, které by mohly zanášet výměník tepelného čerpadla. U vytápěného objektu musí být dostatečné množství spodní vody (alespoň 180 l/h na 1 kW výkonu tepelného čerpadla). K provedení vrtu pro čerpání podzemní vody je třeba provést odborný hydrogeologický průzkum, na jehož základě se vodoprávní úřad rozhoduje, zda vrt povolí, či nikoliv. K zamítnutí může dojít ve chvíli, kdy se objeví i jen nepatrná šance, že by vrt mohl ohrozit zdroj pitné vody. Celkově odnímání tepla spodním vodám negativně působí na životní prostředí, jelikož při poruše těsnosti výparníku tepelného čerpadla z něj může unikat chladivo a oleje. [1] [2] [3] [8]



Obr. 6: Odběr tepla z podzemní vody [12]

5.3.2 Povrchová voda jako zdroj tepla

Použití povrchových vod jako zdroje tepla je sice technicky možné, ale prakticky se využívá jen zřídka. Nejen proto, že je vhodné pouze pro objekty, které se nacházejí v těsné blízkosti vodní plochy, ale hlavním důvodem je velká pravděpodobnost znečištění a nízká teplota vody v zimních měsících, která znemožňuje přímé ochlazení. Teplo se proto odebírá pomocí kolektorů z PE hadic, které se umístí na dno vodní plochy. Výměník tepla přivádí odebrané teplo pomocí teplotnosné látky do výparníku tepelného čerpadla. K takovému způsobu odebírání tepla je nutné povolení od správce povodí. [1] [2] [8]



Obr. 7: Odběr tepla z povrchové vody [12]

6 Rozdělení tepelných čerpadel dle konstrukce

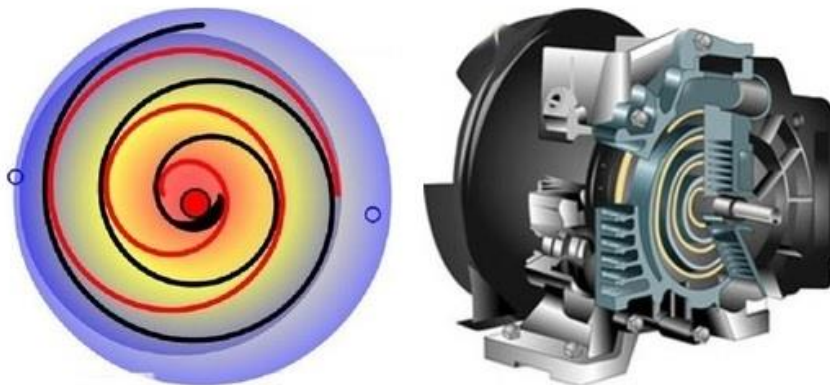
Tepelná čerpadla lze rozdělit podle principu činnosti na kompresorová a absorpční. V současné době se nejvíce využívají tepelná čerpadla, jež pracují na principu kompresorového chladicího systému. V tomto uzavřeném pracovním okruhu proudí pracovní látka, která opakovaně mění své skupenství při různých teplotách za pomoci elektrické energie pohánějící kompresor. Tepelná čerpadla absorpčního typu jsou poháněna termálně, což znamená, že pro svůj chod potřebují hnačí energii v podobě teplé vody, vzduchu či páry o teplotě alespoň 88 °C. [17] [18] [19]

6.1 Kompresorové tepelné čerpadlo s elektrickým pohonem

K provozu tepelného čerpadla jen energie z okolního prostředí nestačí, a proto je nutné energii dodávat pomocí mechanického, termického či elektrického pohonu. Nejpoužívanějším pohonem je elektrický pohon, který získává elektrickou energii z centrální distribuční sítě.

Elektrické tepelné čerpadlo patří mezi zařízení s duálním využitím - umožňuje vytápění i chlazení, přičemž u chlazení má mnohem nižší výkon. Je to dáno tím, že při dimenzování tepelného čerpadla se musí zohlednit klimatické podmínky jako jsou nízké venkovní teploty v zimním období. Tepelné čerpadlo musí pracovat v omezeném režimu. Elektrické tepelné čerpadlo přechází do tohoto režimu ve chvíli, kdy teplota klesne pod bod mrazu. Omezí se výkon, jelikož tepelné čerpadlo začne spotřebovávat vlastní energii k odmrazení výparníku.

Hlavní součástí kompresorového tepelného čerpadla je kompresor, který zajišťuje koloběh chladicího média. Nejčastěji se používají rotační kompresory typu scroll a dvojité rotační kompresory. [10] [20]



Obr. 8: Kompresor typu scroll [21]

6.2 Kompresorové plynové tepelné čerpadlo

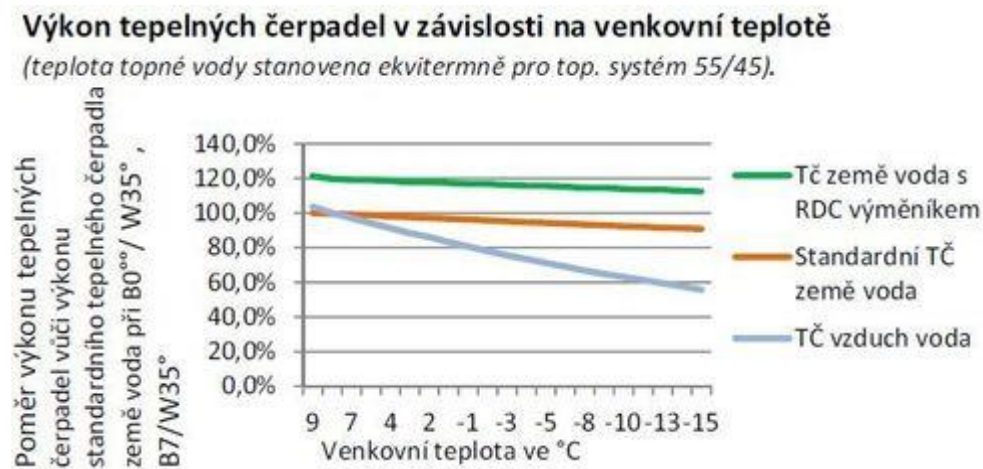
Plynová tepelná čerpadla umožňují efektivní a úspornou výrobu tepla i chladu. Pracují na stejném principu jako klasická tepelná čerpadla poháněná elektromotorem jen s tím rozdílem, že k pohonu kompresoru využívají plynový motor. V porovnání s tepelnými čerpadly na elektřinu jsou plynová tepelná čerpadla méně omezoována výkonem s ohledem na teplotu nízkopotenciálního zdroje, avšak vzhledem k vysoké ceně plynového motoru je investice do kompresorového plynového tepelného čerpadla téměř vždy nevratná. [22] [23] [24]

6.3 Absorpční tepelné čerpadlo

U absorpčních tepelných čerpadel oběh chladiva nezajišťuje kompresor. Chladivo je v okruhu nesené další látkou, jenž ho vstřebává a uvolňuje za přestupu tepla. Oproti kompresorovému tepelnému čerpadlu je naprosto tiché a velmi spolehlivé, jelikož neobsahuje žádné pohyblivé součásti. Nicméně má výrazně nižší topný faktor, který se obvykle pohybuje v rozmezí 1,6 až 1,7. Vzhledem k nízké efektivitě se v současné době absorpční tepelná čerpadla k vytápění rodinných domů prakticky nepoužívají. [8] [25]

7 Topný faktor tepelných čerpadel v závislosti na venkovní teplotě

Závislost topného faktoru tepelného čerpadla na venkovní teplotě je zcela rozdílná u tepelného čerpadla typu země/voda a u vzduchového tepelného čerpadla. U tepelných čerpadel typu země/voda je topný faktor v průběhu celého roku téměř konstantní, neboť je jen minimálně závislý na venkovní teplotě vzduchu. U vzduchových tepelných čerpadel je závislost topného faktoru na klesající venkovní teplotě poměrně značná. S klesající venkovní teplotou se podstatně snižuje topný faktor tepelného čerpadla. Při teplotách pod bodem mrazu je pokles topného faktoru až tak velký, že je nutné použít doplňkový zdroj tepla. Snížení topného faktoru je též zapříčiněno tím, že tepelné čerpadlo musí část tepla použít na odstranění námrazy, která se vytvořila na výparnicích. Nejen topný faktor, ale i výkon u vzduchového tepelného čerpadla je závislý na venkovní teplotě. V porovnání s výkonem u tepelného čerpadla typu země/voda je velice proměnlivý. Na Obr. 9 je znázorněn výkon tepelných čerpadel v závislosti na venkovní teplotě, přičemž je vyjádřen poměr výkonu tepelných čerpadel vůči výkonu standardního tepelného čerpadla země/voda při B0/W35, B7/W35.¹ [26] [27]



Obr. 9: Výkon tepelných čerpadel v závislosti na venkovní teplotě [26]

¹ B0/W35 teplota solanky na vstupu do výparníku 0 °C, teplota otopné vody z kondenzátoru 35 °C

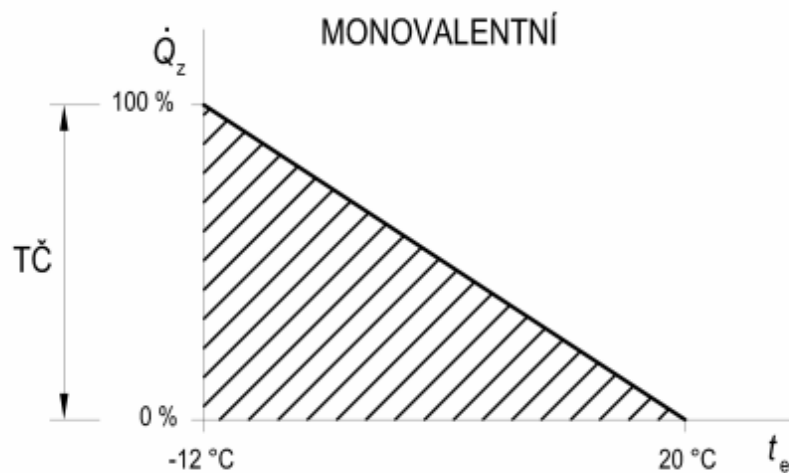
B7/W35 výkon tepelného čerpadla při aktivním vysokoteplotním chlazení, teplota na zdroji 7 °C, výstupní teplota 35 °C (vychlazování do vrtu)

8 Provozní režimy tepelného čerpadla

Výkon otopné soustavy a zdroje tepla se dimenzuje tak, aby se pokryly tepelné ztráty vytápěného objektu, které jsou závislé na venkovní teplotě. Vytápěný objekt využívá maximálního výkonu tepelného zdroje pouze pár dní v roce, a proto se tepelné čerpadlo většinou dimenzuje na výkon, který odpovídá 70 až 80 % tepelné ztráty. Zbylá část energie je dodávána pomocí přídatného zdroje tepla. V případě, že je požadován provoz bez doplňkového zdroje, je nutné zvolit takový výkon tepelného čerpadla, který dokáže plně pokrýt tepelné ztráty daného objektu. U tepelných čerpadel rozlišujeme 2 provozní režimy: monovalentní a bivalentní. [8] [28]

8.1 Monovalentní provoz

Při monovalentním provozu je tepelné čerpadlo jediným zdrojem tepla. Jedná se o nízkoteplotní vytápění do teploty otopné vody 55 °C, které je v provozu po celou dobu otopné sezóny. Vyšší ekonomické, ale i energetické náklady na tepelné čerpadlo a jeho provoz zapříčiňují, že tepelná čerpadla v monovalentním provozu se moc často nepoužívají. Nicméně nalézají své využití například v dobře izolovaných rodinných domech, kde se tepelná ztráta pohybuje do 10 kW či v komerčních budovách až se dvěma různými typy uživatelské správy. Vzhledem k tomu, že u monovalentního provozu není žádný doplňkový zdroj tepla, tak výkon musí být dimenzován tak, aby pokryl veškeré tepelné ztráty vytápěného objektu. Dochází k předimenzování systému. Při předimenzování tepelného čerpadla se zvyšují investiční náklady a zároveň se zkracuje životnost kompresoru. [8] [29]



Obr. 10: Monovalentní provoz tepelného čerpadla – pokrytí celé tepelné ztráty [30]

8.2 Bivalentní provoz

Výkon potřebný pro vytápění není během roku konstantní, a proto se obvykle volí kombinace tepelného čerpadla s doplňkovým, tzv. bivalentním zdrojem - např. s elektrokotlem, kotlem na zemní plyn či kotlem na tuhá paliva. Doplňkový zdroj navíc slouží i jako záložní zdroj pro případ výpadku tepelného čerpadla jakožto hlavního zdroje.

Nejběžněji bývá tepelné čerpadlo v kombinaci s elektrokotlem, který může být vestavěný v tepelném čerpadle nebo externě. Vestavěný elektrokotel má tu výhodu, že narozdíl od externí varianty disponuje prostorovou úsporou. Další pozitivní aspekt u vestavěné varianty je možnost regulování tepelným čerpadlem, zatímco ve variantě s externím elektrokotlem má řízení na starosti termostat či regulátor. Za hlavní nevýhodu této kombinace je považováno to, že elektrokotel zvyšuje potřebnou kapacitu elektrické přípojky, čímž též vzrůstají poplatky za jistič.

Tepelné čerpadlo v kombinaci s kotlem na zemní plyn se využívá především tehdy, když se ke stávající kotelně, která je již nějakou dobu používána, majitel rozhodne pro dodatečnou instalaci tepelného čerpadla. Tato kombinace má řadu nevýhod, mezi něž patří např., prostorově rozměrný systém vytápění a vyšší počáteční investice kvůli nutnosti dokoupení plynové přípojky.

Za splnění určitých technických podmínek je možné použít kotel na tuhá paliva. Nicméně při použití kotle na tuhá paliva jako doplňkového zdroje se ztrácí možnost automatického spouštění dotopu.

Při nízkých teplotách se snižuje výkon tepelného čerpadla, a právě proto se v mrazivých dnech, kdy teplota klesne pod teplotu tzv. bodu bivalence, zapíná doplňkový zdroj. Bod bivalence můžeme definovat jako teplotu venkovního vzduchu, při které je topný výkon tepelného čerpadla rovný tepelným ztrátám vytápěného objektu. Instalovaný výkon tepelného čerpadla by měl být nižší, než je maximální potřebný (do 80 %). Doplňkový zdroj se navrhuje tak, aby dodával 5-10 % celkové roční spotřeby tepla. [2] [8] [31]

Při optimálním návrhu u vzduchového tepelného čerpadla by se měl bod bivalence nacházet v rozmezí teplot od 0 °C až do -5 °C. Bod bivalence lze určit z průsečíku křivek výkonu tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě a průběhu tepelné ztráty též v závislosti na venkovní teplotě. V případě, že nejsou všechna data k dispozici, tak je možné použít zjednodušenou formu návrhu, viz *Tab. 2.* [32]

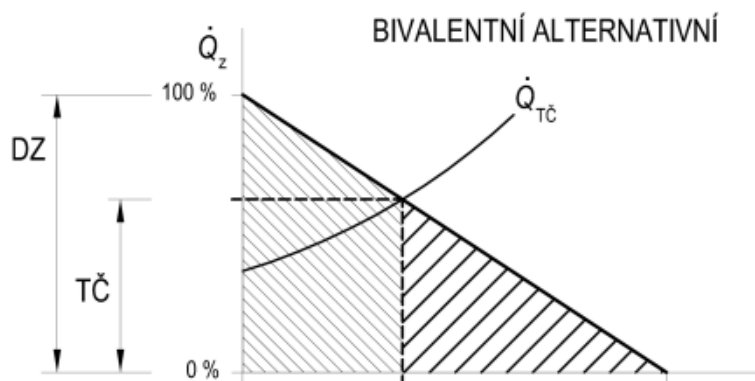
výkon TČ odpovídající x % tepelné ztráty objektu	bod bivalence
60-65 %	+1 °C až -1 °C
65-75 %	-1 °C až -3 °C
75-85 %	-3 °C až -5 °C

Tab. 2: Bod bivalence v závislosti na výkonu TČ, jež odpovídá x % tepelné ztráty objektu [32]

Rozlišují se tři základní druhy bivalentního provozu: alternativní, paralelní a částečně paralelní.

8.2.1 Alternativně – bivalentní provoz

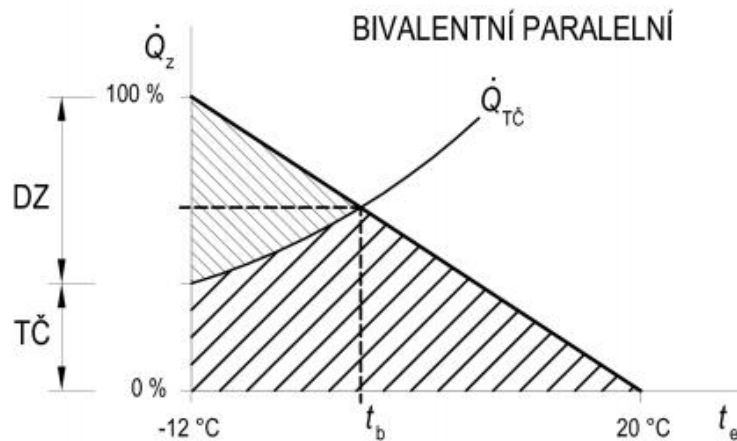
U alternativně - bivalentního provozu je rozhodující teplotou teplota bivalentního bodu, též nazývaná bivalence. V případě, že venkovní teplota je nad bivalentním bodem, tak tepelné čerpadlo pokrývá celou potřebu tepla. Při poklesu pod stanovenou teplotu bivalence se tepelné čerpadlo vypne a vytápění má nyní na starosti doplňkový zdroj. Alternativně - bivalentní způsob provozu se využívá především ve starších budovách, kde se nacházejí topná zařízení s vysokými teplotami systému. [33]



Obr. 11: Alternativně – bivalentní provoz [30]

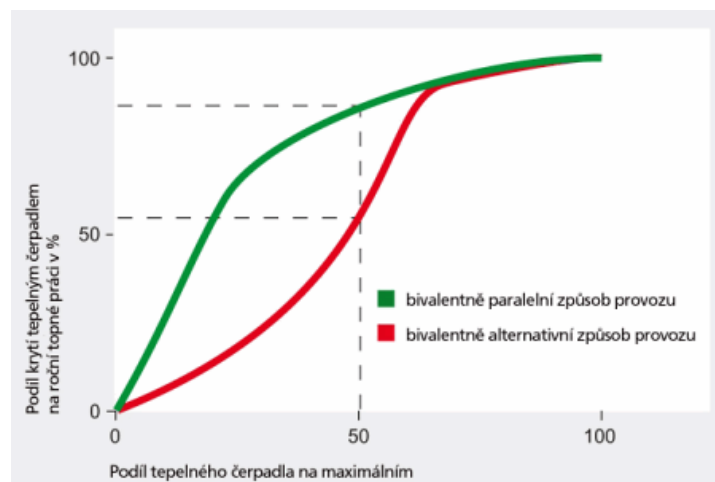
8.2.2 Paralelně – bivalentní provoz

V paralelně - bivalentním provozu pracuje tepelné čerpadlo celou topnou sezónou. Ve chvíli, kdy venkovní teplota klesne pod bivalentní bod a tepelné čerpadlo již není schopno samo pokrýt veškeré tepelné ztráty, připojí se k němu doplňkový zdroj. U paralelně - bivalentní provozu se, narozdíl od alternativně - bivalentního provozu, tepelné čerpadlo nevypíná, ale dál pracuje současně s doplňkovým zdrojem. Tento způsob se hodí pro podlahové vytápění nebo také pro vytápění pomocí radiátorů, které jsou do teplot topné vody až 60°C. [33] [34]



Obr. 12: Paralelně – bivalentní provoz [30]

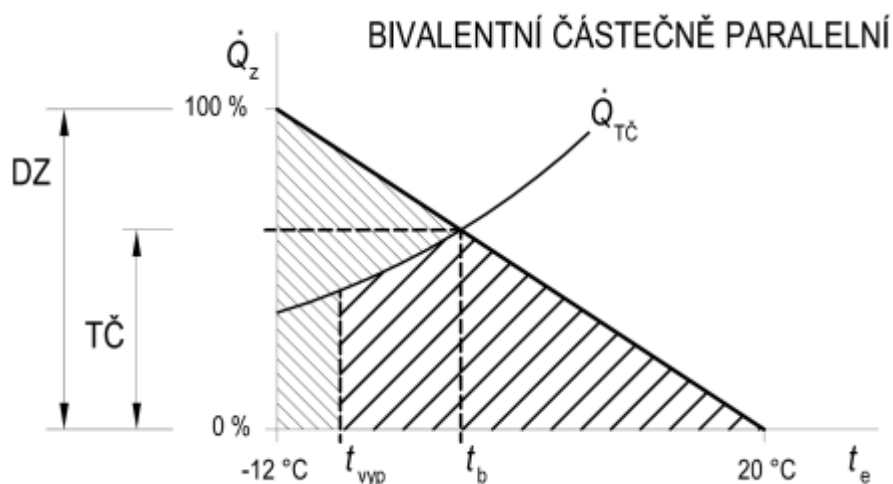
Paralelně - bivalentní způsob provozu umožňuje ekonomicky výhodný provoz tepelného čerpadla i při velmi nízkých venkovních teplotách. U tohoto způsobu provozu je podíl roční topné práce tepelného čerpadla přibližně 85 %, kdežto u alternativně - bivalentního způsobu se dosahuje pouze něco málo nad 50 %. [33]



Obr. 13: Porovnání alternativně - bivalentního a paralelně - bivalentního provozu [33]

8.2.3 Částečně paralelně – bivalentní provoz

Tepelné čerpadlo při částečně paralelně - bivalentním provozu je při velice nízkých teplotách odstaveno a teplo je dodáváno pouze pomocí doplňkového zdroje. Před odstavením tepelného čerpadla pracují oba zdroje současně. Tento způsob provozu je vhodný pro otopné soustavy, jež vyžadují teplotu otopné vody do 60 °C. [35]



Obr. 14: Částečně paralelně – bivalentní provoz [30]

9 Shrnutí řešeršní části

Zpracovaná řešerše se zabývala především základním principem tepelného čerpadla, rozdělením tepelných čerpadel podle zdroje nízkopotenciálního tepla a rozdělení dle konstrukce. Též byly zmíněny provozní režimy tepelného čerpadla. Na základě informací zjištěných v řešeršní části bakalářské práce bude pro návrh topného systému pro rodinný domek vybrán vhodný typ tepelného čerpadla, jež dále bude ekonomicky zhodnocen a porovnán s dalšími variantami topných systémů – vytápění pomocí plynového kondenzačního kotle, elektrokotle a automatického kotle na dřevní pelety.

