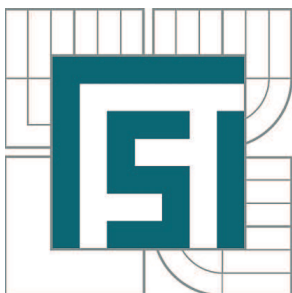


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TUV POMOCÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

HEAT PUMPS FOR HEATING AND HOT SERVICE WATER PREPARATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN VALÁŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR KRACÍK

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Valášek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

v anglickém jazyce:

Heat pumps for heating and hot service water preparation

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte funkční systém s tepelným čerpadlem pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody pro konkrétní objekt

Cíle bakalářské práce:

- rešerše používaných řešení pro vytápění a ohřev TUV
- schéma zapojení
- ekonomika provozu, výhody a nevýhody systému s tepelným čerpadlem

Seznam odborné literatury:

Žeravík, A. Stavíme tepelné čerpadlo, ELTEX 2003

Cenek, M. Obnovitelné zdroje energie. FCC PUBLIC 2001
firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Kracík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 8.10.2012

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje popisu vytápění a ohřevu teplé užitkové vody (TUV) v rodinných domech pomocí základních technických prostředků a navrhuje pro konkrétní objekt různé typy tepelných čerpadel, které mezi sebou porovnává jak technicky, tak i ekonomicky.

Na začátku práce je přehled možných způsobů vytápění domů a ohřevu TUV, a to vytápění a ohřev vody pomocí elektrické energie, zemního plynu, tuhých paliv a centrálně dodávaným teplem.

Dále se práce zabývá tepelnými čerpadly. Popisuje jednotlivé typy, jejich výhody i nevýhody. Vybrány byly čtyři hlavní typy čerpadel: vzduch/voda, vzduch/vzduch, voda/voda a země/voda, u kterých byl proveden návrh na vytápění nízkoenergetického domu, umístěného ve Vyškově, s tepelnou ztrátou 6 kWh a ohřevem TUV o objemu 260 l denně. V závěru byly provedeny ekonomické výpočty, kterými bylo spočteno, že nejlepší návratnost vůči vytápění a ohřevu TUV pomocí zemního plynu má čerpadlo voda/voda, a to 5 let. Vzhledem k tomu, že životnost čerpadel se pohybuje v rozmezí 10-20 let, jsou rentabilní všechna čerpadla až na čerpadlo vzduch/vzduch, které si na svůj provoz nevydělá.

Abstract

This bachelor's thesis is aimed to describe heating and water warming in the detached houses by basic technical devices and there are suggested various types of heat pumps for a particular object. These heat pumps are compared technically and economically.

In the beginning of the thesis there is a summary of the possible ways of the house heating and water warming systems, such as heating by electric power, by gas, by solid fuel or the centrally distributed heating.

Then the thesis concentrates on heat pumps. There are described various types of heat pumps, also their advantages and disadvantages. There were chosen four main types of heat pumps – air/water, air/air, water/water and earth/water – and with each type there's constructed a plan for a low-energy house heating. This house is located in Vyškov and there's thermal loss of 6 kWh and water-warming of a capacity of 260 l per day. At last there were used economical calculations, which shown, that the water/water heat pump has the shortest return rate in comparison with a gas-using heating system – 5 years. Considering the lifespan of the heat pumps – 10-20 years – all the heat pumps are profitable except for the air/air heat pump. The investment in this heat pump doesn't return.

Klíčová slova

TUV, teplá užitková voda, tepelné čerpadlo, obnovitelné zdroje, ohřev, teplo, soustava, kalkulace

Key words

hot, hot service water, heat pump, renewable sources, energy, heating, heat, system, calculation,

Bibliografická citace

VALÁŠEK, M. *Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kracík.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce. Vycházel jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a literárních zdrojů uvedených v mé práci.

V Brně, dne

Podpis

Poděkování

Děkuji panu Ing. Petru Kracíkovi za odborné vedení, cenné rady a věnovaný čas při tvorbě bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která mi vytvořila zázemí po celou dobu mého studia.

Děkuji

Obsah

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	2
ABSTRAKT	3
KLÍČOVÁ SLOVA	3
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OOBSAH.....	7
Seznam Obrázků.....	8
Seznam tabulek.....	8
1 ÚVOD	9
2 NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ ZPŮSOBY VÝROBY TEPLA.....	10
2.1 Vytápění a ohřev TUV pomocí elektrické energie.....	10
2.1.1 Akumulační ohřev.....	10
2.1.2 Průtočný ohřev	11
2.2 Vytápění a ohřev TUV pomocí zemního plynu.....	11
2.3 Vytápění a ohřev TUV pomocí tuhých paliv.....	13
2.4 Vytápění a ohřev TUV centrálním přívodem tepla.....	15
3 TEPELNÁ ČERPADLA.....	17
3.1 Geotermální energie	17
3.2 Schéma zapojení tepelného čerpadla	18
3.3 Topný faktor	19
3.4 Druhy tepelných čerpadel	19
3.4.1 Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda	19
3.4.2 Tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch.....	20
3.4.3 Tepelné čerpadlo typu voda/voda	21
3.4.4 Tepelné čerpadlo typu země/voda	22
4 NÁVRH TEPELNÉ SOUSTAVY.....	24
4.1 Zadání vstupních dat.....	24
4.2 Volba tepelného čerpadla.....	24
4.3 Cenová kalkulace.....	25
5 ZÁVĚR.....	28
6 POUŽITÁ LITERATURA	30
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	33
8 SEZNAM PŘÍLOH.....	33

Seznam Obrázků

Obr. 1 Tlakový zásobník malého objemu	10
Obr. 2 Beztlakový zásobník	10
Obr. 3 Kombinovaný zásobník pro ohřev TUV	11
Obr. 4 Předpoklady o výhřevnosti porovnávaných paliv	13
Obr. 5 Rozdělení tepla přivedeného v palivu na výrobu elektřiny, tepla a tepelné ztráty v jednotlivých typech kombinované a oddělené výroby.	16
Obr. 6 Schéma principu tepelného čerpadla.....	17
Obr. 7 Potenciál pro využití geotermální energie v ČR	18
Obr. 8 Tepelné čerpadlo zapojené v monoenergetickém provozu pro vytápění a přípravu TUV	18
Obr. 9 Náhled tepelného čerpadly typu vzduch/voda	20
Obr. 10 Možnosti zapojení tepelného čerpadla typu vzduch/vzduch.....	21
Obr. 11 Náhled tepelného čerpadly typu vzduch/voda	22
Obr. 12a Náhled tepelného čerpadly typu země/voda – zemní kolektor	23
Obr. 12b Náhled tepelného čerpadly typu země/voda	23
Obr. 13 Porovnání jednotlivých variant vzhledem k nákladům na pořízení a provoz.....	27

Seznam tabulek

Tab. 1 Porovnání emisí	12
Tab. 2 Porovnání výhřevnosti paliv	12
Tab. 3 Výběr z nabízených produktů.....	25
Tab. 4 Celková cenová kalkulace	26

1 Úvod

TUV, neboli teplá užitková voda, a vytápění patří k našemu každodennímu životu. Velikost její spotřeby je závislá na počtu členů v domácnosti a jejich potřebách. Proto patří volba správného, uživatelsky nejpříjemnějšího a nejlevnějšího způsobu výroby TUV mezi nejzávažnější otázky. V důsledku současného trendu, zvyšování cen energií začíná stále více domácností důvěřovat modernějším způsobům vytápění a ohřevu TUV.

Úvodem své práce představím nejpoužívanější způsoby výroby tepla v českých domácnostech. Mezi tyto metody patří výroba tepla pomocí elektrické energie, zemního plynu, tuhých paliv a centrálně dodávaným teplem.

V další části popíši princip tepelného čerpadla a jeho zapojení. Uvedu přehled tří základních typů, včetně jejich zapojení do systému pro ohřev TUV a popíši všechny jeho části. Závěrem provedu zhodnocení pořizovacích a provozních nákladů a jejich ekonomickou návratnost vzhledem k běžným typům vytápění.

2 Nejneužívanější způsoby výroby tepla

Vytápění a ohřev TUV lze dělit podle mnoha kritérií. Já se zaměřím na dělení podle média, které je použito k dané funkci.

2.1 Vytápění a ohřev TUV pomocí elektrické energie

Elektrický ohřev TUV má v naší zemi poměrně dlouhou tradici. Pro ohřev TUV a vytápění platí stejné principy. Díky kompaktním rozměrům elektrických ohřevů je lze použít téměř kdekoli. Další výhodou je centralizace. Bohužel při přenosu teplé vody na delší vzdálenosti dochází k tepelným a tlakovým ztrátám v potrubí.

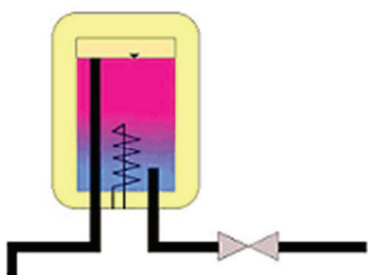
2.1.1 Akumulační ohřev

Konstrukčně může být zásobník řešen jako beztlakový nebo tlakový.

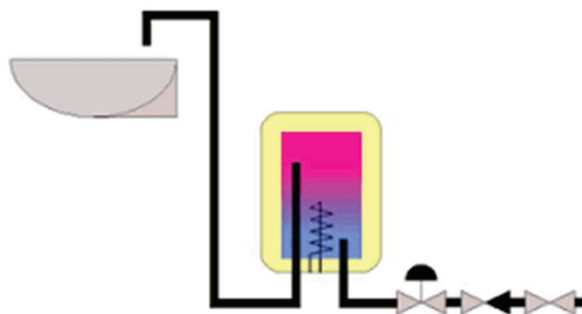
Beztlakový zásobník je většinou zásobník menšího objemu, ve kterém se neprojevuje tlak vody z vnějšího řádu. To se řeší pomocí přepadu v nádrži. Pro odběr proto musíme následně použít speciální beztlakovou baterii. Tento zásobník používáme pouze pro jedno odběrné místo, který je umístěn nad baterií, v modernějších aplikacích je pak schován pod ní.

Tlakový zásobník je z hlediska provozu výhodnější. Tlaková nádoba umožňuje dopravu ohřáté vody k více spotřebičům a také použití větších objemů zásobníku. Zásobníky do objemu 200 l jsou konstruovány většinou jako závěsné, větší objemy pak pokrývají zásobníky stojací.

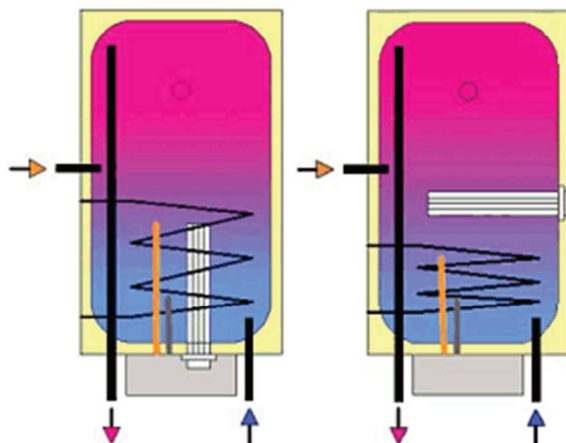
Zásobník kombinovaný (bivalentní), umožňuje připojení jiného zdroje energie. Nejčastěji je to zdroj tepla objektu, tedy kotel na plyn nebo tuhá paliva. V zásobníku je umístěna topná vložka, termostat a ochranná hořčíková anoda. Nádoba bývá ocelová, smaltovaná, izolovaná polyuretanovou pěnou.[1]



Obr. 1 Tlakový zásobník malého objemu
Pozn. Pojistná armatura není většinou součástí výrobku. [1]



Obr. 2 Beztlakový zásobník[1]



Obr. 3 Kombinovaný zásobník pro ohřev TUV [1]

2.1.2 Průtokový ohřev

Průtokový ohřev TUV je hygienicky čistý, teplá voda se nikde neskládá, ohřívá se podle potřeby a problém s bakteriemi množícími se v bojleru je tak prakticky vyloučen. Místo bojleru je použita obyčejná akumulární nádrž, která se nemusí čistit, odkalovat. Odpadá použití magnesiové anody.[2]

Při použití průtokových ohřevů jsou zpravidla vyžadovány větší elektrické příkony a to znamená, mít dostatečně naddimenzovány jističe. Průtokové ohřevy lze používat běžně s dvouventilovými bateriemi, pákové baterie musí být však speciální. Dále je třeba si uvědomit, že při příkonech nad 5 kW je nutné většinou třífázové připojení. Z tohoto důvodu se dnes dává přednost malým průtokovým ohřevům, pro umyvadlo nebo dřez, řádově do 5 kW. U vyšších typů ohřevů je možnost regulace teploty připravované vody. [1]

2.2 Vytápění a ohřev TUV pomocí zemního plynu

Zemní plyn je ekologické palivo, při jehož spalování vzniká ve srovnání s uhlím nebo s kapalnými palivy daleko méně škodlivin. Přes masivní podporu plynofikace v ČR nezaujímá zemní plyn, na rozdíl od jiných zemí EU, v tuzemské bilanci energetických zdrojů tak významnou pozici. V ČR využívá zemního plynu zhruba 2,5 milionů domácností, z toho více než 1 milion k individuálnímu vytápění. [3]

Zemní plyn má ve srovnání s ostatními palivy a energiemi řadu specifických výhod:

- zemní plyn je jediným primárním palivem, které lze bez nákladných úprav a energetických přeměn (se kterými jsou spojené určité ztráty) dovést přímo až ke spotřebiteli
- dopravní a distribuční systém zemního plynu je nezávislý na klimatických podmínkách a na veřejných komunikacích
- zemní plyn je k dispozici odběratelům bez omezení 24 hodin denně a 365 dní v roce
- odběratel nemusí budovat zařízení pro skladování paliva jako v případě pevných nebo kapalných paliv
- plynové spotřebiče lze snadno ovládat a regulovat
- má příznivý vliv na životní prostředí (tab. 1)