10 Návrh topného systému pro rodinný domek

Rodinný domek je možné vytápět hned několika způsoby, mezi něž patří například vytápění pomocí plynového kotle, elektrického kotle, spalováním biomasy či za pomoci tepelného čerpadla. Nejčastěji používaný systém tepelného čerpadla je vzduch/voda, který většinou pracuje v bivalentním provozu s doplňkovým zdrojem. Vzduch představuje neomezený zdroj tepla, což je považováno za jeden z největších benefitů tohoto typu tepelných čerpadel. Neméně důležitý je i fakt, že z ekologického hlediska se jedná o nejvhodnější tepelný zdroj. U tepelného čerpadla vzduch/voda sice s klesající teplotou klesá i jeho výkon a dochází k ovlivnění bodu bivalence, avšak to lze jednoduše vyřešit přidáním doplňkového zdroje, jako je například elektrokotel.

Způsob vytápění rodinného domku závisí na mnoha aspektech a není možné jednoznačně říct, že jeden způsob vytápění je univerzální a hodí se na vytápění kteréhokoliv objektu. Mezi vytápěním staršího nezatepleného domku a moderní novostavby je poměrně velký rozdíl. Další roli zajisté hrají počáteční investice a též záloha na energie. Existuje mnoho možností, jak vytápět rodinný domek, a proto jsem se rozhodla u mnou vybraného rodinného domku navrhnout různé varianty topného systému, které ekonomicky zhodnotím a následně mezi sebou porovnáám.

10.1 Popis objektu

Rodinný dům se nachází v okrese Pelhřimov v kraji Vysočina v nadmořské výšce 499 m n. m. Dům je řešen jako dvoupodlažní budova se 7 místnostmi. Vytápěná plocha činí 128 m², přičemž vytápěný prostor je 346 m³. Celoročně je obýván 2 osobami, které jsou již v důchodu. Při nedávné rekonstrukci byla použita plastová okna s izolačním dvojsklem. Tepelné ztráty tohoto objektu jsou rovny 9,6 kW. Tepelné ztráty byly zjištěny na základě sdělení majitele domu, který si nechal od autorizovaného auditora připravit projekt k rekonstrukci domu. Rodinný dům prozatím využívá k vytápění a ohřevu teplé užitkové vody kotel na tuhá paliva, u kterého je zabudován bojler. Rodinný domek disponuje pouze menší zahradou, kde nejsou možné žádné větší úpravy.

10.2 Potřeba energie - rodinný domek

Celková roční potřeba energie se vypočítá jako součet potřebné energie na vytápění a na ohřev teplé vody. Množství potřebné energie závisí na lokalitě, ve které se daný objekt nalézá. Hlavními aspekty, jež ovlivňují množství potřebné energie, jsou venkovní výpočtové teploty, dále délka otopného období a mnoho dalších okrajových podmínek. V *Tab. 3* jsou znázorněna data, jež odpovídají zvolené lokalitě. Výpočet potřeby energie pro vytápění a ohřev TUV byl proveden na základě podkladů ze zdroje [36].²

Lokalita	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období	
			$t_{em}=13\text{ °C}$	
	h [m n. m.]	t_e [°C]	t_{es} [°C]	d [dny]
Pelhřimov	499	-15v	3,0	257

Tab. 3: Venkovní výpočtová teplota a délka otopného období [36]

² v *Tab. 3* jsou uvedeny hodnoty teplot a počtu dní v otopném období ve městě Pelhřimov dle ČSN 38 3350 Zásobování teplem a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění

v – větrná oblast

10.2.1 Potřeba energie na vytápění

Při výpočtu potřeby energie na vytápění je důležité znát tepelnou ztrátu objektu Q_c , jež je v tomto případě 9,6 kW a průměrnou vnitřní výpočtovou teplotu t_{is} , která se většinou pohybuje v rozmezí 14 až 21,5 °C. U zvoleného objektu je tato teplota rovna 19 °C. Dále je nutné stanovit počet vytápěcích denostupňů D , který je možné vypočítat pomocí následujícího vzorce:

$$D = (t_{is} - t_{es}) \cdot d$$

$$D = (19 - 3) \cdot 257 = 4\,112 \text{ K} \cdot \text{dny}$$

počet vytápěcích denostupňů D je definován jako rozdíl mezi průměrnou vnitřní teplotou t_{is} v domě a střední venkovní teplotou za otopné období t_{es} násobený počtem dnů otopného období d .

Podle typu stavby a jejího provozu se určuje opravný součinitel ε . Pro vícepodlažní objekty se využívají hodnoty 0,7 až 0,8. U daného objektu je opravný součinitel $\varepsilon = 0,765$. Účinnost systému η_o , resp. možnosti regulace soustavy se volí mezi 0,9 a 1,0 a účinnost rozvodu vytápění η_r se dle provedení volí v rozmezí od 0,95 až 0,98. Pro tento objekt je v obou případech účinnost rovna 0,95.

Roční potřebu energie na vytápění je možné vypočítat pomocí následujícího vzorce:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{VYT,r} = 85 \text{ GJ/rok} = 23,6 \text{ MWh/rok}$$

10.2.2 Potřeba energie na ohřev TUV

Při výpočtu potřeby energie na ohřev teplé vody je dána tepelná bilance následovně: teplota studené vody $t_1 = 10\text{ }^\circ\text{C}$ a teplota ohřáté vody $t_2 = 55\text{ }^\circ\text{C}$. Celková potřeba teplé vody $V_{2p} = 0,27\text{ m}^3/\text{den}$. Koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody z je v tomto případě roven 0,5. Pro další výpočty je nutné definovat měrnou hmotnost vody $\rho = 1\ 000\text{ kg/m}^3$ a měrnou tepelnou kapacitu vody $c = 4\ 186\text{ J/kgK}$. Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody se určí ze vzorce:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3\ 600} = 21,2\text{ kWh}$$

Dále je třeba znát teplotu studené vody v létě $t_{svl} = 15\text{ }^\circ\text{C}$ a v zimě $t_{svz} = 5\text{ }^\circ\text{C}$. Roční potřebu energie na ohřev teplé vody je možné vypočítat pomocí následujícího vzorce:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (365 - d)$$

$$Q_{TUV,r} = 24,9\text{ GJ/rok} = 6,9\text{ MWh/rok}$$

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody:

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = 109,9\text{ GJ/rok} = 30,5\text{ MWh/rok}$$

Vypočtená hodnota celkové roční potřeby energie je pouze orientační, jelikož se počítá ze statisticky určených středních hodnot uváděných pro danou oblast, u výpočtu se neuvažují lokální odlišnosti a různé teplotní výkyvy, které mohly nastat ve sledovaném období.

10.3 Potřeba energie na vytápění a ohřev TUV v letech 2019 – 2020

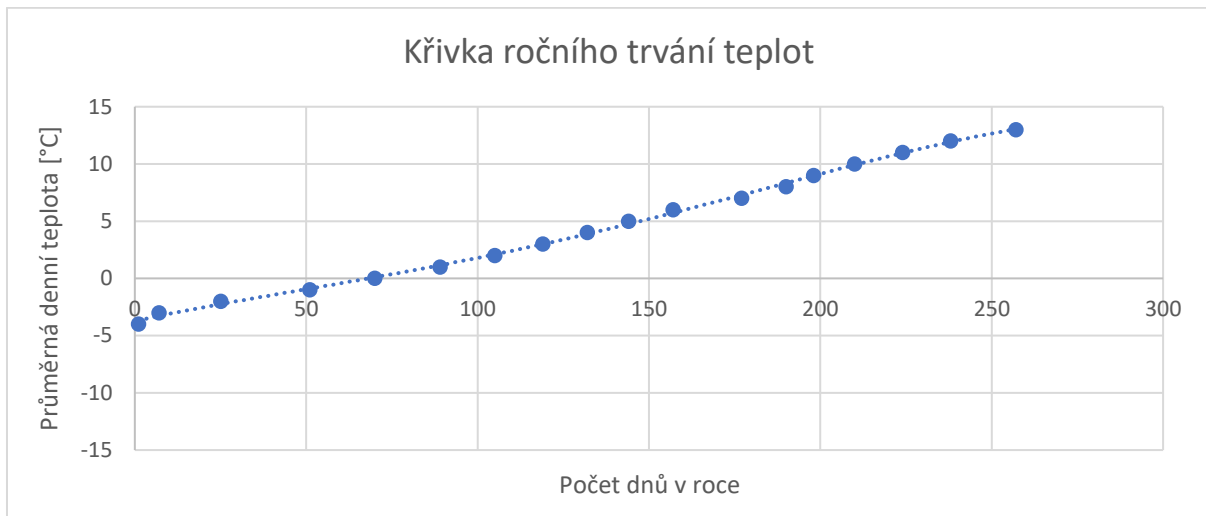
Pro zjištění celkové roční potřeby energie ve zvoleném období se používá křivka ročního trvání potřeby tepla. K vytvoření této křivky je zapotřebí znát průměrné denní teploty v průběhu daných let a celkový tepelný příkon, který je závislý na venkovní teplotě a tepelné ztrátě zvoleného objektu.

Informace o teplotách poskytuje Český hydrometeorologický ústav, díky kterému je možné sestavit *Tab. 4*, ve které je zaznamenána četnost denních teplot v letech 2019 – 2020. Teplotní interval je dán od nejnižší dlouhodobé teploty -15 °C do 13 °C, kdy se objekt přestává vytápět. Délka topného období, počet dnů s průměrnou denní teplotou 13 °C a nižší, v oblasti města Pelhřimov je 257 dní.

Průměrná denní teplota [°C]	Počet dní s danou teplotou	Kumulovaná četnost teplot
-15	0	0
-14	0	0
-13	0	0
-12	0	0
-11	0	0
-10	0	0
-9	0	0
-8	0	0
-7	0	0
-6	0	0
-5	0	0
-4	1	1
-3	6	7
-2	18	25
-1	26	51
0	19	70
1	19	89
2	16	105
3	14	119
4	13	132
5	12	144
6	13	157
7	20	177
8	13	190
9	8	198
10	12	210
11	14	224
12	14	238
13	19	257

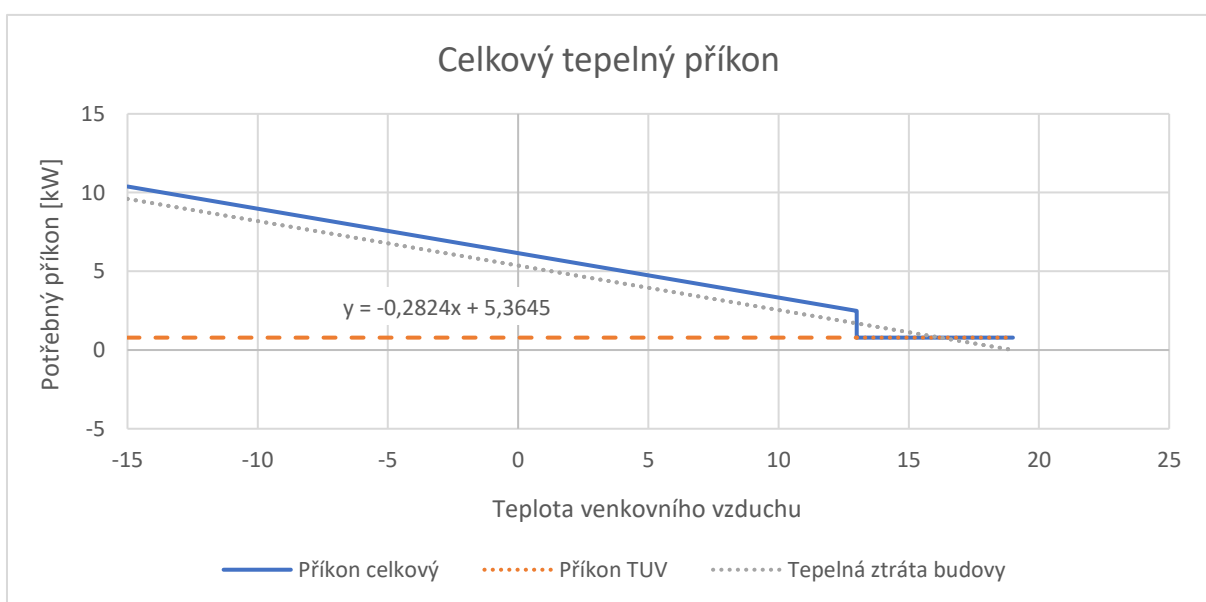
Tab. 4: Četnost denních teplot v letech 2019 – 2020 [37]

Pomocí údajů z Tab. 4 lze sestavit křivku ročního trvání teplot, která znázorňuje průměrné denní teploty v závislosti na počtu dní v daném otopném období.



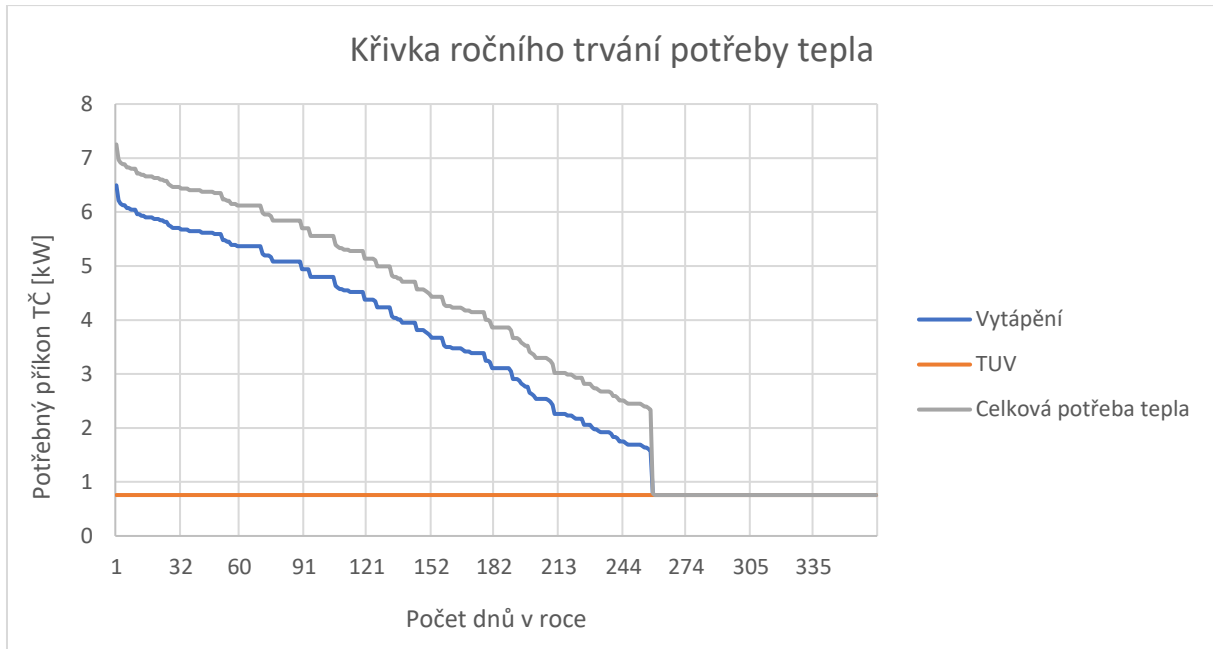
Obr. 15: Křivka ročního trvání teplot

Celkový tepelný příkon je součet příkonu na vytápění a ohřevu TUV v závislosti na teplotě venkovního vzduchu. Potřebu tepla k vytápění obytné budovy lze stanovit z tepelných ztrát při minimální návrhové minimální venkovní teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, které jsou v tomto případě rovny hodnotě $9,6\text{ kW}$. Množství tepla potřebné pro ohřev TUV je vzato z předchozích výpočtů a je rovno $6,9\text{ MWh/rok}$, což je v přepočtu na den v průměru $18,9\text{ kWh}$. K získání celkového tepelného příkonu je potřeba převést všechny potřebné údaje na kW, tzn. potřeba tepla na ohřev TUV na den vychází $0,7875\text{ kW}$. Potřebný výkon při nejnižší výpočtové teplotě je $10,3875\text{ kW}$.



Obr. 16: Celkový tepelný příkon v závislosti na venkovní teplotě

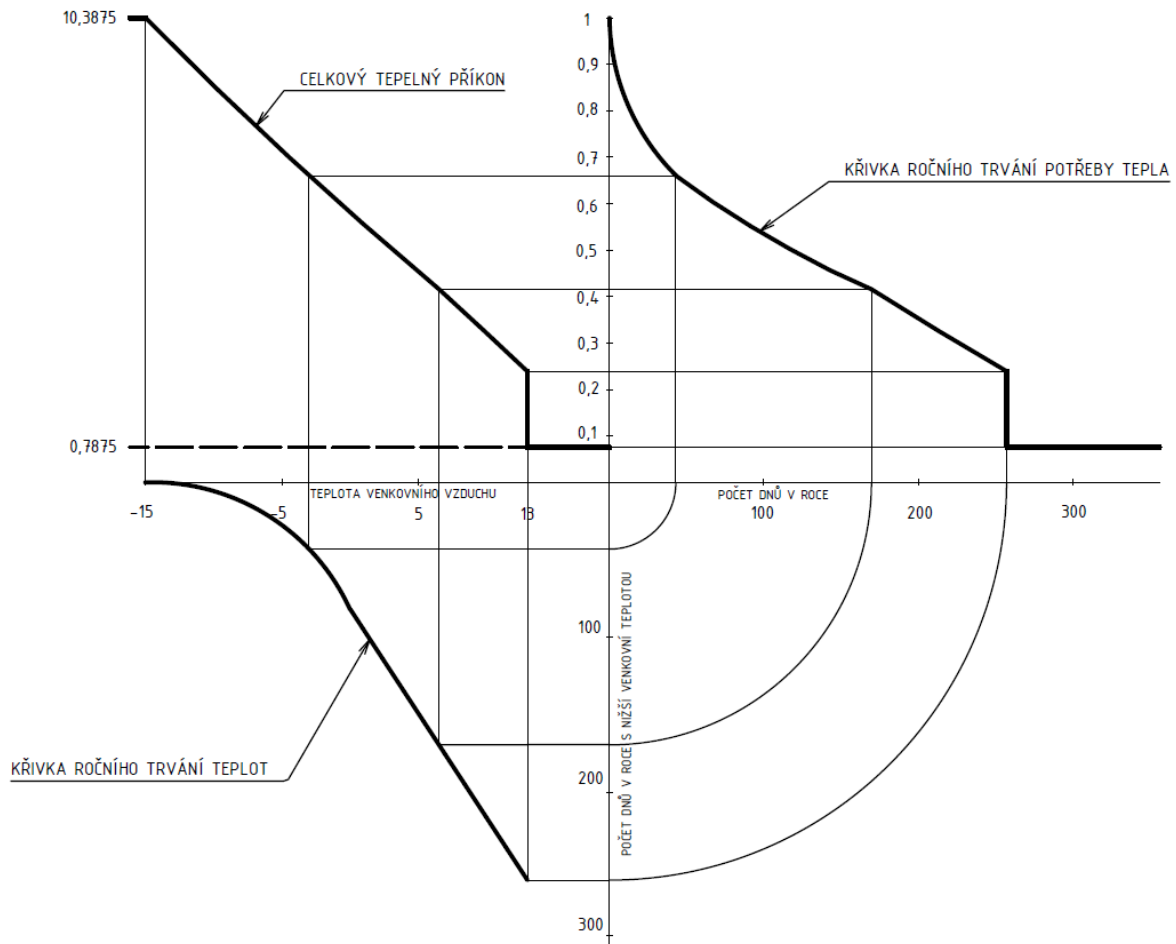
K vytvoření křivky ročního trvání potřeby tepla již známe vše potřebné. Z křivky ročního trvání teplot se zjistí počet dnů v roce s danými průměrnými denními teplotami. Z grafu celkového tepelného příkonu lze vyčíst potřebný příkon při určité teplotě. Všechna potřebná data jsou vypsána v *Tab. 28*, která se vzhledem k velkému množství dat nachází v příloze.



Obr. 17: Křivka ročního trvání tepla

Z křivky ročního trvání tepla lze vyčíst, že celková potřeba energie na vytápění za rok je rovna 25 043 kWh, což je o 1 443 kWh více, než vycházelo při výpočtech, ve kterých se neuvažovaly různé teplotní výkyvy. Celková potřeba energie na vytápění a ohřev TUV vychází **31,942 MWh/rok**.

Křivku ročního trvání potřeby tepla je možné sestavit i za pomoci součtové závislosti. Jedná se o poměrně jednoduchý způsob, jak vytvořit křivku a zároveň celý diagram ročního trvání potřeby tepla. Nicméně tento způsob není tak přesný jako předešlý výpočet pomocí dat z Tab. 28.



Obr. 18: Diagram ročního trvání potřeby tepla

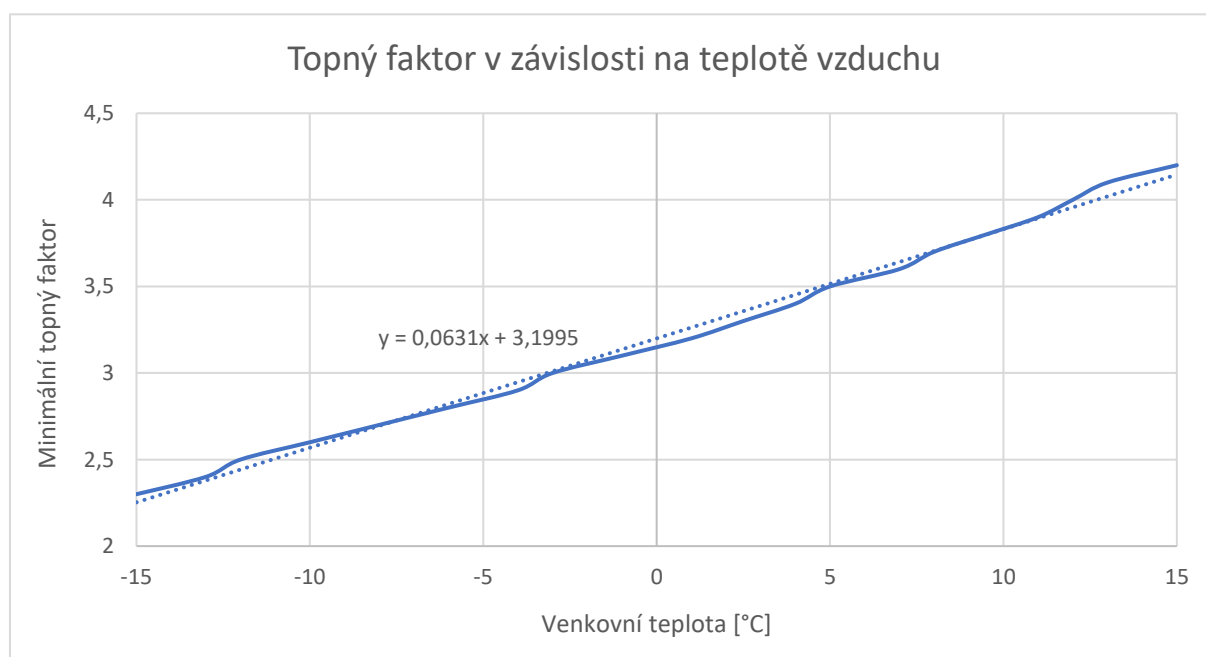
Výpočty v bodě 9.3 *Potřeba energie na vytápění a ohřev TUV v letech 2019 – 2020* byly provedeny na základě podkladů ze zdroje [38].