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel**Tab. 1** Porovnání emisí [4]

	Hnědé uhlí	Koks	Topný olej	Zemní plyn
Popílek (mg/MJ)	608,4	309,2	50,4	0,6
SO ₂ (mg/MJ)	1129,4	398,9	426,7	0,3
CO (mg/MJ)	3146,9	1717,6	13,9	9,4
Uhlovodíky (mg/MJ)	699,3	381,7	9,7	3,8
NO _x (mg/MJ)	209,8	57,3	236,4	47,2
CO ₂ (g/MJ)	111	92	75	56

Hlavní výhodou zemního plynu je jeho vysoká výhřevnost. Díky vyšší účinnosti plynových spotřebičů ve srovnání se spotřebiči na pevná a kapalná paliva se výhodnost zemního plynu projevuje ještě více.[5]

Tab. 2 Porovnání výhřevnosti paliv[5]

v 1 m ³ zemního plynu je v přepočtu na výhřevnost energeticky obsaženo	při vytápění (tzn. při zahrnutí účinnosti spotřebičů) odpovídá 1 m ³ zemního plynu spotřebě
1,26 kg koksu	1,66 kg koksu
1,95 kg hnědého uhlí	2,93 kg hnědého uhlí
0,8 kg topného oleje	0,82 kg topného oleje
0,73 kg propanu	0,73 kg propanu
0,034 GJ tepla ze zdroje CZT	0,031 GJ tepla ze zdroje CZT
9,42 kWh elektřiny	8,65 kWh elektřiny

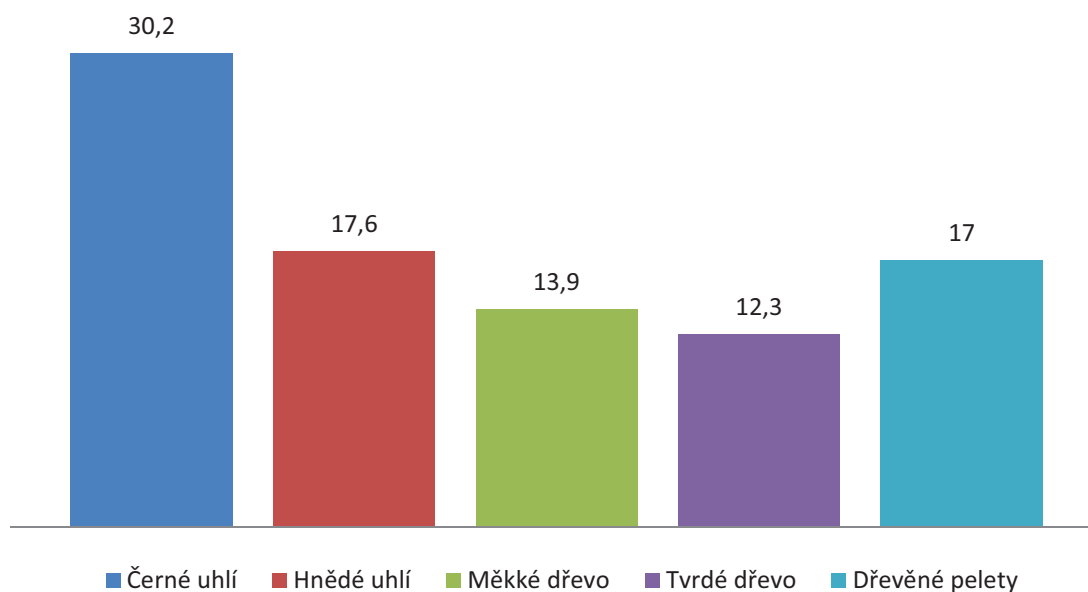
Plynové kotle dělíme podle různých kritérií:

- Rozdělení podle druhu:
 - stacionární (na podlaze či soklu), závěsné (na zdi)
 - ocelové, litinové článkové, jiné, kombinace materiálů, speciální materiály
 - kotel klasický:
 - Kotel, který je navržen pro provoz se suchými spaliny, přičemž nejnižší dovolená teplota vstupní vody bývá omezena hodnotou 60 °C. Po většinu topného období pracuje s konstantní teplotou kotlové vody. Účinnost cca do 88 %.
 - kotel nízkoteplotní:
 - Kotel, který je navržen pro provoz se suchými spaliny, přičemž může pracovat i s teplotami vstupní vody 35 až 40 °C; za určitých podmínek v kotli může docházet ke kondenzaci. Po většinu otopného období pracuje s proměnnou teplotou kotlové vody. Účinnost cca do 92 %.
 - kotel kondenzační:
 - Účelem kondenzačního provozu je v maximální míře využívat kondenzace odchozích spalin, k dalšímu ohřevu vratné vody s teplotami vstupní vody standardně 35 až 40 °C. Účinnost cca do 106 %.
- Podle počtu výkonových stupňů hořáku (regulace výkonu):
 - jednostupňové, dvoustupňové (dva výkonové stupně, nejčastěji 50 % a 100 % výkonu), plynulá modulace výkonu v rozsahu nastaveného min. – max.

- Podle způsobu přívodu spalovacího vzduchu a odvodu spalin (např. ČSN EN 1749):
 - kategorie A:
 - Vzduch pro provoz spotřebiče se přivádí z prostoru, kde je spotřebič instalován a spaliny jsou odváděny do téhož prostoru.
 - kategorie B:
 - Vzduch pro provoz spotřebiče se přivádí z prostoru, kde je spotřebič instalován, a spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru do komína, kouřovodu s funkcí komínu.
 - kategorie C:
 - Vzduch pro provoz spotřebiče se přivádí z venkovního prostoru a spaliny jsou rovněž odváděny do venkovního prostoru.
- Podle způsobu ohřevu teplé užitkové vody (TUV):
 - kotle bez ohřevu TUV, určené pouze pro vytápění, kotle s průtokovým ohřevem TUV, tzv. kombinované, kotle pro akumulární přípravu TUV, a to: s vestavěným zásobníkem TUV, nebo s možností připojení externího závěsného či stacionárního nepřímotopného zásobníku.[6]

2.3 Vytápění a ohřev TUV pomocí tuhých paliv

Neustálé zvedání cen plynu a elektrické energie spolu se zaváděním nových směrnic a norem EU zvyšuje nároky na teplovodní kotle z hlediska produkce emisí a účinnosti provozu a má za následek návrat k tradičnějším způsobům vytápění v moderní podobě. Z tohoto pohledu je nutné do budoucna preferovat především nejmodernější technologie spalování v automatických kotlích. Mezi hlavní kritéria výběru způsobu vytápění v dnešní době patří cena paliva, dostupnost paliva, účinnost kotle a komfort obsluhy.[7]



Obr. 4 Předpoklady o výhřevnosti porovnávaných paliv[7]

Kotle se vyrábějí v rozsahu výkonů 10 kW až několik MW, přičemž všechny dnes vyráběné kotle mají široký rozsah regulace výkonu. Určité technické zásady řešení jsou společné všem kotlům a jejich účelem je zajistit hospodárný a spolehlivý provoz pokud možno po celou dobu životnosti.