10.4 Vytápění tepelným čerpadlem vzduch/voda

Tepelná čerpadla vzduch/voda využívají venkovní vzduch jako zdroj tepla. Tento typ tepelného čerpadla dokáže pokrýt téměř všechny nároky na vytápění. Problém může nastat při nízkých teplotách, kdy dochází k ovlivnění bodu bivalence a ke snížení výkonu tepelného čerpadla. V takovém případě je nutné zapojit doplňkový zdroj, jako je například stávající kotel na tuhá paliva, elektrokotel a další. [2]

10.4.1 Vyhodnocení provozního topného faktoru

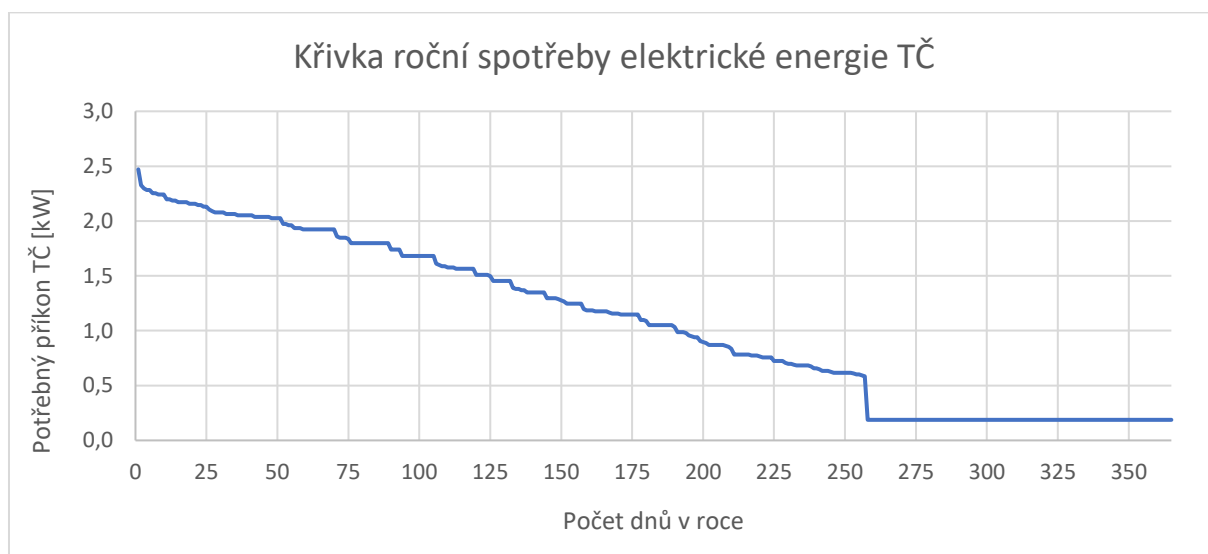
K určení závislosti topného faktoru tepelného čerpadla ACOND při parametrech W35 v závislosti na teplotě vzduchu se vychází z kontrolního měření dle ČSN EN 14511. Měření je provedeno v rámci Protokolu č. OSV-2006-0435/P o ověření shody výrobku podle par. 7 nařízení vlády č. 163/2002 Sb. ve znění NV č. 312/2005 Sb. vydaného autorizovanou osobou 212 - Centrum stavebního inženýrství a. s. pro dané tepelné čerpadlo.³



Obr. 19: Topný faktor tepelného čerpadla ACOND

³ vyhodnocení minimálního topného faktoru tepelného čerpadla ACOND od firmy ACOND a.s.

Topný faktor tepelného čerpadla vzduch/voda se s klesající venkovní teplotou snižuje, a proto celková spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla při nižších teplotách roste progresivně. Hodnoty topného faktoru při průměrných denních teplotách -15 °C až 15 °C je možné odečíst z *Obr. 19*. Pro období mimo otopnou sezónu jsem zvolila nejvyšší možný topný faktor, jelikož data k vyšším venkovním teplotám nelze zjistit. Všechna potřebná data jsou vypsána v *Tab. 29*, která se vzhledem k velkému množství dat nachází v příloze.



Obr. 20: Křivka roční spotřeby elektrické energie TČ

10.4.2 Popis topné soustavy

Pro tento objekt navrhují tepelné čerpadlo vzduch/voda od firmy ACOND a.s., které má v sobě zabudovanou patentově chráněnou chytrou regulaci ACOND@THERM. Chytrá regulace ACOND@THERM je schopná nastavit tepelné čerpadlo tak, aby v daném objektu bylo optimální množství tepla a zároveň umí úsporně řídit ohřev teplé užitkové vody. ACOND@THERM patří mezi špičkové české regulace, které se vyvíjejí speciálně pro střední Evropu. V porovnání s ekvitermní⁴ regulací, která je složitá na obsluhu a při chladném počasí nerespektuje skutečnou potřebu tepelné energie, regulace ACOND@THERM samostatně zvládá průběžně vyhodnocovat a přepočítávat potřebnou teplotu topné vody. Nastaví vždy nejnižší možnou teplotu topné vody při zachování tepelného komfortu. Spojitost mezi úsporami při provozu tepelného čerpadla a teplotou topné vody lze jednoduše popsat tak, že čím nižší je teplota topné vody, tím nižší je spotřeba tepelného čerpadla a tím delší je jeho životnost.

Firma ACOND a. s. vyrábí tepelná čerpadla s kompresory scroll EVI, které pracují na principu dvoustupňové komprese. Tento typ kompresoru využívá zbytkového tepla v chladivu přicházejícího z výměníku k odpaření části chladiva. Chladivo je dále přiváděno pod tlakem do kompresního prostoru kompresoru. Pomocí kompresoru scroll EVI je možné dosáhnout vyšší účinnosti a může přispět k celkovému zvýšení spolehlivosti tepelného čerpadla.

Topný systém navrhují v závislosti na průměrných denních teplotách z let 2019 a 2020, které byly nadprůměrně teplé, tzn. průměrné denní teploty neklesly pod -4 °C. Rozhodla jsem se, že ekonomicky zhodnotím a porovnáám tepelné čerpadlo s vyšším výkonem, které bude schopné pokrýt všechny nároky na vytápění, a tudíž nebude potřeba žádný doplňkový zdroj, a tepelné čerpadlo s nižším výkonem, u kterého bude doplňkový zdroj nutný.

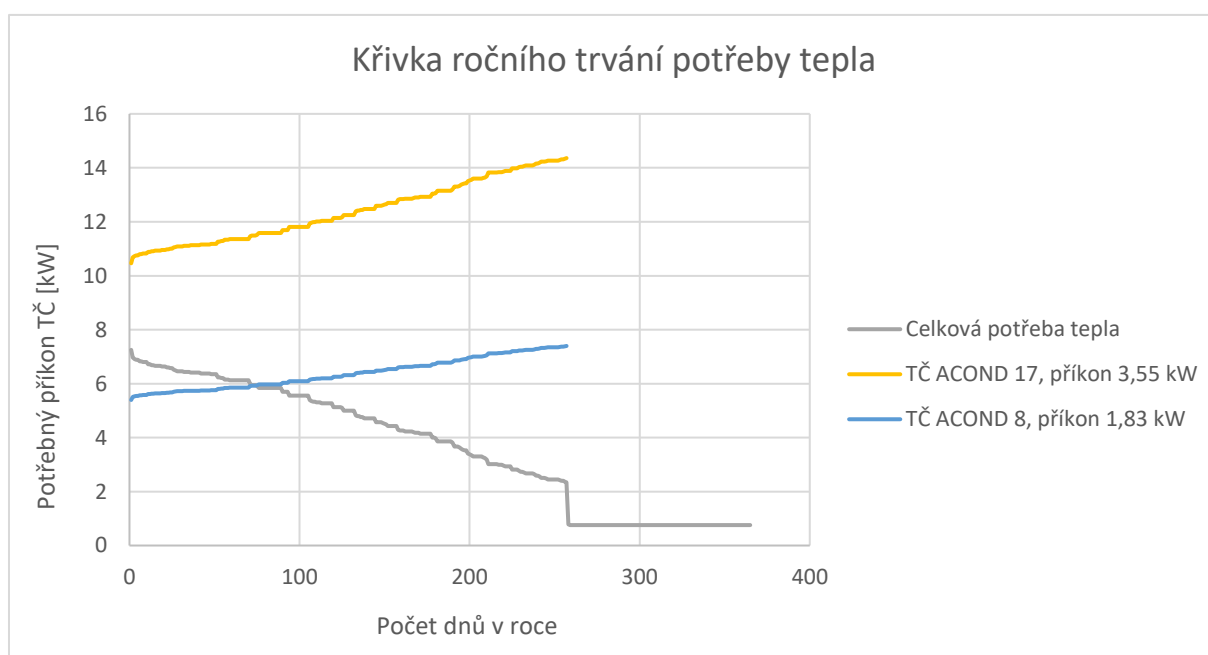
V případě využití tepelného čerpadla bez doplňkového zdroje se pro zvýšení efektivity topný systém osazuje akumulací nádrží, která slouží k akumulaci topné, případně teplé užitkové vody.⁵

⁴ Ekvitermní regulace teploty v místnosti spočívá v nastavení teploty topné vody na základě venkovní teploty. K popisu závislosti teploty topné vody, místnosti a venkovní teploty se využívají ekvitermní křivky. Dle požadované teploty místnosti se zvolí určitá křivka (nutnost obsluhy). Podle venkovní teploty se reguluje teplota topné vody. [39]

⁵ informace od firmy ACOND a.s.

Tepelné čerpadlo vzduch/voda je schopné fungovat samostatně v monovalentním režimu pouze v případě, když jeho výkon, jež je závislý na topném faktoru dle venkovní teploty, je vyšší než příkon potřebný k pokrytí vytápění a ohřevu TUV. Vybrala jsem tepelné čerpadlo vzduch/voda ACOND 17 EVI-S-A, jehož výkon je více než dostačující (viz. *Obr. 21*).

Dále jsem pak zvolila tepelné čerpadlo s nižším výkonem, tepelné čerpadlo vzduch/voda ACOND 8 EVI-S-A. Z *Obr. 21* je patrné, že toto tepelné čerpadlo musí pracovat v bivalentní provozu s doplňkovým zdrojem, kterým je v tomto případě bojler OKC 300 NTR/HP. Všechna potřebná data jsou vypsána v *Tab. 30*, která se vzhledem k velkému množství dat nachází v příloze.



Obr. 21: Křivka ročního trvání tepla - dimenzování tepelných čerpadel

Parametry tepelného čerpadla vzduch/voda ACOND 17 EVI-S-A

Hodnoty dle EN14511: 7/35 °C

Výkon: 16,06 kW

Příkon: 3,55 kW

COP: 4,52

Kompresor: EVI Scroll

Chladivo: R407C

Ustálený proud: 9,6 A

Rozběhový proud: 15,5 A

Hmotnost: 156 kg

Maximální výstupní teplota TČ: 63 °C

Minimální venkovní teplota pro provoz TČ: -25 °C



Obr. 22: Tepelné čerpadlo vzduch/voda ACOND 17 EVI-S-A [40]

Parametry tepelného čerpadla vzduch/voda ACOND 17 EVI-S-A byly převzaty ze zdroje [40].

Tepelné čerpadlo ACOND EVI – S obsahuje: venkovní jednotku vč. regulace ACOND THERM; deskový výměník; pokojovou jednotku	Kč / ks	množství	Kč celkem
ACOND TČ-17EVI-S	172 500	1 ks	172 500 Kč
Hliníková stolička pod venkovní jednotku	1 800	1 ks	1 800 Kč
Chladivové propojovací Cu potrubí: TČ 8-17	850	5 bm	4 250 Kč
Vodní potrubí PEX-AL-PEX Ø 32 mm	500	5 bm	2 500 Kč
Nerezová akumulční nádoba AKU 200 P vč. izolace, předehřevu TUV a el. bivalence 6 kW	21 900	1 ks	21 900 Kč
Ovládací skříň pro jištění bivalentního zdroje + elektroinstalace (1xTT)	3 500	1 ks	3 500 Kč
Bezpečnostní / provozní termostat instalovaný do akumulční nádrže	650	1 ks	650 Kč
Oběhové čerpadlo Grundfos UPM3 FLEX AS 25-60 pro topný vodní okruh	3 300	1 ks	3 300 Kč
Oběhové čerpadlo Grundfos UPM3 FLEX AS 25-75 pro primární vodní okruh	6 800	1 ks	6 800 Kč
Expanzomat 25 l	1 000	1 ks	1 000 Kč
Montážní materiál, instalace, doprava, prostupy, zprovoznění a zaregulování TČ	24 675	1 kpl	24 675 Kč

Celkem bez DPH	242 875 Kč
Celkem vč. DPH (15 %)	279 306 Kč
Sleva z TČ	22 500 Kč
Celkem po slevě vč. DPH	256 806 Kč

Tab. 5: Počáteční investice do tepelného čerpadla ACOND TČ-17EVI-S⁶

⁶ cenová nabídka od firmy ACOND a.s.

Tepelné ztráty objektu	9,6	kW	
Osob v domácnosti	2		
Spotřeba 70 °C TUV na osobu a den	25	litrů	
Navržené tepelné čerpadlo ACOND	TČ 17 (G2)		
Zdroj tepla			TČ ACOND
Zdroj TUV			TČ + akumulční nádrž
Spotřeba energie na topení	115,1	GJ	18 780 Kč
Spotřeba energie na ohřev TUV	24,9	GJ	7 518 Kč
Paušální platby elektro			1 960 Kč
Paušál plyn			-
Ostatní spotřeba elektřina pro domácnost			2 615 Kč
Spotřeba energie na ohřev bazénu	0	GJ	0 Kč
Celkem platby			30 873 Kč

Tab. 6: Roční náklady při vytápění a ohřevu TUV za pomoci ACOND TČ-17EVI-S⁷

⁷ cenová kalkulace dle firmy ACOND a.s.

Parametry tepelného čerpadla vzduch/voda ACOND 8 EVI-S-A

Hodnoty dle EN14511: 7/35 °C

Výkon: 8,56 kW

Příkon: 1,83 kW

COP: 4,67

Kompresor: EVI Scroll

Chladivo: R407C

Ustálený proud: 4,2 A

Rozběhový proud: 8,7 A

Hmotnost: 105 kg

Maximální výstupní teplota TČ: 63 °C

Minimální venkovní teplota pro provoz TČ: -25 °C



Obr. 23: Tepelné čerpadlo vzduch/voda ACOND 8 EVI-S-A [40]

Parametry tepelného čerpadla vzduch/voda ACOND 8 EVI-S-A byly převzaty ze zdroje [40].

Tepelné čerpadlo ACOND EVI – S obsahuje: venkovní jednotku vč. regulace ACOND THERM; deskový výměník; pokojovou jednotku	Kč / ks	množství	Kč celkem
ACOND TČ-8EVI-S	129 900	1 ks	129 900 Kč
Hliníková stolička pod venkovní jednotku	1 800	1 ks	1 800 Kč
Chladivové propojovací Cu potrubí: TČ 8-17	850	5 bm	4 250 Kč
Vodní potrubí PEX-AL-PEX Ø 32 mm	500	5 bm	2 500 Kč
Bojler OKC 300 NTR/HP	17 791	1 ks	17 791 Kč
Ovládací skříň pro jištění bivalentního zdroje + elektroinstalace (1xTT)	3 500	1 ks	3 500 Kč
Bezpečnostní / provozní termostat instalovaný do akumulární nádrže	650	1 ks	650 Kč
Oběhové čerpadlo Grundfos UPM3 FLEX AS 25-60 pro topný vodní okruh	3 300	1 ks	3 300 Kč
Oběhové čerpadlo Grundfos UPM3 FLEX AS 25-75 pro primární vodní okruh	6 800	1 ks	6 800 Kč
Expanzomat 25 l	1 000	1 ks	1 000 Kč
Montážní materiál, instalace, doprava, prostupy, zprovoznění a zaregulování TČ	24 675	1 kpl	24 675 Kč

Celkem bez DPH	196 166 Kč
Celkem vč. DPH (15 %)	225 591 Kč
Sleva z TČ	22 500 Kč
Celkem po slevě vč. DPH	203 091 Kč

Tab. 7: Počáteční investice do tepelného čerpadla ACOND TČ-8EVI-S⁸

⁸ cenová nabídka od firmy ACOND a.s.

Tepelné ztráty objektu	9,6	kW	
Osob v domácnosti	2		
Spotřeba 70 °C TUV na osobu a den	25	litrů	
Navržené tepelné čerpadlo ACOND	TČ 8 (G2)		
Zdroj tepla			TČ ACOND
Zdroj TUV			TČ + bojler
Spotřeba energie na topení	115,1	GJ	25 766 Kč
Spotřeba energie na ohřev TUV	24,9	GJ	7 518 Kč
Paušální platby elektro			1 960 Kč
Paušál plyn			-
Ostatní spotřeba elektřina pro domácnost			2 615 Kč
Spotřeba energie na ohřev bazénu	0	GJ	0 Kč
Celkem platby			37 859 Kč

Tab. 8: Roční náklady při vytápění a ohřevu TUV za pomoci ACOND TČ-8EVI-S⁹

⁹ cenová kalkulace dle firmy ACOND a.s.

10.4.3 Ekonomické zhodnocení

Vzhledem k tomu, že se jedná o investici na ohřev TUV a vytápění rodinného domku, tak nepracuji s časovou hodnotou peněz a neuvažuji ani změnu cen energií v čase. U všech topných systémů předpokládám stejnou dobu životnosti - 15 let.

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody daného objektu je 31,942 MWh/rok. V okrese Pelhřimov patří mezi hlavní dodavatele elektrické energie ČEZ, s.r.o. Pro tepelná čerpadla se využívá speciální dvoutarifní sazba D56d.

Cena kWh nízký tarif	2,174 Kč
Cena kWh vysoký tarif	2,314 Kč
Paušální měsíční platba za jistič	163,35 Kč

Tab. 9: Cena elektřiny od dodavatele ČEZ – distribuční sazba D56d [41]

U samostatně fungujícího tepelného čerpadla vzduch/voda ACOND 17 EVI-S-A je potřeba do počáteční nákladů započítat cenu daného tepelného čerpadla, nerezové akumulční nádrže AKU 200 P, cenu za montáž a další položky z Tab. 5. Celkové počáteční náklady činí 256 806 Kč. U tepelného čerpadla, jež pracuje v bivalentním provozu s bojlerem, jsou počáteční náklady o 53 715 Kč nižší a jsou rovny 203 091 Kč. V počátečních nákladech je zahrnuta cena daného tepelného čerpadla, bojler OKC 300 NTR/HP, cena za montáž a další položky z Tab. 7.

Zdroj tepla a TUV	Tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S	Tepelné čerpadlo ACOND TČ 8 EVI-S + bojler
Celková počáteční investice	256 806 Kč	203 091 Kč
<i>Rozdíl v počátečních investicích oproti TČ ACOND 17 EVI-S</i>		-53 715 Kč

Tab. 10: Porovnání celkových počátečních investic u vybraných topných systémů

Každoroční náklady za množství spotřebované elektrické energie a paušálních plateb vychází u tepelného čerpadla vzduch/voda ACOND 17 EVI-S-A 30 873 Kč. U tepelného čerpadla vzduch/voda ACOND 8 EVI-S-A, jež pracuje v bivalentním provozu s bojlerem, je celková roční platba o 6 986 Kč vyšší. Je to dáno především tím, že tepelné čerpadlo zhodnotí elektrinu spotřebovanou na dodávku tepla topným faktorem, jež se nachází v rozmezí hodnot 3 a 5, zatím co u doplňkového zdroje - bojleru - je hodnota topného faktoru rovna 1, tzn. přímá přeměna elektrické energie na teplo. Použití doplňkového zdroje proto zvyšuje náklady na vytápění a ohřev TUV.

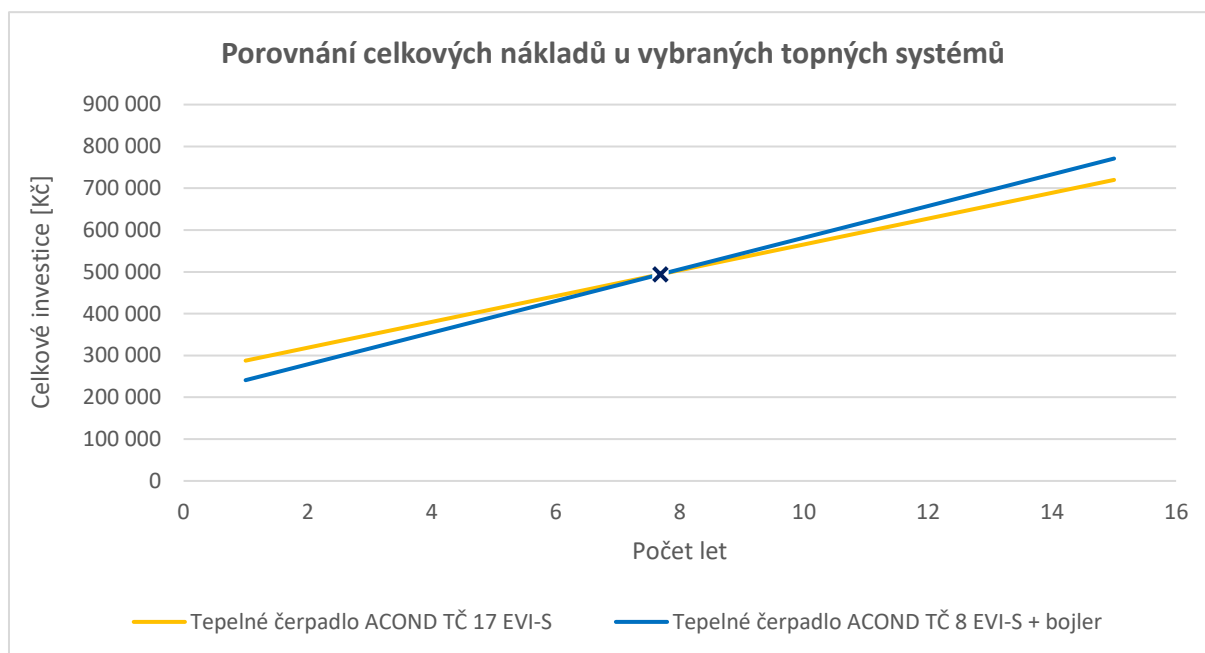
Zdroj tepla a TUV	Tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S	Tepelné čerpadlo ACOND TČ 8 EVI-S + bojler
Celkem roční platby	30 873 Kč	37 859 Kč
<i>Rozdíl v ročních platbách oproti TČ ACOND 17 EVI-S</i>		6 986 Kč

Tab. 11: Porovnání ročních plateb u vybraných topných systémů

V Tab. 12 je uveden výpočet dlouhodobých úspor s tepelným čerpadlem ACOND 17- EVI-S ve srovnání s tepelným čerpadlem ACOND 8-EVI-S a doplňkovým zdrojem.

Úspory s TČ ACOND 17 EVI-S ve srovnání s vytápěním	TČ ACOND 8 EVI-S + bojler	
Výpočet dlouhodobých úspor	za rok 2020	6 986 Kč
	za 5 let	34 930 Kč
	za 10 let	69 860 Kč
	za 15 let	104 790 Kč

Tab. 12: Úspory s TČ ACOND 17 EVI-S ve srovnání s vytápěním TČ ACOND 8 EVI-S

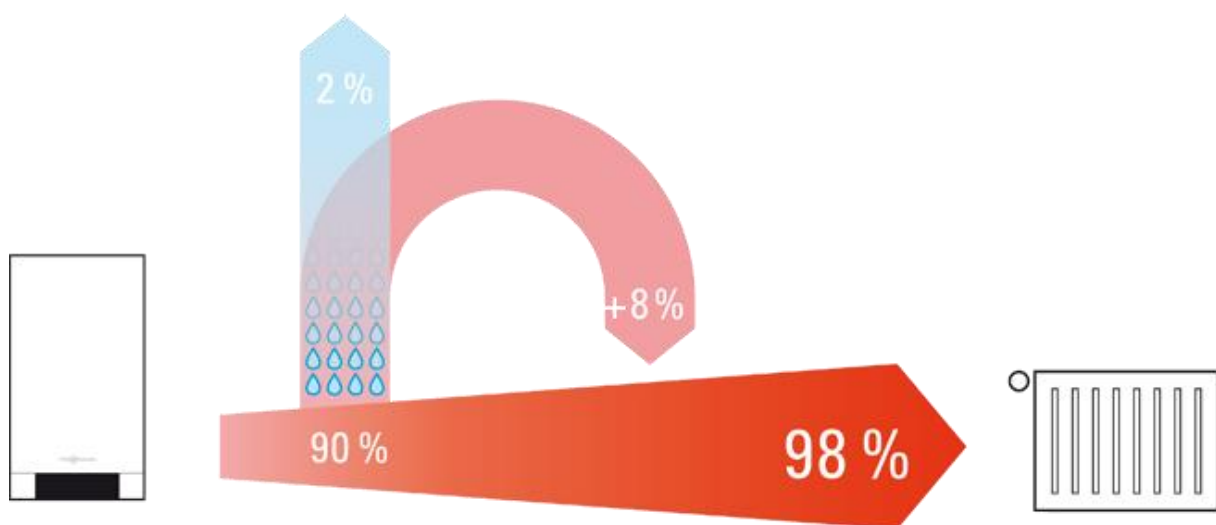


Obr. 24: Porovnání celkových nákladů u vybraných topných systémů

Na základě výpočtu dlouhodobých úspor při použití tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S, ročních a počátečních nákladů bylo zjištěno, že již po 8 letech, kdy celkové úspory dosáhnou částky 55 888 Kč, se tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S stane výhodnějším topným systémem než méně výkonné tepelné čerpadlo ACOND TČ 8 EVI-S pracující v bivalentním provozu s doplňkovým zdrojem.

10.5 Vytápění plynovým kondenzačním kotlem

Kondenzační plynové kotle jsou schopné zužitkovat i teplo, jež u běžné topné techniky zůstává bez užitku. Odebírají teplo ze spalin a dále ho přeměňují na teplo výhřevné. Dále ještě využívají režimu kondenzace vodní páry, která je obsažená ve spalinách (výhřevnost¹⁰). Výměníky kotle snižují teplotu spalin až do chvíle, kdy dojde ke kondenzaci vodní páry, která je ve spalinách obsažená. Díky kondenzaci se uvolní skupenské teplo kondenzace vodní páry, jež se dodatečně přenáší do topného systému. Pomocí této technologie dosahují kondenzační plynové kotle účinnosti až 98 %, přičemž zbylá 2 % se ztrácí spalinami a sáláním kotle. [42]



Obr. 25: Účinnost kondenzačního plynového kotle [42]

Výkon kondenzačního plynového kotle je závislý na množství tepla, které je třeba dodat do daného objektu. Důležitou funkcí kondenzačního kotle je výkonová modulace, tzn. regulace vlastního výkonu v co největším rozsahu. Dále by kotel měl mít možnost ekvitermní regulace, jež má za úkol zabránit přetápění objektu. [42]

¹⁰ výhřevnost H_s - množství tepla uvolněné při úplném spalování, které je obsaženo ve vodní páře topných plynů

10.5.1 Popis topné soustavy

Pro tento objekt navrhuji kondenzační plynový kotel *Vitodens 222-W*. Patří do nové generace nástěnných plynových zařízení Viessmann, které disponují vyšší účinností, delší životností a snazší obsluhou než jejich předchůdci. Tepelný výměník zajišťuje bezpečný a efektivní provoz. Díky hořáku *MatriX Plus* má tento kondenzační plynový kotel vyšší účinnost s nízkými emisemi oxidů dusíku. Cena kondenzačního plynového kotle *Vitodens 222 - W* je 74 064 Kč. [43]

Parametry kondenzačního plynového kotle *Vitodens 222-W*

Rozsah jmenovitého tepelného výkonu: 1,9 – 32 kW

Hmotnost: 63 kg

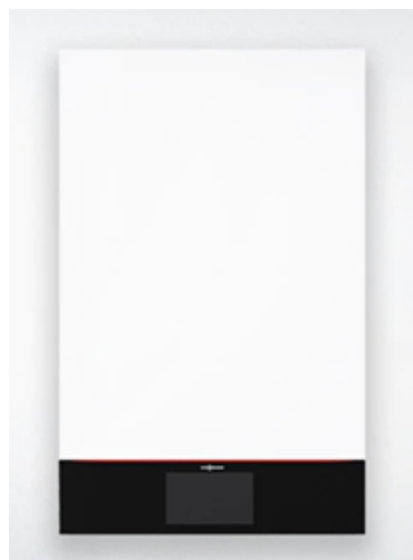
Objem zásobníku: 46 l

Výstupní výkon pro teplou vodu: 21,13 l/min

Trvalý výkon pro pitnou vodu: 34,9 kW

Účinnost: 98 %

Třída energetické účinnosti: A



Obr. 26: Kondenzační plynový kotel *Vitodens 222-W* [44]

Parametry kondenzačního plynového kotle *Vitodens 222-W* byly převzaty ze zdroje [43].

10.5.2 Ekonomické zhodnocení

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody daného objektu je 31,942 MWh/rok. Po započítání průměrné roční účinnosti vybraného kondenzačního plynového kotle, která je rovna 98 %, vychází celková roční potřeba energie 32,594 MWh/rok. Vzhledem k tomu, že se daný objekt nachází v okrese Pelhřimov, tak je dodavatelem plynu zvolen ČEZ, s.r.o. Dle aktuálního ceníku se cena za kWh (vč. DPH) rovná 1,22 Kč.

Fakturační období	Popis položky	Množství	Měrná jednotka	Jednotková cena bez DPH (Kč)	Celkem bez DPH (Kč)
24.03.2021 – 24.03.2022	Pevná cena za odebraný plyn	32,594	MWh	275,62	8 947,88
	Stálá měsíční platba za přistavenou kapacitu	12	měsíc	200,58	2 243,22
	Poplatek OTE	32,594	MWh	2,44	79,15
Celkem					11 270,25

Tab. 13: Platba za distribuci

Fakturační období	Popis položky	Množství	Měrná jednotka	Jednotková cena bez DPH (Kč)	Celkem bez DPH (Kč)
24.03.2021 – 24.03.2022	Komoditní složka ceny	32,594	MWh	629	20 501,63
	Měsíční poplatek za odběrné místo	12	měsíc	99	1 188
Celkem					21 689,63

Tab. 14: Platba za služby dodávky

Fakturační období	Popis položky	Množství	Měrná jednotka	Jednotková cena bez DPH (Kč)	Celkem bez DPH (Kč)
24.03.2021 – 24.03.2022	Daň z plynu	32,594	MWh	0,00	0,00
Celkem					0,00

Tab. 15: Daň ze zemního plynu

Dodávka plynu	Základ DPH (Kč)	DPH (Kč)	Celkem (Kč)
Cena za distribuci plynu	11 270,25	2 366,75	13 637
Obchod s plynem	21 689,63	4 554,82	25 244,45
Daň z plynu	0,00	0,00	0,00
Celkem	32 959,88	6 921,57	39 881,45

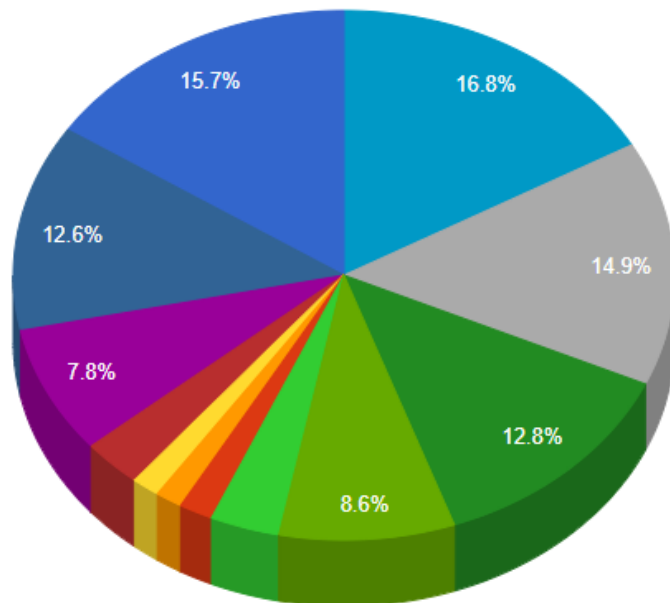
Tab. 16: Cena za 32,594 MWh/rok

Měsíc	Spotřeba zemního plynu [MWh]
leden	5,478
únor	4,868
březen	4,185
duben	2,792
květen	1,109
červen	0,542
červenec	0,432
srpen	0,447
září	0,954
říjen	2,545
listopad	4,112
prosinec	5,131

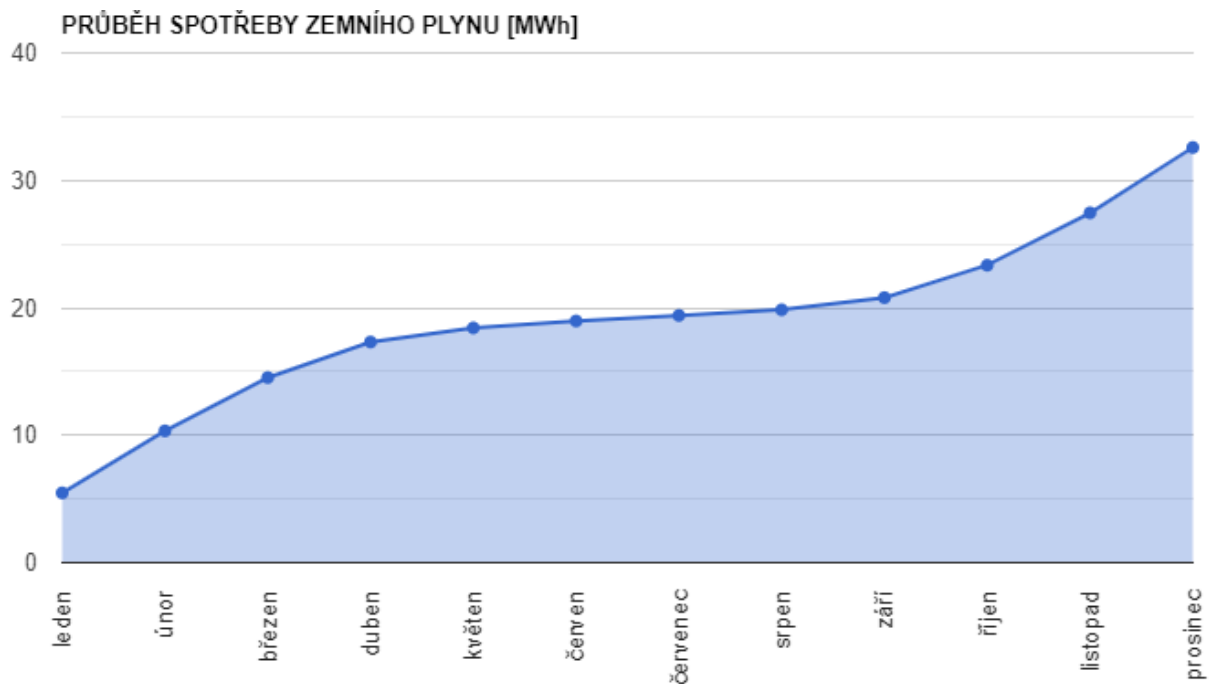
Tab. 17: Průběh spotřeby zemního plynu [MWh]

PRŮBĚH SPOTŘEBY ZEMNÍHO PLYNU [MWh]

- leden
- únor
- březen
- duben
- květen
- červen
- červenec
- srpen
- září
- říjen
- listopad
- prosinec



Obr. 27: Průběh spotřeby zemního plynu [45]



Obr. 28: Průběh spotřeby zemního plynu [45]

Do počáteční nákladů je potřeba započítat cenu kondenzačního plynového kotle Vitodens 222, koncentrického plastového komínu a cenu za montáž. Celkové počáteční náklady činí 154 927 Kč. Každoroční náklady za množství spotřebovaného zemního plynu vychází 39 881,45 Kč.

Kondenzační plynový kotel Vitodens 222-W	77 043 Kč
Koncentrický plastový komín	20 500 Kč
Práce a montáž ¹¹	57 384 Kč
Celkové počáteční náklady	154 927 Kč

Tab. 18: Počáteční náklady při vytápění a ohřevu TUV za pomoci zemního plynu

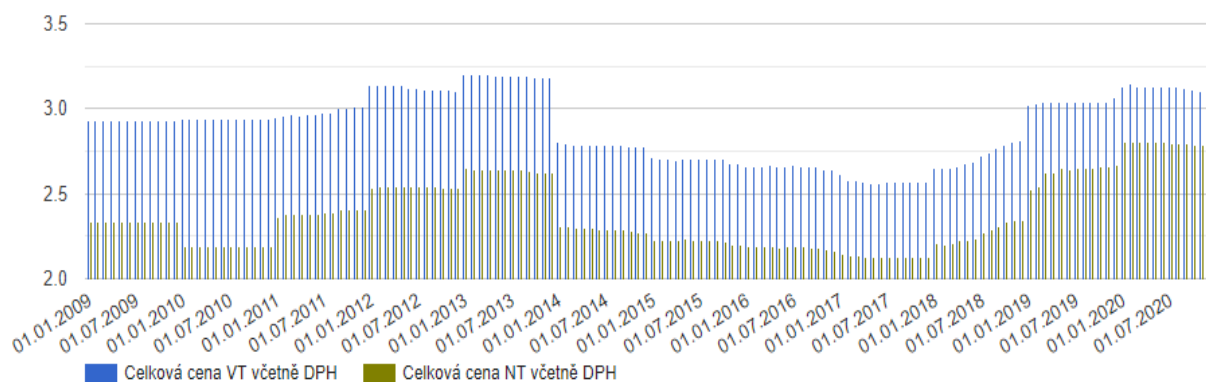
Výpočty v bodě 9.5.2 *Ekonomické zhodnocení* byly provedeny na základě podkladů ze zdroje [45].

¹¹ montáž komínu, kotle, revize a uvedení do provozu, záruka

10.6 Vytápění elektrickým kotlem

Největší výhodou elektrických kotlů je nízká pořizovací cena, snadná a levná instalace. Další výhodou je jednoduchá konstrukce, díky které se na tento typ zdroje tepla nevztahuje povinnost pravidelných kontrol a revizí. Elektrokotle jsou bezúdržbové, jelikož na rozdíl od jiných typů kotlů nic nespalují, a proto není potřeba je pravidelně čistit ani nijak seřizovat. Účinnost elektrokotlů se pohybuje okolo hodnoty 99 %. Nicméně provoz elektrokotle je finančně poměrně náročný, především kvůli neustále rostoucím cenám elektrické energie.

Elektrokotel jako primární zdroj tepla se nejvíce využívá v objektech s nízkou tepelnou ztrátou, jako jsou například nízkoenergetické a pasivní domy. U starších, nezateplených domů s vysokou energetickou náročností je provoz elektrokotle drahý. Vhodné je využití elektrických kotlů jako doplňkového zdroje vytápění. [46]



Obr. 29: Celková cena elektřiny ČEZ - D45d [Kč/kWh] [47]

10.6.1 Popis topné soustavy

Pro tento objekt navrhuji závěsný elektrický kotel *RAY 6 KE – 24 KE*. Elektrokotle z produktové řady RAY mají velice jednoduché a přehledné ovládání. Provoz elektrokotle je tichý, umožňuje plynulou modulaci výkonu a po připojení venkovního čidla je možné ekvitermní řízení kotle vestavěnou regulací. Využívá se kaskádové zapojení, díky kterému se zvyšuje výkon. Cena elektrického kotle RAY 6 KE – 24 KE je 15 871 Kč. [48]

Parametry elektrického kotle *RAY 6 KE – 24 KE*

Energetická třída (pro vytápění): D

Výkon: 24 kW

Elektrické připojení: 3 x 230 V/400 V

Min. – Max. provozní teplota otopné vody: 25 – 85 °C

Objem expanzní nádoby: 8 l

Min. – Max. provozní tlak otopné vody: 0,8 – 3 bar

Elektrické krytí: IP40

Hmotnost (bez vody): 35 kg

Účinnost: 99,5 %



Obr. 30: Elektrický kotel RAY 6 KE - 24 KE [48]

Parametry elektrického kotle RAY 6 KE – 24 KE byly převzaty ze zdroje [48].

10.6.2 Ekonomické zhodnocení

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody daného objektu je 31,942 MWh/rok. V okrese Pelhřimov patří mezi hlavní dodavatele elektrické energie ČEZ, s.r.o. Daný objekt využívá dvoutarifní sazbu D45d, jež je vhodná pro objekty s elektrickým vytápěním. Účinnost vybraného elektrokotle je 99,5 %. Elektrokotle většinou bývají umístěné v místnosti, kterou vytápí, takže tepelné ztráty je možné brát jako teplo, které je sdíleno sáláním a vedením do okolí. V tomto případě bude proveden výpočet s účinností elektrokotle rovné 1.

Položka	Sazba	Období	Počet jednotek	Jednotka	Jednotková cena bez DPH (Kč)	Celkem (Kč)
Silová energie	VT	24.03.2021	10 492	kWh	1,489	15 622,59
	NT		21 450		1,489	31 939,05
Měsíční poplatek za odběrné místo		– 24.03.2022	12	měsíc	39	468
Daň z elektřiny			31 942	kWh	0,0283	903,96
Obchod s elektřinou						48 933,6
Použití sítí	VT	24.03.2021	10 492	kWh	0,25977	2 725,51
	NT		21 450		0,14789	3 172,24
Měsíční poplatek za odběrné místo		– 24.03.2022	12	měsíc	400	4 800
Distribuční služby						10 697,75
Systémové služby	SS				0,0933	2 980,19
Obnovitelné zdroje (3 x 25 A)	PoZE	24.03.2021	31 942	kWh	0,495	15 811,29
		– 24.03.2022				
Poplatek OTE za odběrné místo	OTE					46,92
Regulované služby						29 536,15
Celkem bez DPH						78 469,74

Tab. 19: Zúčtované částky celkem - rozpis dodávky elektřiny a regulovaných služeb

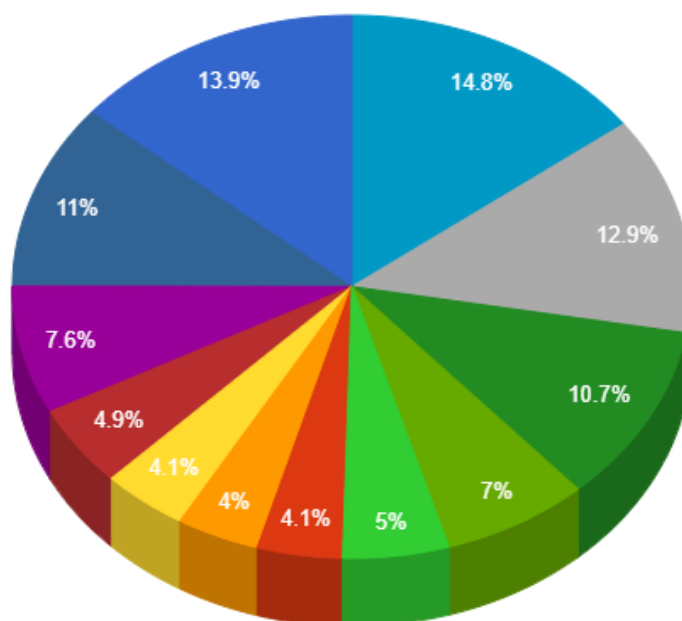
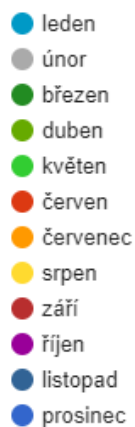
Dodávka elektřiny	Základ DPH (Kč)	DPH (Kč)	Celkem (Kč)
Obchod s elektřinou	48 933,6	10 276,06	59 209,65
Regulované služby	29 536,15	6 202,59	35 738,74
Celkem	78 469,74	16 478,65	94 948,39

Tab. 20: Cena za 31,942 MWh/rok

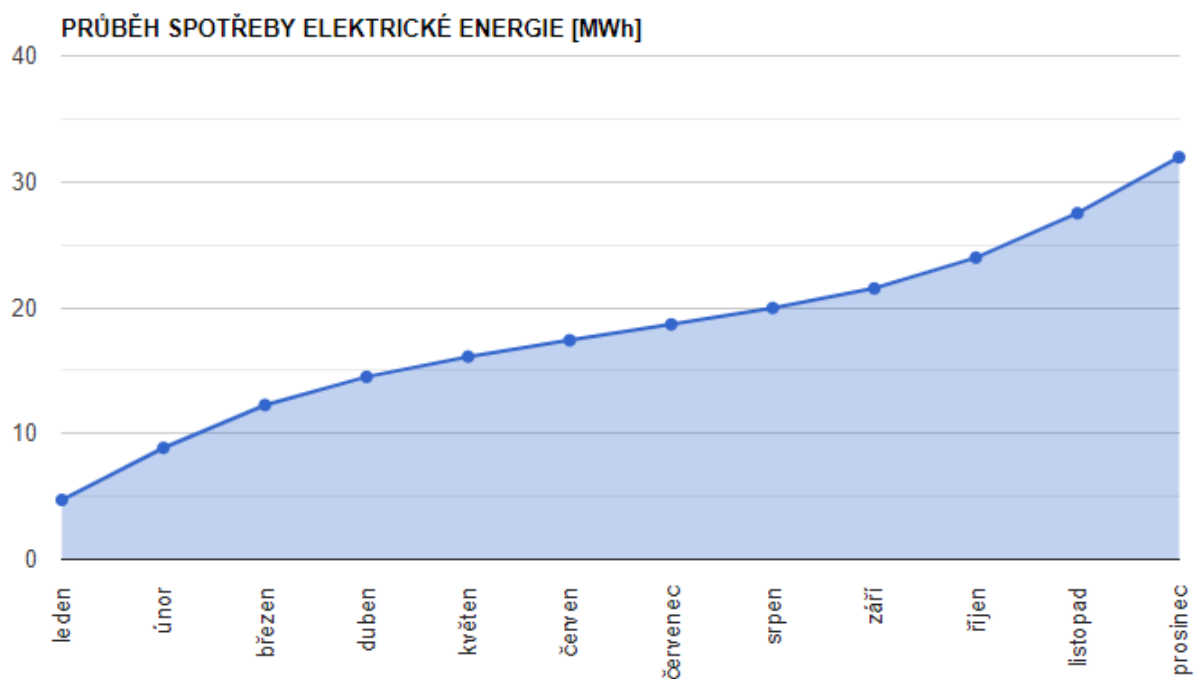
Měsíc	Spotřeba elektrické energie [MWh]
leden	4,723
únor	4,133
březen	3,407
duben	2,234
květen	1,612
červen	1,296
červenec	1,263
srpen	1,303
září	1,556
říjen	2,439
listopad	3,529
prosinec	4,447

Tab. 21: Průběh spotřeby elektrické energie [MWh]

PRŮBĚH SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE [MWh]



Obr. 31: Průběh spotřeby elektrické energie [49]



Obr. 32: Průběh spotřeby elektrické energie [49]

Počáteční náklady jsou rovny ceně elektrického kotle RAY 6 KE – 24 KE – 15 871 Kč.
Každoroční náklady za množství spotřebované elektrické energie vychází 94 948,39 Kč.