Převážná většina v současné době vyráběných kotlů je automatických. Mnohé jsou doplněny o zařízení zvyšující jejich účinnost či hospodárnost provozu (směšovací ventily, akumulární nádrže). Konstrukcí, tvarem, vybavením, výkonem a dalšími technickými parametry se však kotle jednotlivých výrobců od sebe vždy poněkud liší.[8]

Nejrozšířenější typy kotlů:

- Litinové kotle patří mezi nejlevnější a nejrozšířenější. Převážně se jedná o kotle s ruční dodávkou paliva s prohořivacím způsobem spalování. Spaliny procházejí celou vrstvou paliva a to postupně v násypce prohořívá celé. Výkon se dá regulovat prakticky pouze výškou, tj. množstvím paliva v násypce a regulací sání spalovacího vzduchu. Vzhledem k velkému množství žhavého paliva je však možnost regulace značně omezena. Tyto kotle byly původně konstruovány pro spalování koksů. Vhodné jsou pouze pro paliva s nízkým obsahem prchavých látek, jako je koks, černé uhlí, respektive velké kusové dřevo, které uvolňuje prchavé látky postupně a dlouho nahořívá. V žádném případě nejsou vhodné pro spalování hnědého uhlí. Toto palivo rychle nahořívá v celé vrstvě, rychle uvolňuje prchavé látky. Nevyžadují odtahový ventilátor, vhodné tam, kde je komín s malým tahem. [9]
- Ocelové kotle s ruční dodávkou paliva jsou převážně kotle odhořivací s posuvným roštem. Palivo odhořívá ve spodní části násypky a spaliny jsou odváděny do výměníku mimo vrstvu paliva v násypce, což umožňuje spalování hnědého uhlí a drobnějšího kusového dřeva, dřevního odpadu a briket. Vzhledem k tomu, že nenahořívá celá vrstva paliva v násypce, lze tyto kotle snáze řídit regulací tahu přísáváním primárního a sekundárního vzduchu. Vyžadují komín s tahem větším než 25 Mbar. [9]
- Ocelové kotle speciální, tzv. zplynovací, jsou kotle odhořivací převážně s odtahovým ventilátorem s poměrně vysokou účinností spalování. Konstruovány jsou především na kusové dřevo a brikety o vlhkosti do 20 %. Existují však také kotle pro kombinované spalování uhlí (kostka) a dřeva. Jejich reálná účinnost se pohybuje na hranici 75 %. [9]
- Automatické kotle jsou kotle se samočinnou dodávkou paliva, převážně ocelové s nuceným i přirozeným odtahem spalín. Určeny jsou především pro paliva o velikosti do 3 cm, tedy uhlí zrnitosti ořech 2 a 3 a pelet. Převládají dva základní druhy těchto kotlů, tzv. bubnové a retortové. U prvních bubnový rošt průběžně odebírá palivo z násypky a jsou vybaveny velkými odtahovými ventilátory. U druhých je palivo naopak periodicky odebíráno ze zásobníku šnekovým podavačem.[9]

Současným trendem je použití malých kotlů na tuhá paliva jako doplněk k plynovému nebo elektrickému vytápění. Trh nabízí nepřeberné množství různých produktů. Mezi nejžádanější patří tyto:

- Krbová kamna
 - Jednoplášťová, dvouplášťová, litinová, s druhým spalováním
- Krbové vložky
 - Jednoplášťové
 - Dvouplášťové, s bezroštovým spalovacím prostorem (s druhým spalováním), celolitinové krbové vložky, ocelové, isertní, kazetové
- Kachlová kamna
 - Lehká, Polotěžká, Akumulační

Všechny tyto varianty jsou dodávány jak s výměníkem na teplou vodu, tak bez něj. U vybraných druhů můžeme dále připojit příslušenství jako je trouba, teplovodní a teplovzdušné rozvody. [10]

2.4 Vytápění a ohřev TUV centrálním přívodem tepla

Centrální zásobování teplem je systém dodávek tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, kde je teplo vyráběno centrálně a rozváděno teplotrenskými sítěmi odběratelům do větších územních celků, městských čtvrtí, sídlišť nebo průmyslových zón. Jako každý zdroj má i centrální zásobování teplem své výhody a nevýhody.

- Výhody
 - Bezpečnost (zdroj je mimo obytný objekt)
 - Bezobslužnost (pro koncového uživatele)
 - Jeden zdroj emisí, mimo obytnou zónu (centralizace, dokonalejší čištění spalin, jakož i přísnější požadavky na jejich čistotu)
 - Odpadávají ztráty při nabíhání technologie.
- Nevýhody
 - Vyšší cena tepla (záleží, jaké je primární palivo)
 - Velké ztráty tepla při přenosu od teplárny ke koncovému uživateli (většinou v zastaralých rozvodech CZT)
 - Při poruše nezůstane bez tepla pouze jedena domácnost[11]

Celá soustava centrálního vytápění a ohřevu TUV funguje díky zdroji tepla. Zdrojů tepla máme v současné době velké množství. Výroba tepla může být v kombinované formě doprovázena i výrobou elektrické energie. V základním principu je každá elektrárna teplárnou a každá teplárna elektrárnou. Pomocí izolovaného potrubí je teplo přenášeno v primárním okruhu. Zde lze vytápět i velké průmyslové objekty. Výměníková stanice zajišťuje rozvod tepla do vzdálenějších oblastí, to nazýváme sekundární okruh, kde se doporučuje připojovat pouze obytné jednotky.

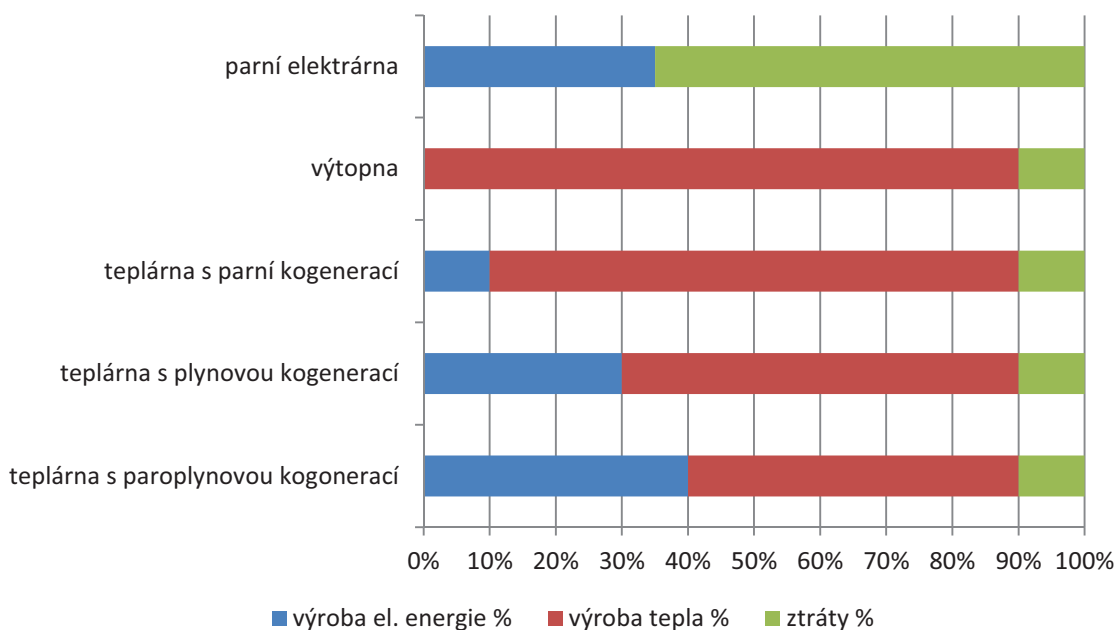
Technologie pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (kogenerace) jsou značně různorodé co do použitého fyzikálního principu i velikosti zařízení. Elektrický výkon největších zařízení se počítá ve stovkách megawatt, zatímco u nejmenších (tzv. mikrokogenerace) jsou to jen desítky nebo dokonce jednotky kilowatt, což je srovnatelné s výkonem domácího vysavače. Společným jmenovatelem však stále zůstává využití tepla z výroby elektřiny, které by jinak přišlo vniveč. Kogenerací ušetříme cca 10 % paliva oproti jejich oddělené výrobě. Jako palivo lze využít téměř všechny dostupné energetické zdroje:

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

Fosilní paliva (tuhá, kapalná i plynná), jadernou energii (dodávky tepla z jaderných elektráren), biomasu, komunální a jiné odpady, geotermální energii[12]

Mezi hlavní zdroje tepla a elektrické energie v kombinovaném cyklu patří:

- Uhelné teplárny, paroplynové teplárny, kogenerační motor



Obr. 5 Rozdělení tepla přivedeného v palivu na výrobu elektřiny, tepla a tepelné ztráty v jednotlivých typech kombinované a oddělené výroby.[13]

Teplo lze přenášet pomocí různých médií:

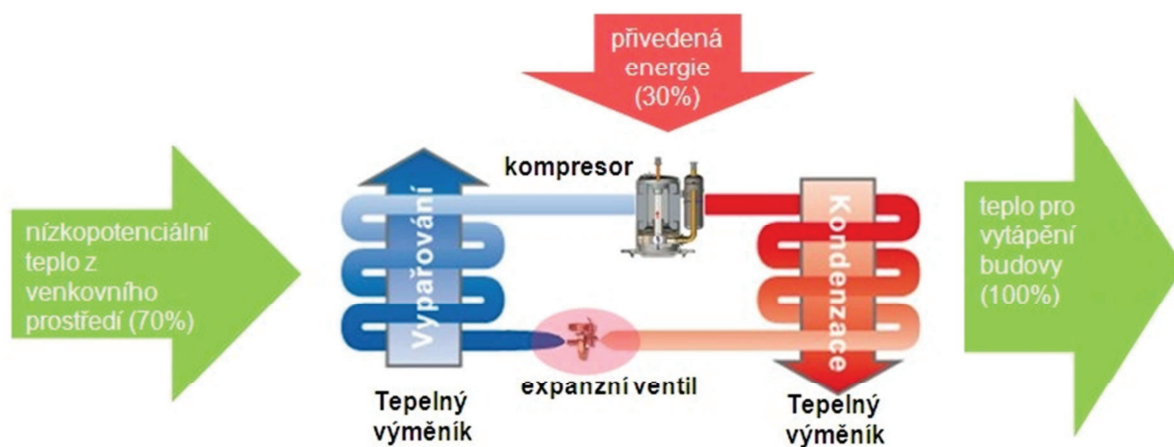
- Parní tepelná síť - kde teplonosné médium je vodní pára (z důvodů vysokých ztrát jsou tyto sítě postupně nahrazovány horkovodními a teplovodními)
- Horkovodní tepelná síť - kde teplonosným médiem je voda o teplotě nad 110 °C.
- Teplovodní tepelná síť - kde teplonosným médiem je voda o teplotě do 110 °C.[14]

3 Tepelná čerpadla

Princip tepelného čerpadla byl popsán již v minulém století anglickým fyzikem lordem Kelvinem. Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie. Umožňují odebírat teplo z vody, vzduchu a geotermální energie, převádět ho a následně účelně využít pro vytápění nebo přípravu teplé vody. Prakticky dochází k tomu, že prostředí ochladíme o několik málo stupňů, čímž odebereme teplo a tuto energii využijeme při ohřevu jiné látky v naší topné soustavě.[15]

Zařízení pracuje obdobně jako obyčejná domácí chladnička. Jde o chladicí zařízení, které je primárně určeno k produkci tepla, nikoliv ke chlazení. Výměníkem tepla na své zadní straně chladnička hřeje, vytápí naši kuchyni. Zbavuje se tak tepla, které převedla z nižší hladiny (+5 až +10°C uvnitř chladničky) na hladinu vyšší (asi +30°C na povrchu tepelného výměníku).

Činnost tepelného čerpadla je založena na pochodech se změnou skupenství, v závislosti na tlaku pracovní látky, jež se nazývá chladivo. Ve výparníku chladivo za nízkého tlaku a teploty odnímá teplo ochlazované látky (zdroji nízkopotenciálního tepla), dochází k varu a kapalné chladivo přiváděné do výparníku se postupně mění v páru. Páry chladiva jsou u výparníku odsávány, stlačeny na kondenzační tlak a v kondenzátoru předávají kondenzační teplo ohřívané látce a mění své skupenství na kapalné. Kapalné chladivo je po snížení tlaku přiváděno zpět do výparníku, kde doplňuje vypařené chladivo. Tím je oběh uzavřen. [16]



Obr. 6 Schéma principu tepelného čerpadla[17]

3.1 Geotermální energie

Jde o nejstarší energii na naší planetě. Geotermální energie je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Jejími projevy jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony. Využívá se ve formě tepelné energie (pro vytápění), či pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. Obvykle se řadí mezi obnovitelné zdroje energie. [18]