Výpočty v bodě 9.6.2 *Ekonomické zhodnocení* byly provedeny na základě podkladů ze zdroje [49].

10.7 Vytápění biomasou

Biomasu můžeme popsat jako organickou hmotu živočišného či rostlinného původu. Patří mezi obnovitelné zdroje energie, avšak na rozdíl od větrné energie či energie slunečního záření se biomasa může stát zdrojem vyčerpatelným, čerpá-li se rychleji, než se stihá obnovovat. Princip biomasy je založen na zachycování slunečního záření a jeho dalšího využití k fotosyntéze, při které dochází ke vzniku jednoduchých cukrů, jež se za pomoci chemických reakcí mění na cukry složitější.

Biomasu lze získat nejen jako odpad ze zemědělství či průmyslu, ale i jako cíleně pěstovaný produkt. Při spalování biomasy dochází ke vzniku CO_2 , avšak množství vzniklého oxidu uhličitého odpovídá přibližně stejnému množství, jaké by samy vytvořily rostlinné organismy při svém růstu, tzn. neutrální bilance CO_2 . Biomasa určená na vytápění může být ve formě palivového dřeva, pelet či dřevěných briket. [50]



Obr. 33: Biomasa ve formě palivového dřeva, pelet a dřevěných briket [51]

10.7.1 Popis topné soustavy

Pro tento objekt navrhuji automatický kotel na dřevní pelety *BENEKOV C 27 BIO*, který je vybaven řídicí jednotkou s modulací výkonu a ekvitermní regulací. V přechodovém období jaro a podzim se díky těmto funkcím dá ušetřit až 15 % nákladů na palivo. Další výhodou modulace výkonu je dosažení celkové účinnosti až 90 %. Výrobce doporučuje používat pouze značkové palivo, jako například dřevní pelety od dodavatele BIOMAC. Cena automatického kotle *BENEKOV C 27 BIO* je 108 889 Kč. [52]

Parametry automatického kotle *BENEKOV C 27 BIO*

Třída energetické náročnosti: A +

Třída kotle: 5. Třída

Výkon: 25 kW

Elektrický příkon: 40 W

Objem zásobníku: 330 l

Hmotnost: 425 kg



*Obr. 34: Automatický kotel na dřevní pelety *BENEKOV C 27 BIO* [52]*

Parametry automatického kotle *BENEKOV C 27 BIO* byly převzaty ze zdroje [52].

10.7.2 Ekonomické zhodnocení

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody daného objektu je 31,942 MWh/rok. Dle výrobce zvoleného automatického kotle na dřevní pelety volím jako palivo dřevěné pelety od dodavatele BIOMAC. Cena dřevěných pelet od této firmy odpovídá 5 960 až 6 860 Kč/t. Vybrala jsem pelety CLASSIC A1, jejichž cena je 5 990 Kč/t. Výhřevnost pelet H_s se pohybuje v rozmezí 17 až 18 MJ/kg, resp. 4,7 až 5 kWh/kg. Při výhřevnosti pelet 4,7 kWh/kg je na pokrytí celkové roční potřeby energie nutné pořídit 6 800 kg paliva.

Nicméně musí se též započítat i účinnost kotle η_k , jež je 90 %. Celkové množství dřevních pelet tedy přibližně odpovídá 7 500 kg, resp. 7,5 t.

$$m_{p0,9} = \frac{Q_r}{H_s \cdot \eta_k} \cdot 100 = \frac{31\,942}{4,7 \cdot 90} \cdot 100 \cong 7\,500 \text{ kg}$$

Každoroční náklady na pořízení 7,5 t dřevních pelet od firmy BIOMAC se při ceně 5 990 Kč/t rovnají 44 925 Kč.

Do počáteční nákladů je potřeba započítat cenu automatického kotle BENEKOV C 27 BIO, nerezového komínového systému ICS 25 a cenu za montáž. Celkové počáteční náklady činí 160 929 Kč. Každoroční náklady za množství spotřebovaných dřevěných pelet CLASSIC A1 vychází 44 925 Kč. [53] [54]

automatický kotel BENEKOV C 27 BIO	108 889 Kč
nerezový komínový systém ICS 25	42 840 Kč
Práce a montáž ¹²	9 200 Kč
Celkové počáteční náklady	160 929 Kč

Tab. 22: Počáteční náklady při vytápění a ohřevu TUV za pomoci kotle na pelety

¹² cena za 1 bm komína je 920 Kč, tzn. za 10 bm komína cena instalace odpovídá 9 200 Kč

10.8 Celkové ekonomické zhodnocení

Energetické potřeby rodinného domku, u něhož je provedeno porovnání jednotlivých způsobů vytápění, jsou shrnuty v *Tab. 23*.

Tepelné ztráty objektu	9,6	kW
Osob v domácnosti	2	
Spotřeba 70 °C TUV na osobu a den	25	litrů
Spotřeba energie na topení a ohřev vody	31,942	MWh

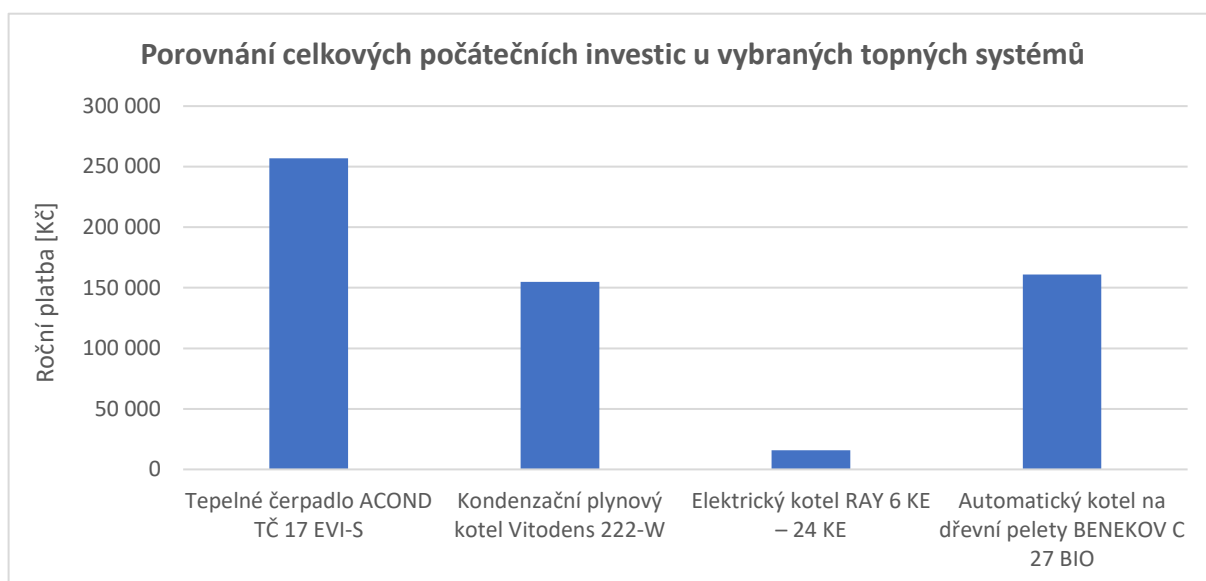
Tab. 23: Shrnutí energetických potřeb daného objektu

Celkové počáteční investice u tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S činí 256 806 Kč. Ekonomicky nejprívětivější počáteční investice jsou u elektrického kotle RAY 6 KE – 24 KE. Celkové počáteční investice do kondenzačního plynového kotle Vitodens 222 - W a automatického kotle na dřevní pelety BENEKOV C 27 BIO se pohybují v rozmezí 155 000 – 165 000 Kč.

Do celkových počátečních investic je nutné započítat nejen cenu daného zdroje tepla a TUV, ale též montážní materiál, instalaci, dopravu a další nezbytné úpravy spojené se zprovozněním daného zdroje tepla a TUV. Porovnání celkových ročních investic je uvedeno v *Tab. 24*.

Zdroj tepla a TUV	Tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S	Kondenzační plynový kotel Vitodens 222-W	Elektrický kotel RAY 6 KE – 24 KE	Automatický kotel na dřevní pelety BENEKOV C 27 BIO
Celková počáteční investice	256 806 Kč	154 927 Kč	15 871 Kč	160 929 Kč
<i>Rozdíl v počátečních investicích oproti TČ ACOND</i>		-101 879 Kč	- 240 935 Kč	- 95 877 Kč

Tab. 24: Porovnání celkových počátečních investic u daných zdrojů tepla a TUV

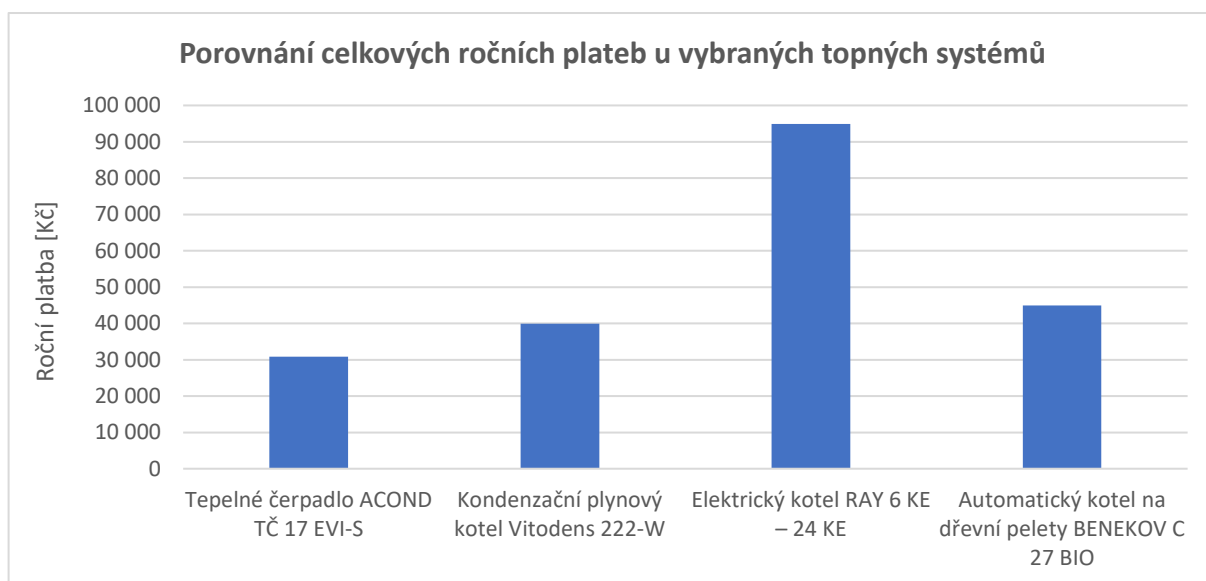


Obr. 35: Porovnání celkových počátečních investic u daných zdrojů tepla a TUV

Při porovnání celkových ročních plateb u vybraných zdrojů tepla a TUV (viz. Tab. 25) je patrné, že provoz tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S je z ekonomického hlediska nejvýhodnější. U kondenzačního plynového kotle Vitodens 222-W se cena za spotřebovanou energii na vytápění a ohřev vody zvýší o 9008 Kč, u automatického kotle na dřevní pelety BENEKOV C 27 BIO o 14 052 Kč. Při použití elektrického kotle RAY 6 KE – 24 KE se roční platba pohybuje okolo 94 948 Kč, což je více jak 3násobek celkové roční platby za provoz tepelného čerpadla.

Zdroj tepla a TUV	Tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S	Kondenzační plynový kotel Vitodens 222-W	Elektrický kotel RAY 6 KE – 24 KE	Automatický kotel na dřevní pelety BENEKOV C 27 BIO
Celkem roční platby	30 873 Kč	39 881 Kč	94 948 Kč	44 925 Kč
<i>Rozdíl v ročních platbách oproti TČ ACOND</i>		9008 Kč	64 075 Kč	14 052 Kč

Tab. 25: Porovnání ročních plateb u daných zdrojů tepla a TUV



Obr. 36: Porovnání ročních plateb u daných zdrojů tepla a TUV

V Tab. 26 jsou uvedeny dlouhodobé úspory při použití tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S ve srovnání s vytápěním plynem, elektřinou a peletami.

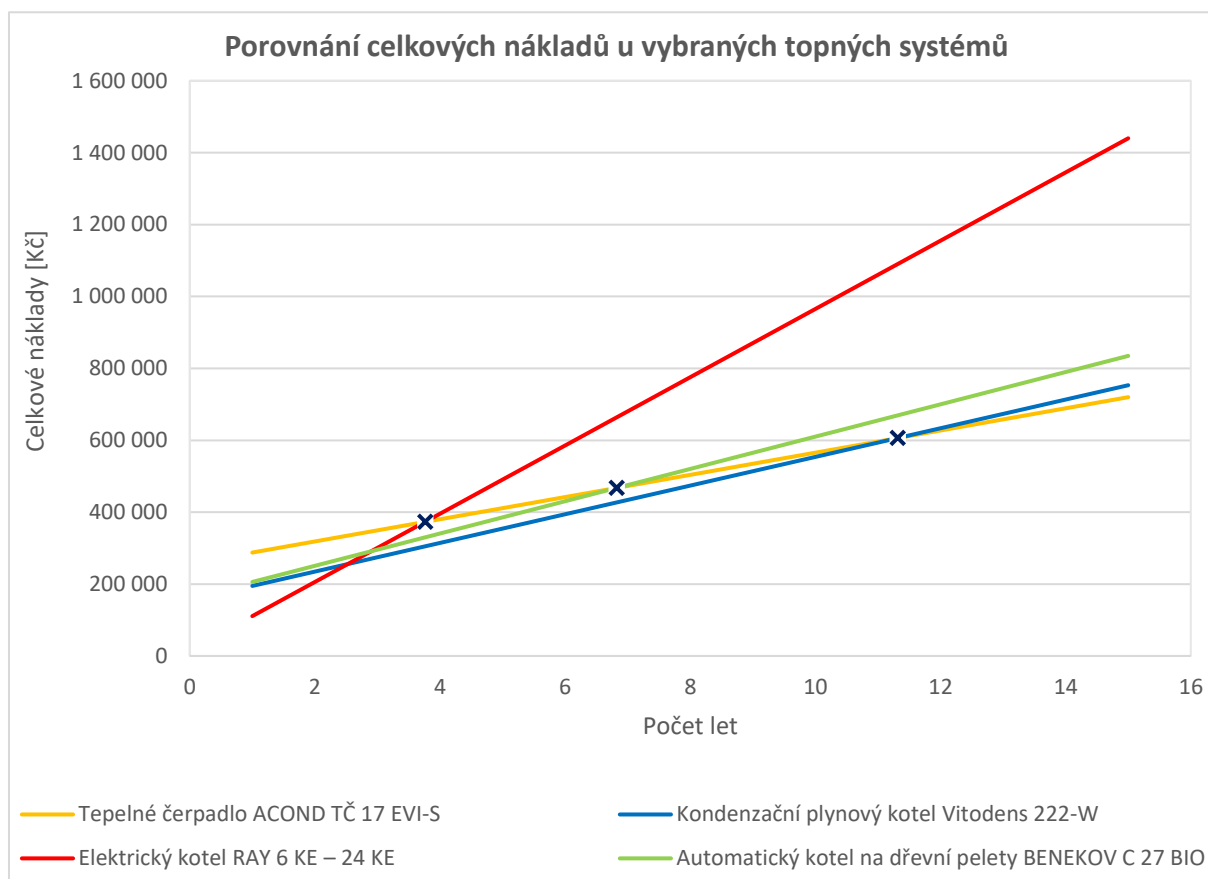
Úspory s TČ ACOND ve srovnání s vytápěním		plynem	elektřinou	peletami
Výpočet dlouhodobých úspor	za rok 2020	9008 Kč	64 075 Kč	14 052 Kč
	za 5 let	45 040 Kč	320 375 Kč	70 260 Kč
	za 10 let	90 080 Kč	640 750 Kč	140 520 Kč
	za 15 let	135 120 Kč	961 125 Kč	210 780 Kč

Tab. 26: Úspory s TČ ACOND ve srovnání s vytápěním plynem, elektřinou a peletami

Tepelné čerpadlo se stane nejvýhodnějším topným systémem ve chvíli, kdy úspory s tepelným čerpadlem překročí rozdíl v počátečních investicích u zbývajících 3 zdrojů tepla a TUV (viz. Tab. 26). U vytápění plynem je to částka 101 879 Kč, elektřinou 240 935 Kč a u pelet 95 877 Kč (viz. Tab. 24). Dané částky jsou překročeny u vytápění plynem po 12 letech, elektřinou po 4 letech a u vytápění peletami po 7 letech používání tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S (viz. Tab. 27).

Způsob vytápění	Částka, při které se TČ stane nejvýhodnějším topným systémem	Doba, která je zapotřebí, aby se TČ stalo nejvýhodnějším topným systémem
Plynem	108 096 Kč	za 12 let
Elektřinou	256 300 Kč	za 4 roky
Peletami	98 364 Kč	za 7 let

Tab. 27: TČ jako nejvýhodnější topný systém z pohledu financí a času



Obr. 37: Porovnání celkových nákladů u vybraných topných systémů

Ve výpočtech vycházím z předpokladu, že u všech topných systémů bude doba životnosti 15 let. V tomto časovém horizontu je nejvýhodnějším topným systémem tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S. V případě, že bych počítala s nižší životností, například 10 let, tak by výhodněji vycházelo pořízení a provoz kondenzačního plynového kotle Vitodens 222 - W.

11 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout optimalizovaný způsob zásobování rodinného domku teplem dodávaným tepelným čerpadlem, následně provést ekonomické zhodnocení a porovnání s dalšími variantami topného systému - vytápění pomocí plynové kotle, elektrické kotle a spalováním biomasy. Dalším úkolem bylo stanovit energetické potřeby vybraného rodinného domku a dle zjištěných informací v rešeršní části bakalářské práce zvolit nejvhodnější typ tepelného čerpadla pro daný rodinný domek.

První část bakalářské práce je zaměřena především na popis principu tepelného čerpadla a rozdělení tepelných čerpadel podle zdroje nízkopotenciálního tepla. Vzhledem k energetickým potřebám daného rodinného domku a nemožnosti rozsáhlých úprav na pozemku náležícímu tomuto objektu, bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch/voda. Dalším rozhodujícím aspektem byl fakt, že z ekologického hlediska se jedná o nejvhodnější tepelný zdroj. Dále tento typ tepelného čerpadla disponuje neomezeným zdrojem tepla, vzduchem. U tepelného čerpadla vzduch/voda s klesající teplotou klesá i jeho výkon a dochází k ovlivnění bodu bivalence, a proto většinou pracuje v bivalentním provozu s doplňkovým zdrojem, jako je například elektrokotel či bojler.

V druhé části bakalářské práce byla namodelována časová závislost potřeby tepla zvoleného rodinného domku během roku, dále pak byly stanoveny energetické potřeby vybraného rodinného domku, pomocí kterých bylo zvoleno několik variant topných systémů, které plně pokryjí všechny nároky na vytápění a ohřev TUV.

Nejprve byly ekonomicky zhodnoceny a porovnány dvě tepelná čerpadla vzduch/voda – samostatné tepelné čerpadlo s vyšším výkonem a tepelné čerpadlo s nižším výkonem, které pracuje v bivalentním provozu s doplňkovým zdrojem. Každoroční náklady jsou u samostatného tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S o 6 986 Kč nižší než u tepelného čerpadla ACOND TČ 8 EVI-S, které pracuje v kombinaci s bojlerem. Celkové počáteční investice jsou u samostatného tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S o 53 715 Kč vyšší. Pomocí výpočtu dlouhodobých úspor, počátečním a každoročním nákladům jsem došla k závěru, že po necelých 8 letech je provoz tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S ekonomicky výhodnější než provoz méně výkonného tepelného čerpadla pracujícího v bivalentním provozu s doplňkovým zdrojem.

Dále pak byly porovnány následující zdroje vytápění a TUV: tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S, kondenzační plynový kotel Vitodens 222-W, automatický kotel na dřevní pelety BENEKOV C 27 BIO a elektrický kotel RAY 6 KE – 24 KE. Nejprve byla vyhodnocena celková roční platba za provoz každého z těchto zdrojů. Z ekonomického hlediska na tom bylo nejlépe tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S, u kterého celkové roční platby vycházely na 30 873 Kč. Nejhůře dopadl elektrický kotel RAY 6 KE – 24 KE, u kterého se celkové roční platby rovnaly 3násobku platbám za provoz tepelného čerpadla. Poté byly vypočteny dlouhodobé úspory při použití tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S v porovnání s ostatními způsoby vytápění. Dalším důležitým ukazatelem ekonomické výhodnosti daných zdrojů tepla a TUV jsou celkové počáteční náklady, které byly nejnižší u elektrického kotle RAY 6 KE – 24 KE. Počáteční náklady u tepelného čerpadla ACOND TČ 17 EVI-S dosahovaly 256 806 Kč, což je o 240 935 Kč více než u zmiňovaného elektrokotle.

Na základě celkových ročních plateb, dlouhodobých úspor při použití tepelného čerpadla a počátečních investic bylo zjištěno, že tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S je z těchto 4 vybraných topných systémů tím nejvýhodnějším. Po pouhých 4 letech je provoz tepelného čerpadla ekonomicky výhodnější než provoz elektrického kotle. U automatického kotle na dřevní pelety je hraniční doba 7 let a u kondenzačního plynového kotle 12 let.

Vzhledem k tomu, že u všech topných systémů předpokládám, že doba životnosti bude 15 let, tak se nabízí otázka, zda je tepelné čerpadlo opravdu nejvýhodnější, když jeho provoz bude po dobu 12 – 14 let méně výhodný než provoz kondenzačního plynového kotle. Při volbě topného systému záleží na několika aspektech. Nejdůležitější roli hrají počáteční investice a každoroční náklady na provoz. U tepelného čerpadla se počáteční investice pohybují kolem 250 000 Kč, zatímco u kondenzačního plynového kotle je to o 100 000 Kč méně. Každoroční náklady jsou ekonomicky přívětivější u tepelného čerpadla, nicméně je zde rozdíl "pouze" kolem 9 000 Kč. Pokud při volbě topného systému nejsou problémem vyšší počáteční investice, tak je tepelné čerpadlo lepší volbou. Nicméně v případě, že při pořizování topného systému není možné obstarat větší obnos peněz najednou, tak je výhodnější si koupit kondenzační plynový kotel.