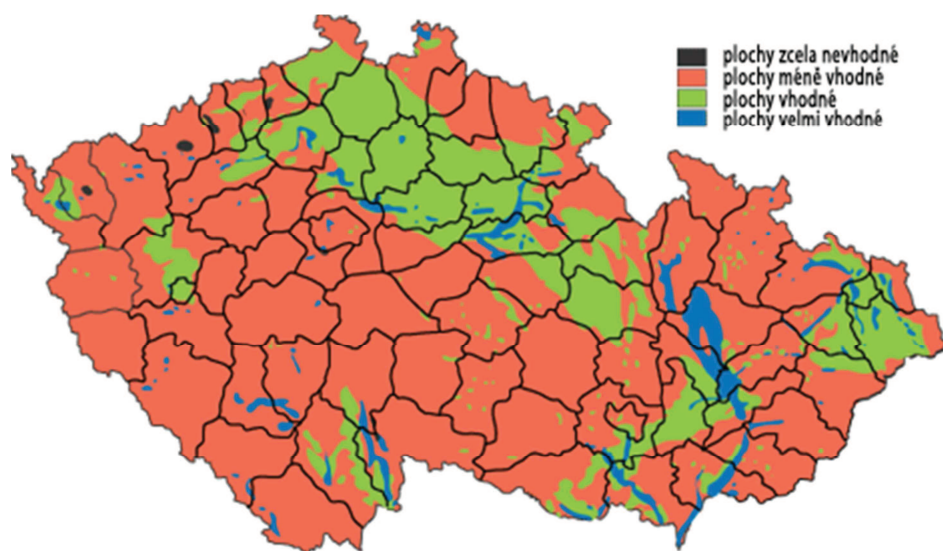
Z hlediska využití se rozlišují čtyři kategorie:

- energie z hydrotermálních zdrojů vysoké teploty (>130 °C) pro výrobu elektrické energie
- energie tepla hornin („suché zemské teplo“) vysoké teploty (>130 °C) pro výrobu elektrické energie

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

- energie z hydrotermálních zdrojů vyšší teploty ($<130\text{ }^{\circ}\text{C}$) pro výrobu tepla
- geotermální energie pro nízkoteplotní systémy (tepelná čerpadla)

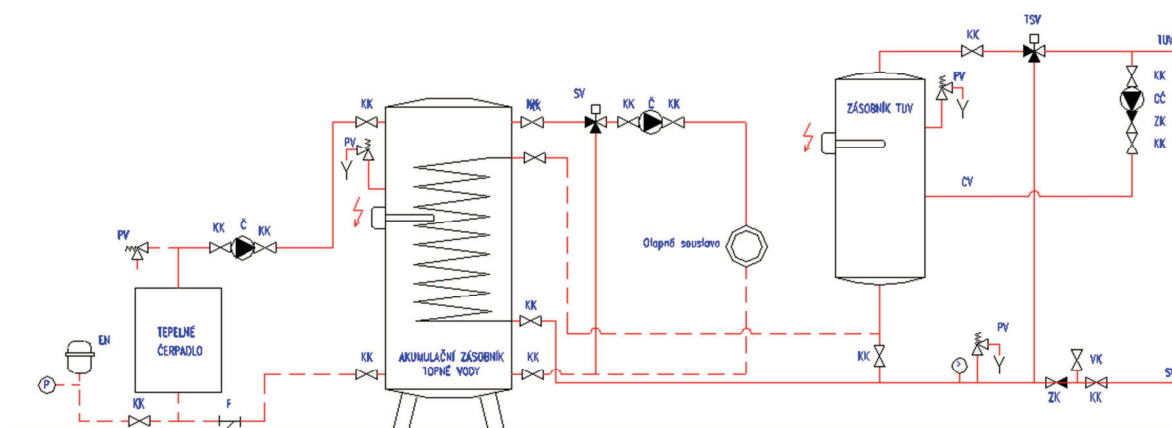
Průměrný tepelný tok (množství tepla, které projde jednotkovou plochou na zemském povrchu) na Zemi je $60 \pm 10\text{ mW/m}^2$. [20]



Obr. 7 Potenciál pro využití geotermální energie v ČR[21]

Obecně lze ze zemských vrtů využívat nízkopotenciální i vysokopotenciální teplou vodu. Celkový instalovaný výkon geotermálních elektráren ve světě se odhaduje na 10000 MW. Na rozdíl od většiny jiných typů elektráren, jako je jaderná elektrárna nebo elektrárna spalující fosilní paliva, nepotřebují geotermální elektrárny žádné palivo. Jejich nevýhodou je, že jsou dostupné pouze na některých místech zemského povrchu. [22]

3.2 Schéma zapojení tepelného čerpadla



Obr. 8 Tepelné čerpadlo zapojené v monoenergetickém provozu pro vytápění a přípravu TUV[23]

Legenda:

KK – kulový kohout

Č – čerpadlo

ZK – zpětný kohout

TSV – termostatický směšovací ventil

EN – expanzní nádoba

F – filtr

VK – vypouštěcí kohout

PV – pojistný ventil

SV – směšovací ventil

CČ – cirkulační čerpadlo

Tepelné čerpadlo je nadimenzováno na 50 až 70 % tepelných ztrát objektu (pracuje na maximální výkon delší dobu, zkracuje se doba návratnosti). Akumulační zásobník slouží pro hydraulické oddělení otopné soustavy od tepelného čerpadla a umožňuje provozovat tepelné čerpadlo při stálých podmínkách, tepelné čerpadlo nemusí často spínat (prodloužení životnosti).

Příprava TUV je realizována dvoustupňově. První stupeň je průtokový přehřev v akumulacím zásobníku. Druhý stupeň je dohřev v zásobníku TUV elektrickou topnou patronou.

V době nedostatečného množství energie z TČ se spíná elektrická topná vložka v akumulacím zásobníku (bivalentní provoz).[23]

3.3 Topný faktor

Topný faktor slouží pro porovnání efektivity provozu tepelných čerpadel. Je to bezrozměrné číslo, které lze přirovnat k účinnosti udávané běžně u ostatních zdrojů tepla. Většinou se hodnota topného faktoru pohybuje v rozsahu 2,5 - 4 a čím je toto číslo větší, tím je provoz tepelného čerpadla efektivnější. Matematicky topný faktor udává poměr získané tepelné energie a spotřebované elektrické energie. Hodnota 3 tedy znamená, že dodáním 1 kWh elektrické energie získáme 3 kWh tepelné energie pro vytápění. Okamžitá hodnota topného faktoru se neustále mění podle provozních podmínek, a proto se pro celkové hodnocení používá tzv. provozní (nebo také průměrný) topný faktor za celou topnou sezónu.