Při výpočtech jsem vycházela z dat z let 2019 až 2020, kdy teplotní podmínky nebyly úplně standardní - neobvykle vysoké průměrné denní teploty. Z tohoto důvodu by se dalo polemizovat, zda při standardních teplotních podmínkách by se výsledek mého šetření výrazně změnil. Předpokládám, že topný faktor tepelného čerpadla vzduch/voda, který je závislý na venkovní teplotě, by byl ovlivněn natolik, že by se výhodnost tepelného čerpadla snížila do té míry, že by se kondenzační plynový kotel stal nejvýhodnějším topným systémem.

Ve svých výpočtech pracuji s konstantními cenami energií, takže nezapočítávám růst/pokles cen a zároveň neuvažuji ani změnu hodnoty peněz v čase. V případě, že bych počítala se změnou cen energií v průběhu životnosti mnou vybraných topných systémů, tak by se dalo uvažovat nad tím, jak moc by tato skutečnost ovlivnila výsledky, ke kterým jsem dospěla.

Výhodnost topných systémů závisí jak na každoročních platbách, které je možné definovat jako variabilní náklady, tak i počátečních investicích, které jsou fixní. Každoroční platby závisí na cenách energií a paliv - elektřina, plyn a dřevní pelety. V posledních letech měla cena elektřiny i plynu stoupající tendenci, takže přepokládám, že ceny energií budou stoupat i nadále. U tepelného čerpadla jsou fixní náklady nejvyšší a variabilní náklady nejnižší, u elektrokotle je to naopak. Dá se konstatovat, že změna cen energií bude nejvíce patrná u elektrokotle, zatímco u tepelného čerpadla se změna ceny energie promítne jen mírně.

12 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] PETRÁK, Jiří; DVOŘÁK, Zdeněk. Tepelná čerpadla. První vydání. Praha : Ediční středisko ČVUT, 1993. 141 s. ISBN 80-01-00643-3.
- [2] KARLÍK, Robert. Tepelné čerpadlo pro váš dům. První vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. 112 s. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [3] TINTĚRA, Ladislav. Tepelná čerpadla. První vydání. Praha : Nakladatelství ARCH, 2003. 122 s. ISBN 80-86165-61-2.
- [4] Tepelná čerpadla | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzbinfo.cz/tepelna-cerpadla>
- [5] ŽERAVÍK, Antonín. Stavíme tepelné čerpadlo. První vydání. Přerov : Vydáno vlastním nákladem, 2003. 312 s. ISBN 80-239-0275-X.
- [6] NOŽIČKA, Jiří. Základy termomechaniky. Vyd. 2. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008. 187 s. ISBN 978-80-010-2409-6.
- [7] Aktivní podpora přechodu na OZE sektorem TZB při přípravě nového energetického zákona je nezbytná | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzbinfo.cz/tepelna-cerpadla/21171-aktivni-podpora-prechodu-na-oze-sektorem-tzb-pri-priprave-noveho-energetickeho-zakona-je-nezbytna>
- [8] SRDEČNÝ, Karel; TRUXA, Jan. Tepelná čerpadla. 1. vydání. Praha : EkoWATT, 2009. 71 s. ISBN 978-80-87333-02-0.
- [9] Princip tepelného čerpadla | TC MACH. Česká tepelná čerpadla Brno - výroba tepelných čerpadel | In: TC MACH [online]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/tepelna-cerpadla-pro-rodinne-domy/princip-tepelneho-cerpadla.php>
- [10] Heat Pumps Comparison: type and application | Robur. Heat Pump and Air Conditioning system| Robur [online]. Copyright ©2020 ROBUR S.p.A [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: https://www.robur.com/Technology/technical_dossiers/heat_pumps_absorption_technology/heat_pumps_comparison_type_and_application
- [11] Air-Source Heat Pumps | ENERGY SAVER | ENERGY SAVER [online]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/energysaver/heat-pump-systems/air-source-heat-pumps>
- [12] Druhy tepelných čerpadel – Tepelná čerpadla IVT. Tepelná čerpadla IVT – švédská kvalita pro vaše pohodlí [online]. Copyright © 2003 [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [13] Tepelná čerpadla vzduch / voda | OCHSNER. Tepelná čerpadla Ochsner - komfort pro Váš dům | OCHSNER [online]. Dostupné z: <http://www.ochsnercz.cz/cz/otepelných-cerpadlech/zdroje-tepla/vzduch-voda.html>

- [14] Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch princip : Abeceda tepelných čerpadel. Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla [online]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch>
- [15] Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch | ait-česko. Klimatizace Samsung, tepelná čerpadla Samsung | In: ait-česko [online]. Copyright © [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: <https://www.czechklima.cz/tepelna-cerpadla/tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch>
- [16] Tepelná čerpadla | MasterTherm.cz. MasterTherm – česká tepelná čerpadla od roku 1994 | MasterTherm.cz [online]. Copyright © Mastertherm [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: <https://mastertherm.cz/tepelne-cerpadlo/>
- [17] Tepelná čerpadla na bázi zeolitu | ASB Portal. ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys [online]. Copyright © Jaga Media, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/tepelna-cerpadla-na-bazi-zeolitu>
- [18] Tepelná čerpadla | AUTOMA časopis pro automatizační techniku | AUTOMA [online]. Dostupné z: https://automa.cz/cz/casopis-clanky/tepelna-cerpadla-2012_04_0_9542/
- [19] MPO Efekt [online]. Copyright © [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4589_seven_nove-technologie-a-aplikace-tepelnych-cerpadel-rozsirujici-moznosti-jejich-uplatneni-nejen-v-podminkach-cr.pdf
- [20] Praktické využití a srovnání -plynového tepelného čerpadla s elektrickým tepelným čerpadlem v režimu vzduch/voda | ASB Portal. ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys [online]. Copyright © Jaga Media, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/tepelna-cerpadla/prakticke-vyuziti-a-srovnani-plynového-tepelného-cerpadla-s%20elektrickým-tepelným-cerpadlem-v-rezimu-vzduch-voda?fbclid=IwAR0j0sXLGTbLYauYvKMkZa_p2am3ovW2ep5CsV-0gNXt3ZHZFbIKeaOINp0
- [21] Kompresory pro tepelná čerpadla | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>
- [22] Plynové tepelné čerpadlo TEDOM Polo 100 - nový produkt v nabídce. Kogenerační jednotky Tedom - kogenerace, trigenerace, plynová tepelná čerpadla [online]. Dostupné z: <http://kogenerace-old.tedom.com/clanek-plynové-tepelne-cerpadlo-tedom-polo-100-novy-produkt-v-nabidce-105.html>

- [23] Jak funguje plynové tepelné čerpadlo? | E.ON. Pomáháme šetřit peníze i přírodu | E.ON [online]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/plynove-tepelne-cerpadlo>
- [24] FREE-THERM | Plynová tepelná čerpadla. FREE-THERM | Tepelná čerpadla, podlahové vytápění, klimatizace [online]. Copyright © 2015 FREE [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: <https://www.free-therm.cz/plynova-tepelna-cerpadla/>
- [25] Energeticky úsporná opatření : ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE - Plynové absorpční tepelné čerpadlo . Energeticky úsporná opatření : Úvodní strana [online]. Dostupné z: <http://www.kataloguspor.cz/Plynove-absorpcni-tepelne-cerpadlo-1.html>
- [26] Vliv venkovní teploty na výkon tepelného čerpadla . HICOP - výrobce tepelných čerpadel pro Váš domov [online]. Copyright © 2020 HICOP s.r.o., [cit. 30.10.2020]. Dostupné z: <http://www.hicop.cz/snizeni-vykonu-s-klesajici-venkovni-teplotou>
- [27] Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivit-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [28] Tepelné čerpadlo - topení budoucnosti | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/966-tepelne-cerpadlo-topeni-budoucnosti>
- [29] MASTNÝ, Petr. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [30] MATUŠKA, Tomáš. Tepelná čerpadla. Komplexní vzdělávací program pro podporu environmentálně šetrných technologií ve výstavbě a provozování budov. [online]. Dostupné z: <http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/04-tepelna-cerpadla.pdf>
- [31] Dimenzování výkonu tepelného čerpadla - PZP HEATING. Tepelná čerpadla PZP - PZP HEATING [online]. Copyright © 2018 [cit. 23.10.2020]. Dostupné z: <https://www.tepelna-cerpadla-pzp.cz/cs/m-58-dimenzovani-vykonu-tepelneho-cerpadla>
- [32] AVTČ : Asociace pro využití tepelných čerpadel [online]. Copyright © [cit. 31.10.2020]. Dostupné z: https://www.avtc.cz/?download=_/dokum/metodika-pro-navrh-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda_28-05-2012-pracovni-verze.pdf
- [33] Silná dvojka: Bivalentní výroba tepla pomocí kotle a tepelného čerpadla | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/5595-silna-dvojka-bivalentni-vyroba-tepla-pomoci-kotle-a-tepelneho-cerpadla>
- [34] Využívání a provozování tepelných čerpadel v nízkoenergetických domech | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://m.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12211-vyuzivani-a-provozovani-tepelnych-cerpadel-v-nizkoenergetickych->

- domech?fbclid=IwAR00hQB6ZXcrr5537FyBUoXe0cMK-
JmlWkcUpi31WqZnF3qY4Qn0yIDpKgI
- [35] Jak funguje tepelné čerpadlo? | Tepelná technika Ateg s.r.o.. Tepelná čerpadla, plynové kotle, solární systémy | Ateg s.r.o [online]. Dostupné z: https://www.ateg.cz/poradna/jak-funguje-tepelne-cerpadlo/?fbclid=IwAR1ygOL8K-RuGdspxaYfnv-d1HNN7FKUIQO4taLPB8aESKUYROtybS_Ofk8
- [36] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [37] Archiv počasí - Košetice - Meteocentrum.cz. Meteocentrum.cz - předpověď počasí podrobně, počasí aktuálně [online]. Copyright © 2007 [cit. 07.04.2021]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/archiv-pocasi/detail-mesta/116280-99999>
- [38] KYSELA, L., MÍKA, J., KYSELOVÁ, S. Teplárenství. Učební text. Katedra energetiky Ostrava, 2010.
- [39] Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace vytápění | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani->
- [40] TECHNICKÁ SPECIFIKACE - Acond. Tepelná čerpadla - Acond [online]. Dostupné z: <https://tepelna-cerpadla-acond.cz/technicka-specifikace/>
- [41] Ceník elektřina na 2 roky, Skupina ČEZ [online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2021/moo/web-new-cenik-elektrina-na-2-roky-moo-2020-12-cezdi.pdf>
- [42] Plynové kondenzační kotle pro obytné budovy | Viessmann. Topné, průmyslové a chladicí systémy | Viessmann Česká republika [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle.html>
- [43] Plynový kondenzační kotel Vitodens 222-W | Viessmann. Topné, průmyslové a chladicí systémy | Viessmann Česká republika [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/vitodens-222w.html>
- [44] Viessmann Vitodens 222-W 11 kW Z019404 kotel kondenzační s ohřevem - ZDARMA DOPRAVA - Koupelny Bernold | Vše pro Vaši koupelnu již od roku 1990. Koupelny Bernold | Vše pro Vaši koupelnu již od roku 1993 [online]. Dostupné z: <https://www.koupelny-bernold.cz/viessmann-vitodens-222-w-11-kw-z019404-kotel-kondenzacni-s-ohrevem-zdarma-doprava/?gclid=CjwKCAjw6qqDBhB->

EiwACBs6xyxfOagWrYuKrO4N7Ci1iIvw6RHYBKh-
yuJ8L6PYHQKdM7ZjvPAYdBoCMfoQAvD_BwE

- [45] Dodávka zemního plynu - porovnání nabídek | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/dodavka-zemniho-plynu-porovnani-nabidek?id=3096>
- [46] Kdy se vyplatí vytápět elektrokotlem | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektroinou/16772-kdy-se-vyplati-vytapet-elektrokotlem>
- [47] Vývoj celkových cen elektřiny | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-elektřiny?sazba=D45d>
- [48] Ray: Elektrokotle >> Protherm. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2020 Protherm [cit. 22.02.2021]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/ray-ke-325.html#specification>
- [49] Dodávka elektrické energie - porovnání nabídek | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/dodavka-eletricke-energie-porovnani-nabidek?id=3029>
- [50] Biomasa | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa>
- [51] Dřevěné brikety, dřevěná polínka aneb čím topit v krbu, Dřevní pelety - Srubové stavby | Keliwood. Srubové stavby, Dřevostavby, Sruby, Srub, Roubenky, srubové zastávky, [online]. Copyright © Keliwood s.r.o., Stavby [cit. 22.02.2021]. Dostupné z: <https://www.srubyservis.cz/aktuality-drevene-brikety--drevena-polinka-aneb-cim-topit-v-krbu>
- [52] BENEKOV C 27 BIO | Benekov. Kvalitní automatické kotle Benekov [online]. Copyright © BENEKOterm s. r. o [cit. 22.02.2021]. Dostupné z: <https://www.benekov.com/produkt/benekov-c-27-bio>
- [53] Dřevěné brikety, dřevěné pelety | BIOMAC e-shop [online]. Copyright © BIOMAC s. r. o [cit. 22.02.2021]. Dostupné z: <https://eshop.biomac.cz/classic-a1-cisterna-g8898.html>
- [54] Přehled cen pelet | tzbinfo | tzbinfo [online]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/43-prehled-cen-pelet>

12.1 Seznam obrázků

Obr. 1: Moderní topné systémy [7]	13
Obr. 2: Princip tepelného čerpadla [9]	14
Obr. 3: Systém vzduch/vzduch [15]	16
Obr. 4: Systém země/voda s plošným kolektorem [12]	17
Obr. 5: Systém země/voda se svislým kolektorem [12]	18
Obr. 6: Odběr tepla z podzemní vody [12]	19
Obr. 7: Odběr tepla z povrchové vody [12]	20
Obr. 8: Kompresor typu scroll [21]	21
Obr. 9: Výkon tepelných čerpadel v závislosti na venkovní teplotě [26]	23
Obr. 10: Monovalentní provoz tepelného čerpadla – pokrytí celé tepelné ztráty [30]	24
Obr. 11: Alternativně – bivalentní provoz [30]	26
Obr. 12: Paralelně – bivalentní provoz [30]	27
Obr. 13: Porovnání alternativně - bivalentního a paralelně - bivalentního provozu [33]	27
Obr. 14: Částečně paralelně – bivalentní provoz [30]	28
Obr. 15: Křivka ročního trvání teplot	34
Obr. 16: Celkový tepelný příkon v závislosti na venkovní teplotě	34
Obr. 17: Křivka ročního trvání tepla	35
Obr. 18: Diagram ročního trvání potřeby tepla	36
Obr. 19: Topný faktor tepelného čerpadla ACOND	37
Obr. 20: Křivka roční spotřeby elektrické energie TČ	38
Obr. 21: Křivka ročního trvání tepla - dimenzování tepelných čerpadel	40
Obr. 22: Tepelné čerpadlo vzduch/voda ACOND 17 EVI-S-A [40]	41
Obr. 23: Tepelné čerpadlo vzduch/voda ACOND 8 EVI-S-A [40]	44
Obr. 24: Porovnání celkových nákladů u vybraných topných systémů	49
Obr. 25: Účinnost kondenzačního plynového kotle [42]	50
Obr. 26: Kondenzační plynový kotel Vitodens 222-W [44]	51
Obr. 27: Průběh spotřeby zemního plynu [45]	54
Obr. 28: Průběh spotřeby zemního plynu [45]	54
Obr. 29: Celková cena elektřiny ČEZ - D45d [Kč/kWh] [47]	56
Obr. 30: Elektrický kotel RAY 6 KE - 24 KE [48]	57
Obr. 31: Průběh spotřeby elektrické energie [49]	59
Obr. 32: Průběh spotřeby elektrické energie [49]	60
Obr. 33: Biomasa ve formě palivového dřeva, pelet a dřevěných briket [51]	61
Obr. 34: Automatický kotel na dřevní pelety BENEKOV C 27 BIO [52]	62
Obr. 35: Porovnání celkových počátečních investic u daných zdrojů tepla a TUV	65
Obr. 36: Porovnání ročních plateb u daných zdrojů tepla a TUV	66
Obr. 37: Porovnání celkových nákladů u vybraných topných systémů	67
Obr. 38: Instalované tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S	79

12.2 Seznam tabulek

Tab. 1: Směrné hodnoty pro návrh zemního plošného kolektoru [2].....	17
Tab. 2: Bod bivalence v závislosti na výkonu TČ, jež odpovídá x % tepelné ztráty objektu ..	26
Tab. 3: Venkovní výpočtová teplota a délka otopného období [36]	30
Tab. 4: Četnost denních teplot v letech 2019 – 2020 [37]	33
Tab. 5: Počáteční investice do tepelného čerpadla ACOND TČ-17EVI-S.....	42
Tab. 6: Roční náklady při vytápění a ohřevu TUV za pomoci ACOND TČ-17EVI-S.....	43
Tab. 7: Počáteční investice do tepelného čerpadla ACOND TČ-8EVI-S.....	45
Tab. 8: Roční náklady při vytápění a ohřevu TUV za pomoci ACOND TČ-8EVI-S.....	46
Tab. 9: Cena elektřiny od dodavatele ČEZ – distribuční sazba D56d [41].....	47
Tab. 10: Porovnání celkových počátečních investic u vybraných topných systémů	47
Tab. 11: Porovnání ročních plateb u vybraných topných systémů	48
Tab. 12: Úspory s TČ ACOND 17 EVI-S ve srovnání s vytápěním TČ ACOND 8 EVI-S	48
Tab. 13: Platba za distribuci.....	52
Tab. 14: Platba za služby dodávky.....	52
Tab. 15: Daň ze zemního plynu	53
Tab. 16: Cena za 32,594 MWh/rok.....	53
Tab. 17: Průběh spotřeby zemního plynu [MWh].....	53
Tab. 18: Počáteční náklady při vytápění a ohřevu TUV za pomoci zemního plynu.....	55
Tab. 19: Zúčtované částky celkem - rozpis dodávky elektřiny a regulovaných služeb	58
Tab. 20: Cena za 31,942 MWh/rok.....	59
Tab. 21: Průběh spotřeby elektrické energie [MWh].....	59
Tab. 22: Počáteční náklady při vytápění a ohřevu TUV za pomoci kotle na pelety	63
Tab. 23: Shrnutí energetických potřeb daného objektu.....	64
Tab. 24: Porovnání celkových počátečních investic u daných zdrojů tepla a TUV.....	64
Tab. 25: Porovnání ročních plateb u daných zdrojů tepla a TUV	65
Tab. 26: Úspory s TČ ACOND ve srovnání s vytápěním plynem, elektřinou a peletami	66
Tab. 27: TČ jako nejvýhodnější topný systém z pohledu financí a času	67
Tab. 28: Potřeba tepla vzhledem k průměrným denním teplotám průběhu daných dvou let...	86
Tab. 29: Roční potřeba elektrické energie TČ	92
Tab. 30: Křivka ročního trvání tepla - dimenzování tepelných čerpadel	98

12.3 Seznam příloh

Příloha A – Instalované tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S

Příloha B - Potřeba tepla vzhledem k průměrným denním teplotám průběhu daných dvou let

Příloha C - Roční potřeba elektrické energie TČ

Příloha D - Křivka ročního trvání tepla - dimenzování tepelných čerpadel

13 Přílohy

Příloha A – Instalované tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S



Obr. 38: Instalované tepelné čerpadlo ACOND TČ 17 EVI-S

Příloha B - Potřeba tepla vzhledem k průměrným denním teplotám průběhu daných dvou let

Teplota po dnech	Potřeba tepla na den	Den v roce	TUV	Celková potřeba tepla
-4	6,494	1	0,7578	7,252
-3	6,212	2	0,7578	6,970
-3	6,155	3	0,7578	6,913
-3	6,127	4	0,7578	6,885
-3	6,127	5	0,7578	6,885
-3	6,071	6	0,7578	6,829
-3	6,071	7	0,7578	6,829
-2	6,042	8	0,7578	6,800
-2	6,042	9	0,7578	6,800
-2	6,042	10	0,7578	6,800
-2	5,958	11	0,7578	6,716
-2	5,958	12	0,7578	6,716
-2	5,930	13	0,7578	6,687
-2	5,930	14	0,7578	6,687
-2	5,901	15	0,7578	6,659
-2	5,901	16	0,7578	6,659
-2	5,901	17	0,7578	6,659
-2	5,901	18	0,7578	6,659
-2	5,873	19	0,7578	6,631
-2	5,873	20	0,7578	6,631
-2	5,873	21	0,7578	6,631
-2	5,845	22	0,7578	6,603
-2	5,845	23	0,7578	6,603
-2	5,817	24	0,7578	6,574
-2	5,817	25	0,7578	6,574
-1	5,760	26	0,7578	6,518
-1	5,732	27	0,7578	6,490
-1	5,704	28	0,7578	6,461
-1	5,704	29	0,7578	6,461
-1	5,704	30	0,7578	6,461
-1	5,704	31	0,7578	6,461
-1	5,675	32	0,7578	6,433
-1	5,675	33	0,7578	6,433
-1	5,675	34	0,7578	6,433
-1	5,675	35	0,7578	6,433
-1	5,647	36	0,7578	6,405
-1	5,647	37	0,7578	6,405
-1	5,647	38	0,7578	6,405
-1	5,647	39	0,7578	6,405
-1	5,647	40	0,7578	6,405
-1	5,647	41	0,7578	6,405
-1	5,619	42	0,7578	6,377
-1	5,619	43	0,7578	6,377
-1	5,619	44	0,7578	6,377
-1	5,619	45	0,7578	6,377
-1	5,619	46	0,7578	6,377
-1	5,619	47	0,7578	6,377
-1	5,591	48	0,7578	6,348
-1	5,591	49	0,7578	6,348
-1	5,591	50	0,7578	6,348
-1	5,591	51	0,7578	6,348
0	5,478	52	0,7578	6,235
0	5,478	53	0,7578	6,235
0	5,449	54	0,7578	6,207
0	5,449	55	0,7578	6,207
0	5,393	56	0,7578	6,151