Dnes běžně dosahovaná hodnota topného faktoru je minimálně 3. Při výběru tepelného čerpadla od různých výrobců, podle topného faktoru, je třeba dávat pozor, aby byly shodné provozní podmínky, při kterých daný topný faktor platí.[24]

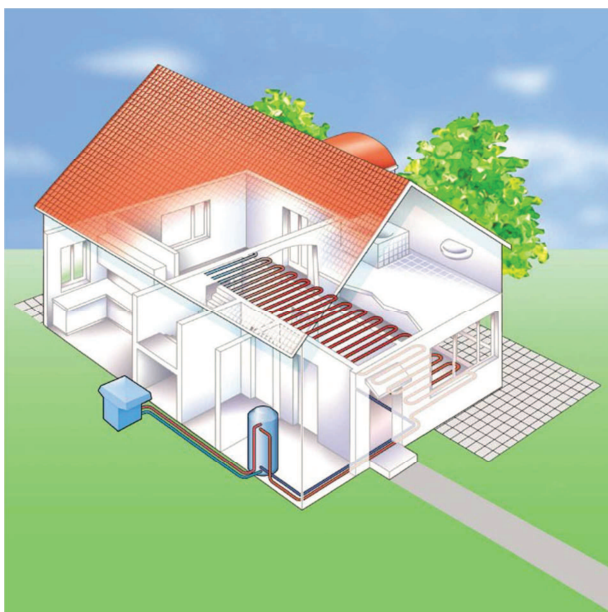
3.4 Druhy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla se vždy zkráceně označují podle toho, odkud teplo odebírají a jaké látce teplo předávají. Prakticky to znamená, že např. tepelné čerpadlo vzduch/voda odebírá teplo z okolního vzduchu a předává teplo vodě do topného systému. Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch předává teplo vnitřnímu vzduchu a je tedy určeno pro teplovzdušné vytápění nebo klimatizaci. Nejobvyklejší kombinace jsou vzduch/voda, vzduch/vzduch, voda/voda, země/voda. Tepelná čerpadla země/voda a voda/voda jsou totožná a liší se pouze ve venkovní části, která získává energii ze země nebo z vody. Tato část ale není součástí tepelného čerpadla od výrobce a dodává ji většinou montážní firma až při realizaci. [25]

3.4.1 Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda

Tepelná čerpadla vzduch/voda používají jako zdroj tepla okolní vzduch, zpravidla venkovní. Tato čerpadla představují kvalitní zdroj vytápění s nízkými pořizovacími náklady, jednoduchou instalací a dobrou návratností. Tepelná čerpadla vzduch/voda je vhodné navrhovat na cca 80 % tepelných ztrát budovy. Dojde tak k finanční úspoře při pořízení, předejde se nežádoucím častým startům tepelného čerpadla v době vyšších venkovních teplot. Finanční ztráta způsobená bivalentním elektrodohřevem v extrémně nepříznivých mrazivých dnech není z hlediska celkové roční spotřeby příliš významná. [26]

- **Výhody**
 - Tepelná čerpadla vzduch/voda mají nízké provozní náklady v porovnání s elektrickým nebo plynovým topením
 - Systémy vzduch/voda se instalují jednoduše a rychle, s minimálními nároky na prostor
 - Tepelná čerpadla vzduch/voda mají nižší investiční náklady než tepelná čerpadla s vrtvy
 - Systém vzduch/voda je velmi vhodný pro vytápění sezonních bazénů
- **Nevýhody**
 - Tepelná čerpadla vzduch/voda mají vyšší provozní náklady než systémy země/voda, a to hlavně při nízkých venkovních teplotách, kdy se topný faktor značně snižuje.
 - Při nízkých venkovních teplotách mají tepelná čerpadla vzduch/voda snížený výkon a výstupní teplotu topné vody.
 - Díky vyššímu namáhání kompresoru mají tepelná čerpadla odebírající teplo ze vzduchu kratší životnost než tepelná čerpadla odebírající teplo ze země nebo vody.[27]



Obr. 9 Náhled tepelného čerpadla typu vzduch/voda[28]

3.4.2 Tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z venkovního vzduchu. Vzduch je nasáván do venkovní jednotky tepelného čerpadla, kde je z něj získáno teplo, a to je následně použito pro ohřev vzduchu uvnitř vytápěné budovy. Pokud má tepelné čerpadlo jednu vnitřní jednotku, funguje podobně jako krb. Vytápí jednu místnost, ale teplo se přirozeně šíří po celém domě. Díky tomu, že toto tepelné čerpadlo ohřívá vzduch v místnosti přímo, bez prostřednictví topného systému, dosahuje výrazně lepších topných faktorů než klasická tepelná čerpadla vzduch/voda a země/voda. [29]

- **Výhody**
 - Konstruktivně jednoduché zařízení pro vytápění objektů teplým vzduchem
 - V letním období funguje tepelné čerpadlo jako klimatizace s nízkými náklady

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

- Ve spojení se vzduchovými rozvody a filtry slouží zároveň jako úsporná ventilace s filtrací vzduchu, vytváří tedy zdravé prostředí vhodné i pro alergiky
 - Integrací do systému teplovzdušného vytápění s rekuperací teplého vzduchu dosáhneme ekonomicky výhodného a maximálně účinného teplovzdušného vytápění a klimatizace spojeného s nucenou obměnou vzduchu
 - Instalace tohoto typu tepelného čerpadla je velmi rychlá a nezasahuje zásadním způsobem do konstrukce domu a okolního terénu
- Nevýhody
- Teplovzdušným systémem vytápění nelze ohřívat vodu pro mytí nebo v bazénu - pro její ohřev je nutný jiný topný agregát pracující na odlišném principu
 - Potřeba instalace teplovzdušných rozvodů - zpravidla vedených pod stropem nebo nad stropními podhledy[30]



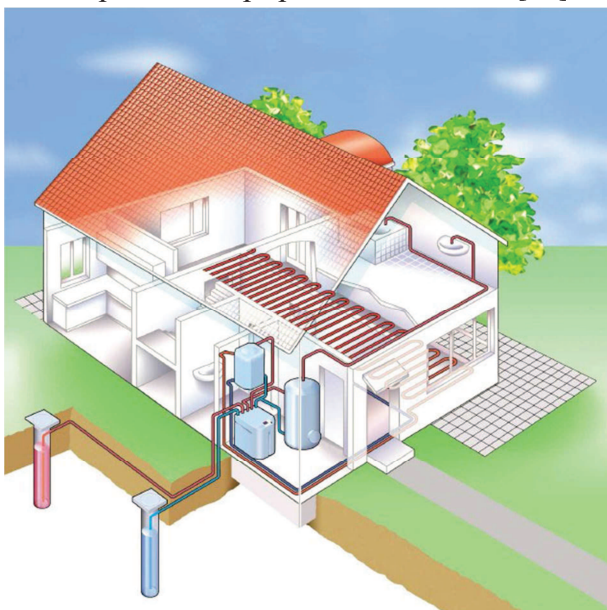
Obr. 10 Možnosti zapojení tepelného čerpadla typu vzduch/vzduch[30]

3.4.3 Tepelné čerpadlo typu voda/voda

Jako zdroj tepla tepelného čerpadla typu voda/voda je možno použít jak povrchovou, tak podzemní vodu. Povrchová voda se hodí pouze ve výjimečných případech. Vzniká ohrožení znečištěním a nebezpečí, že bude teplota v průběhu roku kolísat (tání sněhu). Podzemní voda má v průběhu roku konstantní teplotu, která je přibližně s 10°C poměrně vysoká. Soustavu tepelného čerpadla je možno používat monovalentně. Je třeba mít na zřeteli vyšší pořizovací náklady, neboť pro využívání spodní vody je nutno vrtat studny jak vratné, tak sací vody. Při takovém užívání spodní vody vzniká povinnost úředního ohlášení u vodohospodářských úřadů. [31]