0	5,393	57	0,7578	6,151
0	5,393	58	0,7578	6,151
0	5,365	59	0,7578	6,123
0	5,365	60	0,7578	6,123
0	5,365	61	0,7578	6,123
0	5,365	62	0,7578	6,123
0	5,365	63	0,7578	6,123
0	5,365	64	0,7578	6,123
0	5,365	65	0,7578	6,123
0	5,365	66	0,7578	6,123
0	5,365	67	0,7578	6,123
0	5,365	68	0,7578	6,123
0	5,365	69	0,7578	6,123
0	5,365	70	0,7578	6,123
1	5,224	71	0,7578	5,981
1	5,195	72	0,7578	5,953
1	5,195	73	0,7578	5,953
1	5,195	74	0,7578	5,953
1	5,167	75	0,7578	5,925
1	5,082	76	0,7578	5,840
1	5,082	77	0,7578	5,840
1	5,082	78	0,7578	5,840
1	5,082	79	0,7578	5,840
1	5,082	80	0,7578	5,840
1	5,082	81	0,7578	5,840
1	5,082	82	0,7578	5,840
1	5,082	83	0,7578	5,840
1	5,082	84	0,7578	5,840
1	5,082	85	0,7578	5,840
1	5,082	86	0,7578	5,840
1	5,082	87	0,7578	5,840
1	5,082	88	0,7578	5,840
1	5,082	89	0,7578	5,840
2	4,941	90	0,7578	5,699
2	4,941	91	0,7578	5,699
2	4,941	92	0,7578	5,699
2	4,941	93	0,7578	5,699
2	4,800	94	0,7578	5,558
2	4,800	95	0,7578	5,558
2	4,800	96	0,7578	5,558
2	4,800	97	0,7578	5,558
2	4,800	98	0,7578	5,558
2	4,800	99	0,7578	5,558
2	4,800	100	0,7578	5,558
2	4,800	101	0,7578	5,558
2	4,800	102	0,7578	5,558
2	4,800	103	0,7578	5,558
2	4,800	104	0,7578	5,558
2	4,800	105	0,7578	5,558
3	4,630	106	0,7578	5,388
3	4,602	107	0,7578	5,360
3	4,574	108	0,7578	5,332
3	4,574	109	0,7578	5,332
3	4,546	110	0,7578	5,304
3	4,546	111	0,7578	5,304
3	4,546	112	0,7578	5,304
3	4,518	113	0,7578	5,275
3	4,518	114	0,7578	5,275
3	4,518	115	0,7578	5,275

3	4,518	116	0,7578	5,275
3	4,518	117	0,7578	5,275
3	4,518	118	0,7578	5,275
3	4,518	119	0,7578	5,275
4	4,376	120	0,7578	5,134
4	4,376	121	0,7578	5,134
4	4,376	122	0,7578	5,134
4	4,376	123	0,7578	5,134
4	4,376	124	0,7578	5,134
4	4,348	125	0,7578	5,106
4	4,235	126	0,7578	4,993
4	4,235	127	0,7578	4,993
4	4,235	128	0,7578	4,993
4	4,235	129	0,7578	4,993
4	4,235	130	0,7578	4,993
4	4,235	131	0,7578	4,993
4	4,235	132	0,7578	4,993
5	4,066	133	0,7578	4,823
5	4,037	134	0,7578	4,795
5	4,037	135	0,7578	4,795
5	4,009	136	0,7578	4,767
5	4,009	137	0,7578	4,767
5	3,953	138	0,7578	4,711
5	3,953	139	0,7578	4,711
5	3,953	140	0,7578	4,711
5	3,953	141	0,7578	4,711
5	3,953	142	0,7578	4,711
5	3,953	143	0,7578	4,711
5	3,953	144	0,7578	4,711
6	3,812	145	0,7578	4,569
6	3,812	146	0,7578	4,569
6	3,812	147	0,7578	4,569
6	3,812	148	0,7578	4,569
6	3,783	149	0,7578	4,541
6	3,755	150	0,7578	4,513
6	3,727	151	0,7578	4,485
6	3,670	152	0,7578	4,428
6	3,670	153	0,7578	4,428
6	3,670	154	0,7578	4,428
6	3,670	155	0,7578	4,428
6	3,670	156	0,7578	4,428
6	3,670	157	0,7578	4,428
7	3,529	158	0,7578	4,287
7	3,501	159	0,7578	4,259
7	3,501	160	0,7578	4,259
7	3,501	161	0,7578	4,259
7	3,473	162	0,7578	4,230
7	3,473	163	0,7578	4,230
7	3,473	164	0,7578	4,230
7	3,473	165	0,7578	4,230
7	3,473	166	0,7578	4,230
7	3,444	167	0,7578	4,202
7	3,416	168	0,7578	4,174
7	3,416	169	0,7578	4,174
7	3,416	170	0,7578	4,174
7	3,388	171	0,7578	4,146
7	3,388	172	0,7578	4,146
7	3,388	173	0,7578	4,146
7	3,388	174	0,7578	4,146

7	3,388	175	0,7578	4,146
7	3,388	176	0,7578	4,146
7	3,388	177	0,7578	4,146
8	3,247	178	0,7578	4,005
8	3,247	179	0,7578	4,005
8	3,218	180	0,7578	3,976
8	3,106	181	0,7578	3,863
8	3,106	182	0,7578	3,863
8	3,106	183	0,7578	3,863
8	3,106	184	0,7578	3,863
8	3,106	185	0,7578	3,863
8	3,106	186	0,7578	3,863
8	3,106	187	0,7578	3,863
8	3,106	188	0,7578	3,863
8	3,106	189	0,7578	3,863
8	3,049	190	0,7578	3,807
9	2,908	191	0,7578	3,666
9	2,908	192	0,7578	3,666
9	2,908	193	0,7578	3,666
9	2,880	194	0,7578	3,637
9	2,823	195	0,7578	3,581
9	2,795	196	0,7578	3,553
9	2,767	197	0,7578	3,524
9	2,767	198	0,7578	3,524
10	2,654	199	0,7578	3,411
10	2,625	200	0,7578	3,383
10	2,597	201	0,7578	3,355
10	2,541	202	0,7578	3,299
10	2,541	203	0,7578	3,299
10	2,541	204	0,7578	3,299
10	2,541	205	0,7578	3,299
10	2,541	206	0,7578	3,299
10	2,541	207	0,7578	3,299
10	2,512	208	0,7578	3,270
10	2,484	209	0,7578	3,242
10	2,428	210	0,7578	3,186
11	2,258	211	0,7578	3,016
11	2,258	212	0,7578	3,016
11	2,258	213	0,7578	3,016
11	2,258	214	0,7578	3,016
11	2,258	215	0,7578	3,016
11	2,258	216	0,7578	3,016
11	2,230	217	0,7578	2,988
11	2,230	218	0,7578	2,988
11	2,230	219	0,7578	2,988
11	2,202	220	0,7578	2,960
11	2,174	221	0,7578	2,931
11	2,174	222	0,7578	2,931
11	2,174	223	0,7578	2,931
11	2,174	224	0,7578	2,931
12	2,061	225	0,7578	2,818
12	2,061	226	0,7578	2,818
12	2,061	227	0,7578	2,818
12	2,061	228	0,7578	2,818
12	2,004	229	0,7578	2,762
12	1,976	230	0,7578	2,734
12	1,976	231	0,7578	2,734
12	1,948	232	0,7578	2,705
12	1,919	233	0,7578	2,677

12	1,919	234	0,7578	2,677
12	1,919	235	0,7578	2,677
12	1,919	236	0,7578	2,677
12	1,919	237	0,7578	2,677
12	1,891	238	0,7578	2,649
13	1,835	239	0,7578	2,593
13	1,835	240	0,7578	2,593
13	1,806	241	0,7578	2,564
13	1,750	242	0,7578	2,508
13	1,750	243	0,7578	2,508
13	1,750	244	0,7578	2,508
13	1,722	245	0,7578	2,480
13	1,694	246	0,7578	2,451
13	1,694	247	0,7578	2,451
13	1,694	248	0,7578	2,451
13	1,694	249	0,7578	2,451
13	1,694	250	0,7578	2,451
13	1,694	251	0,7578	2,451
13	1,694	252	0,7578	2,451
13	1,665	253	0,7578	2,423
13	1,637	254	0,7578	2,395
13	1,637	255	0,7578	2,395
13	1,609	256	0,7578	2,367
13	1,581	257	0,7578	2,338
-	0,788	258	0,7578	0,788
-	-	259	0,7578	0,758
-	-	260	0,7578	0,758
-	-	261	0,7578	0,758
-	-	262	0,7578	0,758
-	-	263	0,7578	0,758
-	-	264	0,7578	0,758
-	-	265	0,7578	0,758
-	-	266	0,7578	0,758
-	-	267	0,7578	0,758
-	-	268	0,7578	0,758
-	-	269	0,7578	0,758
-	-	270	0,7578	0,758
-	-	271	0,7578	0,758
-	-	272	0,7578	0,758
-	-	273	0,7578	0,758
-	-	274	0,7578	0,758
-	-	275	0,7578	0,758
-	-	276	0,7578	0,758
-	-	277	0,7578	0,758
-	-	278	0,7578	0,758
-	-	279	0,7578	0,758
-	-	280	0,7578	0,758
-	-	281	0,7578	0,758
-	-	282	0,7578	0,758
-	-	283	0,7578	0,758
-	-	284	0,7578	0,758
-	-	285	0,7578	0,758
-	-	286	0,7578	0,758
-	-	287	0,7578	0,758
-	-	288	0,7578	0,758
-	-	289	0,7578	0,758
-	-	290	0,7578	0,758
-	-	291	0,7578	0,758
-	-	292	0,7578	0,758

-	-	293	0,7578	0,758
-	-	294	0,7578	0,758
-	-	295	0,7578	0,758
-	-	296	0,7578	0,758
-	-	297	0,7578	0,758
-	-	298	0,7578	0,758
-	-	299	0,7578	0,758
-	-	300	0,7578	0,758
-	-	301	0,7578	0,758
-	-	302	0,7578	0,758
-	-	303	0,7578	0,758
-	-	304	0,7578	0,758
-	-	305	0,7578	0,758
-	-	306	0,7578	0,758
-	-	307	0,7578	0,758
-	-	308	0,7578	0,758
-	-	309	0,7578	0,758
-	-	310	0,7578	0,758
-	-	311	0,7578	0,758
-	-	312	0,7578	0,758
-	-	313	0,7578	0,758
-	-	314	0,7578	0,758
-	-	315	0,7578	0,758
-	-	316	0,7578	0,758
-	-	317	0,7578	0,758
-	-	318	0,7578	0,758
-	-	319	0,7578	0,758
-	-	320	0,7578	0,758
-	-	321	0,7578	0,758
-	-	322	0,7578	0,758
-	-	323	0,7578	0,758
-	-	324	0,7578	0,758
-	-	325	0,7578	0,758
-	-	326	0,7578	0,758
-	-	327	0,7578	0,758
-	-	328	0,7578	0,758
-	-	329	0,7578	0,758
-	-	330	0,7578	0,758
-	-	331	0,7578	0,758
-	-	332	0,7578	0,758
-	-	333	0,7578	0,758
-	-	334	0,7578	0,758
-	-	335	0,7578	0,758
-	-	336	0,7578	0,758
-	-	337	0,7578	0,758
-	-	338	0,7578	0,758
-	-	339	0,7578	0,758
-	-	340	0,7578	0,758
-	-	341	0,7578	0,758
-	-	342	0,7578	0,758
-	-	343	0,7578	0,758
-	-	344	0,7578	0,758
-	-	345	0,7578	0,758
-	-	346	0,7578	0,758
-	-	347	0,7578	0,758
-	-	348	0,7578	0,758
-	-	349	0,7578	0,758
-	-	350	0,7578	0,758
-	-	351	0,7578	0,758

-	-	352	0,7578	0,758
-	-	353	0,7578	0,758
-	-	354	0,7578	0,758
-	-	355	0,7578	0,758
-	-	356	0,7578	0,758
-	-	357	0,7578	0,758
-	-	358	0,7578	0,758
-	-	359	0,7578	0,758
-	-	360	0,7578	0,758
-	-	361	0,7578	0,758
-	-	362	0,7578	0,758
-	-	363	0,7578	0,758
-	-	364	0,7578	0,758
-	-	365	0,7578	0,758

Tab. 28: Potřeba tepla vzhledem k průměrným denním teplotám průběhu daných dvou let

Příloha C - Roční potřeba elektrické energie TČ

Teplota po dnech	Potřeba tepla na den	Den v roce	TUV	Celková potřeba tepla	Topný faktor
-4	6,494	1	0,7578	2,471	2,9471
-3	6,212	2	0,7578	2,325	3,0102
-3	6,155	3	0,7578	2,297	3,02282
-3	6,127	4	0,7578	2,283	3,02913
-3	6,127	5	0,7578	2,283	3,02913
-3	6,071	6	0,7578	2,255	3,04175
-3	6,071	7	0,7578	2,255	3,04175
-2	6,042	8	0,7578	2,241	3,04806
-2	6,042	9	0,7578	2,241	3,04806
-2	6,042	10	0,7578	2,241	3,04806
-2	5,958	11	0,7578	2,199	3,06699
-2	5,958	12	0,7578	2,199	3,06699
-2	5,930	13	0,7578	2,186	3,0733
-2	5,930	14	0,7578	2,186	3,0733
-2	5,901	15	0,7578	2,172	3,07961
-2	5,901	16	0,7578	2,172	3,07961
-2	5,901	17	0,7578	2,172	3,07961
-2	5,901	18	0,7578	2,172	3,07961
-2	5,873	19	0,7578	2,158	3,08592
-2	5,873	20	0,7578	2,158	3,08592
-2	5,873	21	0,7578	2,158	3,08592
-2	5,845	22	0,7578	2,145	3,09223
-2	5,845	23	0,7578	2,145	3,09223
-2	5,817	24	0,7578	2,131	3,09854
-2	5,817	25	0,7578	2,131	3,09854
-1	5,760	26	0,7578	2,105	3,11116
-1	5,732	27	0,7578	2,091	3,11747
-1	5,704	28	0,7578	2,078	3,12378
-1	5,704	29	0,7578	2,078	3,12378
-1	5,704	30	0,7578	2,078	3,12378
-1	5,704	31	0,7578	2,078	3,12378
-1	5,675	32	0,7578	2,065	3,13009
-1	5,675	33	0,7578	2,065	3,13009
-1	5,675	34	0,7578	2,065	3,13009
-1	5,675	35	0,7578	2,065	3,13009
-1	5,647	36	0,7578	2,052	3,1364
-1	5,647	37	0,7578	2,052	3,1364
-1	5,647	38	0,7578	2,052	3,1364
-1	5,647	39	0,7578	2,052	3,1364

-1	5,647	40	0,7578	2,052	3,1364
-1	5,647	41	0,7578	2,052	3,1364
-1	5,619	42	0,7578	2,038	3,14271
-1	5,619	43	0,7578	2,038	3,14271
-1	5,619	44	0,7578	2,038	3,14271
-1	5,619	45	0,7578	2,038	3,14271
-1	5,619	46	0,7578	2,038	3,14271
-1	5,619	47	0,7578	2,038	3,14271
-1	5,591	48	0,7578	2,025	3,14902
-1	5,591	49	0,7578	2,025	3,14902
-1	5,591	50	0,7578	2,025	3,14902
-1	5,591	51	0,7578	2,025	3,14902
0	5,478	52	0,7578	1,974	3,17426
0	5,478	53	0,7578	1,974	3,17426
0	5,449	54	0,7578	1,961	3,18057
0	5,449	55	0,7578	1,961	3,18057
0	5,393	56	0,7578	1,936	3,19319
0	5,393	57	0,7578	1,936	3,19319
0	5,393	58	0,7578	1,936	3,19319
0	5,365	59	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	60	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	61	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	62	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	63	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	64	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	65	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	66	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	67	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	68	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	69	0,7578	1,923	3,1995
0	5,365	70	0,7578	1,923	3,1995
1	5,224	71	0,7578	1,860	3,23105
1	5,195	72	0,7578	1,848	3,23736
1	5,195	73	0,7578	1,848	3,23736
1	5,195	74	0,7578	1,848	3,23736
1	5,167	75	0,7578	1,836	3,24367
1	5,082	76	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	77	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	78	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	79	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	80	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	81	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	82	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	83	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	84	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	85	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	86	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	87	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	88	0,7578	1,799	3,2626
1	5,082	89	0,7578	1,799	3,2626
2	4,941	90	0,7578	1,739	3,29415
2	4,941	91	0,7578	1,739	3,29415
2	4,941	92	0,7578	1,739	3,29415
2	4,941	93	0,7578	1,739	3,29415
2	4,800	94	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	95	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	96	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	97	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	98	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	99	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	100	0,7578	1,680	3,3257

2	4,800	101	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	102	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	103	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	104	0,7578	1,680	3,3257
2	4,800	105	0,7578	1,680	3,3257
3	4,630	106	0,7578	1,611	3,36356
3	4,602	107	0,7578	1,599	3,36987
3	4,574	108	0,7578	1,588	3,37618
3	4,574	109	0,7578	1,588	3,37618
3	4,546	110	0,7578	1,577	3,38249
3	4,546	111	0,7578	1,577	3,38249
3	4,546	112	0,7578	1,577	3,38249
3	4,518	113	0,7578	1,565	3,3888
3	4,518	114	0,7578	1,565	3,3888
3	4,518	115	0,7578	1,565	3,3888
3	4,518	116	0,7578	1,565	3,3888
3	4,518	117	0,7578	1,565	3,3888
3	4,518	118	0,7578	1,565	3,3888
3	4,518	119	0,7578	1,565	3,3888
4	4,376	120	0,7578	1,510	3,42035
4	4,376	121	0,7578	1,510	3,42035
4	4,376	122	0,7578	1,510	3,42035
4	4,376	123	0,7578	1,510	3,42035
4	4,376	124	0,7578	1,510	3,42035
4	4,348	125	0,7578	1,499	3,42666
4	4,235	126	0,7578	1,455	3,4519
4	4,235	127	0,7578	1,455	3,4519
4	4,235	128	0,7578	1,455	3,4519
4	4,235	129	0,7578	1,455	3,4519
4	4,235	130	0,7578	1,455	3,4519
4	4,235	131	0,7578	1,455	3,4519
4	4,235	132	0,7578	1,455	3,4519
5	4,066	133	0,7578	1,391	3,48976
5	4,037	134	0,7578	1,380	3,49607
5	4,037	135	0,7578	1,380	3,49607
5	4,009	136	0,7578	1,370	3,50238
5	4,009	137	0,7578	1,370	3,50238
5	3,953	138	0,7578	1,349	3,515
5	3,953	139	0,7578	1,349	3,515
5	3,953	140	0,7578	1,349	3,515
5	3,953	141	0,7578	1,349	3,515
5	3,953	142	0,7578	1,349	3,515
5	3,953	143	0,7578	1,349	3,515
5	3,953	144	0,7578	1,349	3,515
6	3,812	145	0,7578	1,297	3,54655
6	3,812	146	0,7578	1,297	3,54655
6	3,812	147	0,7578	1,297	3,54655
6	3,812	148	0,7578	1,297	3,54655
6	3,783	149	0,7578	1,287	3,55286
6	3,755	150	0,7578	1,276	3,55917
6	3,727	151	0,7578	1,266	3,56548
6	3,670	152	0,7578	1,246	3,5781
6	3,670	153	0,7578	1,246	3,5781
6	3,670	154	0,7578	1,246	3,5781
6	3,670	155	0,7578	1,246	3,5781
6	3,670	156	0,7578	1,246	3,5781
6	3,670	157	0,7578	1,246	3,5781
7	3,529	158	0,7578	1,196	3,60965
7	3,501	159	0,7578	1,186	3,61596
7	3,501	160	0,7578	1,186	3,61596
7	3,501	161	0,7578	1,186	3,61596

7	3,473	162	0,7578	1,176	3,62227
7	3,473	163	0,7578	1,176	3,62227
7	3,473	164	0,7578	1,176	3,62227
7	3,473	165	0,7578	1,176	3,62227
7	3,473	166	0,7578	1,176	3,62227
7	3,444	167	0,7578	1,166	3,62858
7	3,416	168	0,7578	1,156	3,63489
7	3,416	169	0,7578	1,156	3,63489
7	3,416	170	0,7578	1,156	3,63489
7	3,388	171	0,7578	1,147	3,6412
7	3,388	172	0,7578	1,147	3,6412
7	3,388	173	0,7578	1,147	3,6412
7	3,388	174	0,7578	1,147	3,6412
7	3,388	175	0,7578	1,147	3,6412
7	3,388	176	0,7578	1,147	3,6412
7	3,388	177	0,7578	1,147	3,6412
8	3,247	178	0,7578	1,098	3,67275
8	3,247	179	0,7578	1,098	3,67275
8	3,218	180	0,7578	1,089	3,67906
8	3,106	181	0,7578	1,051	3,7043
8	3,106	182	0,7578	1,051	3,7043
8	3,106	183	0,7578	1,051	3,7043
8	3,106	184	0,7578	1,051	3,7043
8	3,106	185	0,7578	1,051	3,7043
8	3,106	186	0,7578	1,051	3,7043
8	3,106	187	0,7578	1,051	3,7043
8	3,106	188	0,7578	1,051	3,7043
8	3,106	189	0,7578	1,051	3,7043
8	3,049	190	0,7578	1,032	3,71692
9	2,908	191	0,7578	0,986	3,74847
9	2,908	192	0,7578	0,986	3,74847
9	2,908	193	0,7578	0,986	3,74847
9	2,880	194	0,7578	0,977	3,75478
9	2,823	195	0,7578	0,958	3,7674
9	2,795	196	0,7578	0,949	3,77371
9	2,767	197	0,7578	0,940	3,78002
9	2,767	198	0,7578	0,940	3,78002
10	2,654	199	0,7578	0,904	3,80526
10	2,625	200	0,7578	0,895	3,81157
10	2,597	201	0,7578	0,887	3,81788
10	2,541	202	0,7578	0,869	3,8305
10	2,541	203	0,7578	0,869	3,8305
10	2,541	204	0,7578	0,869	3,8305
10	2,541	205	0,7578	0,869	3,8305
10	2,541	206	0,7578	0,869	3,8305
10	2,541	207	0,7578	0,869	3,8305
10	2,512	208	0,7578	0,860	3,83681
10	2,484	209	0,7578	0,851	3,84312
10	2,428	210	0,7578	0,834	3,85574
11	2,258	211	0,7578	0,782	3,8936
11	2,258	212	0,7578	0,782	3,8936
11	2,258	213	0,7578	0,782	3,8936
11	2,258	214	0,7578	0,782	3,8936
11	2,258	215	0,7578	0,782	3,8936
11	2,258	216	0,7578	0,782	3,8936
11	2,230	217	0,7578	0,774	3,89991
11	2,230	218	0,7578	0,774	3,89991
11	2,230	219	0,7578	0,774	3,89991
11	2,202	220	0,7578	0,765	3,90622
11	2,174	221	0,7578	0,757	3,91253
11	2,174	222	0,7578	0,757	3,91253

11	2,174	223	0,7578	0,757	3,91253
11	2,174	224	0,7578	0,757	3,91253
12	2,061	225	0,7578	0,723	3,93777
12	2,061	226	0,7578	0,723	3,93777
12	2,061	227	0,7578	0,723	3,93777
12	2,061	228	0,7578	0,723	3,93777
12	2,004	229	0,7578	0,707	3,95039
12	1,976	230	0,7578	0,698	3,9567
12	1,976	231	0,7578	0,698	3,9567
12	1,948	232	0,7578	0,690	3,96301
12	1,919	233	0,7578	0,682	3,96932
12	1,919	234	0,7578	0,682	3,96932
12	1,919	235	0,7578	0,682	3,96932
12	1,919	236	0,7578	0,682	3,96932
12	1,919	237	0,7578	0,682	3,96932
12	1,891	238	0,7578	0,674	3,97563
13	1,835	239	0,7578	0,657	3,98825
13	1,835	240	0,7578	0,657	3,98825
13	1,806	241	0,7578	0,649	3,99456
13	1,750	242	0,7578	0,633	4,00718
13	1,750	243	0,7578	0,633	4,00718
13	1,750	244	0,7578	0,633	4,00718
13	1,722	245	0,7578	0,625	4,01349
13	1,694	246	0,7578	0,617	4,0198
13	1,694	247	0,7578	0,617	4,0198
13	1,694	248	0,7578	0,617	4,0198
13	1,694	249	0,7578	0,617	4,0198
13	1,694	250	0,7578	0,617	4,0198
13	1,694	251	0,7578	0,617	4,0198
13	1,694	252	0,7578	0,617	4,0198
13	1,665	253	0,7578	0,609	4,02611
13	1,637	254	0,7578	0,601	4,03242
13	1,637	255	0,7578	0,601	4,03242
13	1,609	256	0,7578	0,593	4,03873
13	1,581	257	0,7578	0,585	4,04504
-	0,788	258	0,7578	0,188	4,2
-	-	259	0,7578	0,188	4,2
-	-	260	0,7578	0,188	4,2
-	-	261	0,7578	0,188	4,2
-	-	262	0,7578	0,188	4,2
-	-	263	0,7578	0,188	4,2
-	-	264	0,7578	0,188	4,2
-	-	265	0,7578	0,188	4,2
-	-	266	0,7578	0,188	4,2
-	-	267	0,7578	0,188	4,2
-	-	268	0,7578	0,188	4,2
-	-	269	0,7578	0,188	4,2
-	-	270	0,7578	0,188	4,2
-	-	271	0,7578	0,188	4,2
-	-	272	0,7578	0,188	4,2
-	-	273	0,7578	0,188	4,2
-	-	274	0,7578	0,188	4,2
-	-	275	0,7578	0,188	4,2
-	-	276	0,7578	0,188	4,2
-	-	277	0,7578	0,188	4,2
-	-	278	0,7578	0,188	4,2
-	-	279	0,7578	0,188	4,2
-	-	280	0,7578	0,188	4,2
-	-	281	0,7578	0,188	4,2
-	-	282	0,7578	0,188	4,2
-	-	283	0,7578	0,188	4,2

-	-	284	0,7578	0,188	4,2
-	-	285	0,7578	0,188	4,2
-	-	286	0,7578	0,188	4,2
-	-	287	0,7578	0,188	4,2
-	-	288	0,7578	0,188	4,2
-	-	289	0,7578	0,188	4,2
-	-	290	0,7578	0,188	4,2
-	-	291	0,7578	0,188	4,2
-	-	292	0,7578	0,188	4,2
-	-	293	0,7578	0,188	4,2
-	-	294	0,7578	0,188	4,2
-	-	295	0,7578	0,188	4,2
-	-	296	0,7578	0,188	4,2
-	-	297	0,7578	0,188	4,2
-	-	298	0,7578	0,188	4,2
-	-	299	0,7578	0,188	4,2
-	-	300	0,7578	0,188	4,2
-	-	301	0,7578	0,188	4,2
-	-	302	0,7578	0,188	4,2
-	-	303	0,7578	0,188	4,2
-	-	304	0,7578	0,188	4,2
-	-	305	0,7578	0,188	4,2
-	-	306	0,7578	0,188	4,2
-	-	307	0,7578	0,188	4,2
-	-	308	0,7578	0,188	4,2
-	-	309	0,7578	0,188	4,2
-	-	310	0,7578	0,188	4,2
-	-	311	0,7578	0,188	4,2
-	-	312	0,7578	0,188	4,2
-	-	313	0,7578	0,188	4,2
-	-	314	0,7578	0,188	4,2
-	-	315	0,7578	0,188	4,2
-	-	316	0,7578	0,188	4,2
-	-	317	0,7578	0,188	4,2
-	-	318	0,7578	0,188	4,2
-	-	319	0,7578	0,188	4,2
-	-	320	0,7578	0,188	4,2
-	-	321	0,7578	0,188	4,2
-	-	322	0,7578	0,188	4,2
-	-	323	0,7578	0,188	4,2
-	-	324	0,7578	0,188	4,2
-	-	325	0,7578	0,188	4,2
-	-	326	0,7578	0,188	4,2
-	-	327	0,7578	0,188	4,2
-	-	328	0,7578	0,188	4,2
-	-	329	0,7578	0,188	4,2
-	-	330	0,7578	0,188	4,2
-	-	331	0,7578	0,188	4,2
-	-	332	0,7578	0,188	4,2
-	-	333	0,7578	0,188	4,2
-	-	334	0,7578	0,188	4,2
-	-	335	0,7578	0,188	4,2
-	-	336	0,7578	0,188	4,2
-	-	337	0,7578	0,188	4,2
-	-	338	0,7578	0,188	4,2
-	-	339	0,7578	0,188	4,2
-	-	340	0,7578	0,188	4,2
-	-	341	0,7578	0,188	4,2
-	-	342	0,7578	0,188	4,2
-	-	343	0,7578	0,188	4,2
-	-	344	0,7578	0,188	4,2

-	-	345	0,7578	0,188	4,2
-	-	346	0,7578	0,188	4,2
-	-	347	0,7578	0,188	4,2
-	-	348	0,7578	0,188	4,2
-	-	349	0,7578	0,188	4,2
-	-	350	0,7578	0,188	4,2
-	-	351	0,7578	0,188	4,2
-	-	352	0,7578	0,188	4,2
-	-	353	0,7578	0,188	4,2
-	-	354	0,7578	0,188	4,2
-	-	355	0,7578	0,188	4,2
-	-	356	0,7578	0,188	4,2
-	-	357	0,7578	0,188	4,2
-	-	358	0,7578	0,188	4,2
-	-	359	0,7578	0,188	4,2
-	-	360	0,7578	0,188	4,2
-	-	361	0,7578	0,188	4,2
-	-	362	0,7578	0,188	4,2
-	-	363	0,7578	0,188	4,2
-	-	364	0,7578	0,188	4,2
-	-	365	0,7578	0,188	4,2

Tab. 29: Roční potřeba elektrické energie TČ

Příloha D - Křivka ročního trvání tepla - dimenzování tepelných čerpadel

Teplota po dnech	Dodané teplo TČ ACOND 8 EVI	Dodané teplo TČ ACOND 17 EVI	Den v roce	Celková potřeba tepla	Topný faktor
-4	5,3951	10,462	1	2,471	2,9471
-3	5,5101	10,686	2	2,325	3,0102
-3	5,5331	10,731	3	2,297	3,02282
-3	5,5446	10,753	4	2,283	3,02913
-3	5,5446	10,753	5	2,283	3,02913
-3	5,5676	10,798	6	2,255	3,04175
-3	5,5676	10,798	7	2,255	3,04175
-2	5,5791	10,820	8	2,241	3,04806
-2	5,5791	10,820	9	2,241	3,04806
-2	5,5791	10,820	10	2,241	3,04806
-2	5,6136	10,888	11	2,199	3,06699
-2	5,6136	10,888	12	2,199	3,06699
-2	5,6251	10,910	13	2,186	3,0733
-2	5,6251	10,910	14	2,186	3,0733
-2	5,6366	10,932	15	2,172	3,07961
-2	5,6366	10,932	16	2,172	3,07961
-2	5,6366	10,932	17	2,172	3,07961
-2	5,6366	10,932	18	2,172	3,07961
-2	5,6481	10,955	19	2,158	3,08592
-2	5,6481	10,955	20	2,158	3,08592
-2	5,6481	10,955	21	2,158	3,08592
-2	5,6596	10,977	22	2,145	3,09223
-2	5,6596	10,977	23	2,145	3,09223
-2	5,6711	11,000	24	2,131	3,09854
-2	5,6711	11,000	25	2,131	3,09854
-1	5,6941	11,044	26	2,105	3,11116
-1	5,7056	11,067	27	2,091	3,11747
-1	5,7171	11,089	28	2,078	3,12378
-1	5,7171	11,089	29	2,078	3,12378
-1	5,7171	11,089	30	2,078	3,12378

-1	5,7171	11,089	31	2,078	3,12378
-1	5,7286	11,112	32	2,065	3,13009
-1	5,7286	11,112	33	2,065	3,13009
-1	5,7286	11,112	34	2,065	3,13009
-1	5,7286	11,112	35	2,065	3,13009
-1	5,7401	11,134	36	2,052	3,1364
-1	5,7401	11,134	37	2,052	3,1364
-1	5,7401	11,134	38	2,052	3,1364
-1	5,7401	11,134	39	2,052	3,1364
-1	5,7401	11,134	40	2,052	3,1364
-1	5,7401	11,134	41	2,052	3,1364
-1	5,7516	11,156	42	2,038	3,14271
-1	5,7516	11,156	43	2,038	3,14271
-1	5,7516	11,156	44	2,038	3,14271
-1	5,7516	11,156	45	2,038	3,14271
-1	5,7516	11,156	46	2,038	3,14271
-1	5,7516	11,156	47	2,038	3,14271
-1	5,7631	11,179	48	2,025	3,14902
-1	5,7631	11,179	49	2,025	3,14902
-1	5,7631	11,179	50	2,025	3,14902
-1	5,7631	11,179	51	2,025	3,14902
0	5,8091	11,268	52	1,974	3,17426
0	5,8091	11,268	53	1,974	3,17426
0	5,8206	11,291	54	1,961	3,18057
0	5,8206	11,291	55	1,961	3,18057
0	5,8436	11,336	56	1,936	3,19319
0	5,8436	11,336	57	1,936	3,19319
0	5,8436	11,336	58	1,936	3,19319
0	5,8551	11,358	59	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	60	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	61	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	62	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	63	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	64	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	65	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	66	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	67	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	68	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	69	1,923	3,1995
0	5,8551	11,358	70	1,923	3,1995
1	5,9126	11,470	71	1,860	3,23105
1	5,9241	11,492	72	1,848	3,23736
1	5,9241	11,492	73	1,848	3,23736
1	5,9241	11,492	74	1,848	3,23736
1	5,9356	11,515	75	1,836	3,24367
1	5,9701	11,582	76	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	77	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	78	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	79	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	80	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	81	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	82	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	83	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	84	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	85	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	86	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	87	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	88	1,799	3,2626
1	5,9701	11,582	89	1,799	3,2626

2	6,0276	11,694	90	1,739	3,29415
2	6,0276	11,694	91	1,739	3,29415
2	6,0276	11,694	92	1,739	3,29415
2	6,0276	11,694	93	1,739	3,29415
2	6,0851	11,806	94	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	95	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	96	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	97	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	98	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	99	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	100	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	101	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	102	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	103	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	104	1,680	3,3257
2	6,0851	11,806	105	1,680	3,3257
3	6,1541	11,940	106	1,611	3,36356
3	6,1656	11,963	107	1,599	3,36987
3	6,1771	11,985	108	1,588	3,37618
3	6,1771	11,985	109	1,588	3,37618
3	6,1886	12,008	110	1,577	3,38249
3	6,1886	12,008	111	1,577	3,38249
3	6,1886	12,008	112	1,577	3,38249
3	6,2001	12,030	113	1,565	3,3888
3	6,2001	12,030	114	1,565	3,3888
3	6,2001	12,030	115	1,565	3,3888
3	6,2001	12,030	116	1,565	3,3888
3	6,2001	12,030	117	1,565	3,3888
3	6,2001	12,030	118	1,565	3,3888
3	6,2001	12,030	119	1,565	3,3888
4	6,2576	12,142	120	1,510	3,42035
4	6,2576	12,142	121	1,510	3,42035
4	6,2576	12,142	122	1,510	3,42035
4	6,2576	12,142	123	1,510	3,42035
4	6,2576	12,142	124	1,510	3,42035
4	6,2691	12,164	125	1,499	3,42666
4	6,3151	12,254	126	1,455	3,4519
4	6,3151	12,254	127	1,455	3,4519
4	6,3151	12,254	128	1,455	3,4519
4	6,3151	12,254	129	1,455	3,4519
4	6,3151	12,254	130	1,455	3,4519
4	6,3151	12,254	131	1,455	3,4519
4	6,3151	12,254	132	1,455	3,4519
5	6,3841	12,388	133	1,391	3,48976
5	6,3956	12,411	134	1,380	3,49607
5	6,3956	12,411	135	1,380	3,49607
5	6,4071	12,433	136	1,370	3,50238
5	6,4071	12,433	137	1,370	3,50238
5	6,4301	12,478	138	1,349	3,515
5	6,4301	12,478	139	1,349	3,515
5	6,4301	12,478	140	1,349	3,515
5	6,4301	12,478	141	1,349	3,515
5	6,4301	12,478	142	1,349	3,515
5	6,4301	12,478	143	1,349	3,515
5	6,4301	12,478	144	1,349	3,515
6	6,4876	12,590	145	1,297	3,54655
6	6,4876	12,590	146	1,297	3,54655
6	6,4876	12,590	147	1,297	3,54655
6	6,4876	12,590	148	1,297	3,54655

6	6,4991	12,612	149	1,287	3,55286
6	6,5106	12,635	150	1,276	3,55917
6	6,5221	12,657	151	1,266	3,56548
6	6,5451	12,702	152	1,246	3,5781
6	6,5451	12,702	153	1,246	3,5781
6	6,5451	12,702	154	1,246	3,5781
6	6,5451	12,702	155	1,246	3,5781
6	6,5451	12,702	156	1,246	3,5781
6	6,5451	12,702	157	1,246	3,5781
7	6,6026	12,814	158	1,196	3,60965
7	6,6141	12,836	159	1,186	3,61596
7	6,6141	12,836	160	1,186	3,61596
7	6,6141	12,836	161	1,186	3,61596
7	6,6256	12,859	162	1,176	3,62227
7	6,6256	12,859	163	1,176	3,62227
7	6,6256	12,859	164	1,176	3,62227
7	6,6256	12,859	165	1,176	3,62227
7	6,6256	12,859	166	1,176	3,62227
7	6,6371	12,881	167	1,166	3,62858
7	6,6486	12,904	168	1,156	3,63489
7	6,6486	12,904	169	1,156	3,63489
7	6,6486	12,904	170	1,156	3,63489
7	6,6601	12,926	171	1,147	3,6412
7	6,6601	12,926	172	1,147	3,6412
7	6,6601	12,926	173	1,147	3,6412
7	6,6601	12,926	174	1,147	3,6412
7	6,6601	12,926	175	1,147	3,6412
7	6,6601	12,926	176	1,147	3,6412
7	6,6601	12,926	177	1,147	3,6412
8	6,7176	13,038	178	1,098	3,67275
8	6,7176	13,038	179	1,098	3,67275
8	6,7291	13,060	180	1,089	3,67906
8	6,7751	13,150	181	1,051	3,7043
8	6,7751	13,150	182	1,051	3,7043
8	6,7751	13,150	183	1,051	3,7043
8	6,7751	13,150	184	1,051	3,7043
8	6,7751	13,150	185	1,051	3,7043
8	6,7751	13,150	186	1,051	3,7043
8	6,7751	13,150	187	1,051	3,7043
8	6,7751	13,150	188	1,051	3,7043
8	6,7751	13,150	189	1,051	3,7043
8	6,7981	13,195	190	1,032	3,71692
9	6,8556	13,307	191	0,986	3,74847
9	6,8556	13,307	192	0,986	3,74847
9	6,8556	13,307	193	0,986	3,74847
9	6,8671	13,329	194	0,977	3,75478
9	6,8901	13,374	195	0,958	3,7674
9	6,9016	13,396	196	0,949	3,77371
9	6,9131	13,419	197	0,940	3,78002
9	6,9131	13,419	198	0,940	3,78002
10	6,9591	13,508	199	0,904	3,80526
10	6,9706	13,531	200	0,895	3,81157
10	6,9821	13,553	201	0,887	3,81788
10	7,0051	13,598	202	0,869	3,8305
10	7,0051	13,598	203	0,869	3,8305
10	7,0051	13,598	204	0,869	3,8305
10	7,0051	13,598	205	0,869	3,8305
10	7,0051	13,598	206	0,869	3,8305
10	7,0051	13,598	207	0,869	3,8305

10	7,0166	13,620	208	0,860	3,83681
10	7,0281	13,643	209	0,851	3,84312
10	7,0511	13,688	210	0,834	3,85574
11	7,1201	13,822	211	0,782	3,8936
11	7,1201	13,822	212	0,782	3,8936
11	7,1201	13,822	213	0,782	3,8936
11	7,1201	13,822	214	0,782	3,8936
11	7,1201	13,822	215	0,782	3,8936
11	7,1201	13,822	216	0,782	3,8936
11	7,1316	13,844	217	0,774	3,89991
11	7,1316	13,844	218	0,774	3,89991
11	7,1316	13,844	219	0,774	3,89991
11	7,1431	13,867	220	0,765	3,90622
11	7,1546	13,889	221	0,757	3,91253
11	7,1546	13,889	222	0,757	3,91253
11	7,1546	13,889	223	0,757	3,91253
11	7,1546	13,889	224	0,757	3,91253
12	7,2006	13,979	225	0,723	3,93777
12	7,2006	13,979	226	0,723	3,93777
12	7,2006	13,979	227	0,723	3,93777
12	7,2006	13,979	228	0,723	3,93777
12	7,2236	14,024	229	0,707	3,95039
12	7,2351	14,046	230	0,698	3,9567
12	7,2351	14,046	231	0,698	3,9567
12	7,2466	14,068	232	0,690	3,96301
12	7,2581	14,091	233	0,682	3,96932
12	7,2581	14,091	234	0,682	3,96932
12	7,2581	14,091	235	0,682	3,96932
12	7,2581	14,091	236	0,682	3,96932
12	7,2581	14,091	237	0,682	3,96932
12	7,2696	14,113	238	0,674	3,97563
13	7,2926	14,158	239	0,657	3,98825
13	7,2926	14,158	240	0,657	3,98825
13	7,3041	14,180	241	0,649	3,99456
13	7,3271	14,225	242	0,633	4,00718
13	7,3271	14,225	243	0,633	4,00718
13	7,3271	14,225	244	0,633	4,00718
13	7,3386	14,248	245	0,625	4,01349
13	7,3501	14,270	246	0,617	4,0198
13	7,3501	14,270	247	0,617	4,0198
13	7,3501	14,270	248	0,617	4,0198
13	7,3501	14,270	249	0,617	4,0198
13	7,3501	14,270	250	0,617	4,0198
13	7,3501	14,270	251	0,617	4,0198
13	7,3501	14,270	252	0,617	4,0198
13	7,3616	14,292	253	0,609	4,02611
13	7,3731	14,315	254	0,601	4,03242
13	7,3731	14,315	255	0,601	4,03242
13	7,3846	14,337	256	0,593	4,03873
13	7,3961	14,360	257	0,585	4,04504
-	5,3951	10,462	258	0,188	4,2
-	-	-	259	0,188	4,2
-	-	-	260	0,188	4,2
-	-	-	261	0,188	4,2
-	-	-	262	0,188	4,2
-	-	-	263	0,188	4,2
-	-	-	264	0,188	4,2
-	-	-	265	0,188	4,2
-	-	-	266	0,188	4,2

-	-	-	267	0,188	4,2
-	-	-	268	0,188	4,2
-	-	-	269	0,188	4,2
-	-	-	270	0,188	4,2
-	-	-	271	0,188	4,2
-	-	-	272	0,188	4,2
-	-	-	273	0,188	4,2
-	-	-	274	0,188	4,2
-	-	-	275	0,188	4,2
-	-	-	276	0,188	4,2
-	-	-	277	0,188	4,2
-	-	-	278	0,188	4,2
-	-	-	279	0,188	4,2
-	-	-	280	0,188	4,2
-	-	-	281	0,188	4,2
-	-	-	282	0,188	4,2
-	-	-	283	0,188	4,2
-	-	-	284	0,188	4,2
-	-	-	285	0,188	4,2
-	-	-	286	0,188	4,2
-	-	-	287	0,188	4,2
-	-	-	288	0,188	4,2
-	-	-	289	0,188	4,2
-	-	-	290	0,188	4,2
-	-	-	291	0,188	4,2
-	-	-	292	0,188	4,2
-	-	-	293	0,188	4,2
-	-	-	294	0,188	4,2
-	-	-	295	0,188	4,2
-	-	-	296	0,188	4,2
-	-	-	297	0,188	4,2
-	-	-	298	0,188	4,2
-	-	-	299	0,188	4,2
-	-	-	300	0,188	4,2
-	-	-	301	0,188	4,2
-	-	-	302	0,188	4,2
-	-	-	303	0,188	4,2
-	-	-	304	0,188	4,2
-	-	-	305	0,188	4,2
-	-	-	306	0,188	4,2
-	-	-	307	0,188	4,2
-	-	-	308	0,188	4,2
-	-	-	309	0,188	4,2
-	-	-	310	0,188	4,2
-	-	-	311	0,188	4,2
-	-	-	312	0,188	4,2
-	-	-	313	0,188	4,2
-	-	-	314	0,188	4,2
-	-	-	315	0,188	4,2
-	-	-	316	0,188	4,2
-	-	-	317	0,188	4,2
-	-	-	318	0,188	4,2
-	-	-	319	0,188	4,2
-	-	-	320	0,188	4,2
-	-	-	321	0,188	4,2
-	-	-	322	0,188	4,2
-	-	-	323	0,188	4,2
-	-	-	324	0,188	4,2
-	-	-	325	0,188	4,2

-	-	-	326	0,188	4,2
-	-	-	327	0,188	4,2
-	-	-	328	0,188	4,2
-	-	-	329	0,188	4,2
-	-	-	330	0,188	4,2
-	-	-	331	0,188	4,2
-	-	-	332	0,188	4,2
-	-	-	333	0,188	4,2
-	-	-	334	0,188	4,2
-	-	-	335	0,188	4,2
-	-	-	336	0,188	4,2
-	-	-	337	0,188	4,2
-	-	-	338	0,188	4,2
-	-	-	339	0,188	4,2
-	-	-	340	0,188	4,2
-	-	-	341	0,188	4,2
-	-	-	342	0,188	4,2
-	-	-	343	0,188	4,2
-	-	-	344	0,188	4,2
-	-	-	345	0,188	4,2
-	-	-	346	0,188	4,2
-	-	-	347	0,188	4,2
-	-	-	348	0,188	4,2
-	-	-	349	0,188	4,2
-	-	-	350	0,188	4,2
-	-	-	351	0,188	4,2
-	-	-	352	0,188	4,2
-	-	-	353	0,188	4,2
-	-	-	354	0,188	4,2
-	-	-	355	0,188	4,2
-	-	-	356	0,188	4,2
-	-	-	357	0,188	4,2
-	-	-	358	0,188	4,2
-	-	-	359	0,188	4,2
-	-	-	360	0,188	4,2
-	-	-	361	0,188	4,2
-	-	-	362	0,188	4,2
-	-	-	363	0,188	4,2
-	-	-	364	0,188	4,2
-	-	-	365	0,188	4,2

Tab. 30: Křivka ročního trvání tepla - dimenzování tepelných čerpadel