- Výhody
- Nejvyšší topný faktor a tedy nejvyšší účinnost ze všech druhů tepelných čerpadel
 - Nejvyšší úspory za vytápění při použití tohoto tepelného čerpadla a nízkoteplotního otopného systému
 - Nejvyšší dosažitelná teplota vody v otopném systému - vhodná i pro otopná tělesa (např. radiátory)
 - I v mimořádně chladných dnech se obejdou bez přitápění jiným topidlem
 - Nejnižší spotřeba elektrické energie ze všech tepelných čerpadel
 - Nejnižší hlučnost ze všech typů tepelných čerpadel - neobsahují hlučné ventilátory
- Nevýhody
- Nejvyšší náklady na vybudování kolektorů – studní
 - Potřeba odpovídající plochy volného pozemku

- Potřeba zemních prací spojených s vybudováním studní
- Potřeba stavebního povolení v případě vrtání studní [32]



Obr. 11 Náhled tepelného čerpadla typu vzduch/voda[33]

3.4.4 Tepelné čerpadlo typu země/voda

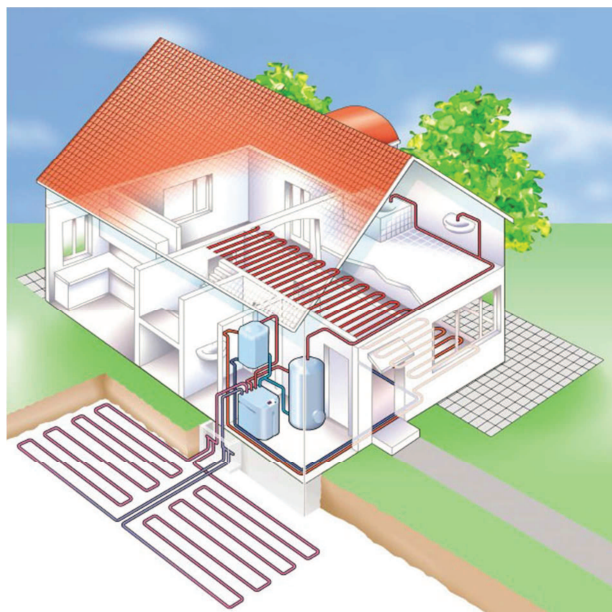
Země je obrovský přírodní akumulátor energie. Přijímá tepelnou energii ze Slunce, ale také vydává a akumuluje vlastní energii pocházející ze zemského jádra. Díky akumulární schopnosti půdy je teplota již několik decimetrů pod povrchem země poměrně stabilní a není závislá na aktuálním počasí, denní či roční době. Tepelná čerpadla země/voda dokážou právě tuto akumulovanou energii zužítkovat. [34]

➤ Zdrojem tepla je země za pomoci zemních kolektorů (Obr. 12a)

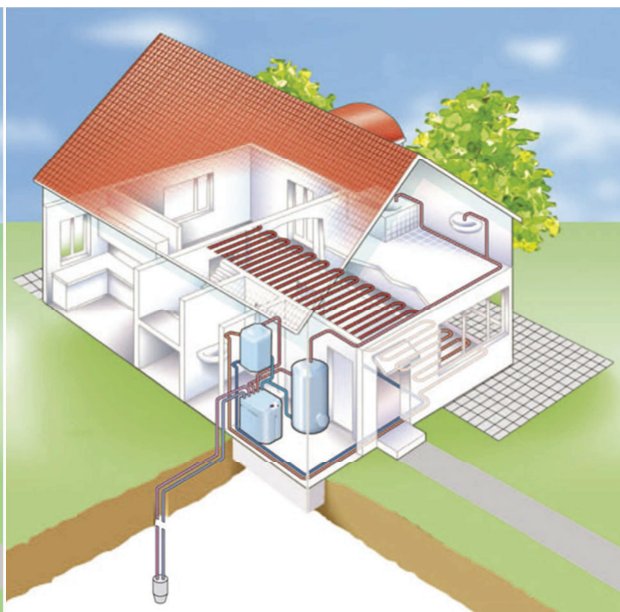
V hloubce od 1,2 do 1,5 m je země i v chladných dnech dostatečně teplá, aby mohla být TČ hospodárně provozována. Předpokladem však je, aby byl k dispozici dostatečně veliký pozemek k položení potrubního systému, který bude teplo ze země odvádět. Měrný výkon kolektorů se pohybuje kolem 40 W/m² u půdy s výskytem spodní vody a 10 až 15 W/m² u suchých, písčitých půd. Trubkami protéká taková nemrznoucí směs, která je pro životní prostředí nezávadná a předává teplo výparníku TČ, jak je schematicky znázorněno na obrázku. Skutečností je, že je zapotřebí plocha pozemku 2-3krát větší jako vytápěná plocha. Pokud tomu tak je, pak je zde nevyčerpatelný energetický zdroj a ideální předpoklad pro použití TČ země/voda. [35]

➤ Zdrojem tepla je země pomocí hloubkových vrtů (Obr. 12b)

Jde o svislé zemní sondy na jímání tepla, které na rozdíl od potrubních kolektorů vyžadují jen málo místa a které se pomocí vrtných zařízení dají umístit do hloubky až 100 m. Tyto zemní sondy sestávají z patky sondy a ze svislých souvislých trubek z polyetylenu, jak je znázorněno na obrázku. Podobně jako u zemních kolektorů cirkuluje systémem nemrznoucí směs, která teplo zemi odnímá. Měrný výkon sond je závislý na složení půdy a pohybuje se mezi 30 a 100 W na metr zemní sondy. Podle typu čerpadla a podle jakosti půdy se pro jedno vytápěcí zařízení zřídí případně více vrtů. [35]

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

Obr. 12a Náhled tepelného čerpadla typu země/voda – zemní kolektor [35]



Obr. 12b Náhled tepelného čerpadla typu země/voda – hloubkový vrt [35]

- Výhody tepelných čerpadel země/voda
 - Vysoký topný faktor a tedy i vysoká účinnost
 - Značné úspory za vytápění při použití tohoto tepelného čerpadla a nízkoteplotního otopného systému
 - Vysoká dosažitelná teplota vody v otopném systému - vhodná i pro otopná tělesa (např. radiátory)
 - I v mimořádně chladných dnech se obejdou bez přitápění jiným topidlem
 - Nízká spotřeba elektrické energie
 - Nízká hlučnost - neobsahují hlučné ventilátory
- Nevýhody tepelných čerpadel země/voda
 - Vysoké náklady na vybudování sběračů tepla - zemních kolektorů nebo vrtů
 - Potřeba odpovídající plochy volného pozemku
 - Potřeba zemních prací spojených s vybudováním zemního kolektoru nebo vrtů
 - Potřeba stavebního povolení v případě provádění vrtů[34]

4 Návrh tepelné soustavy

4.1 Zadání vstupních dat

Cílem je vybrat tepelné čerpadlo pro celoroční vytápění a ohřev TUV v rodinném domě pro tři až čtyři osoby.

Potřebu tepla pro vytápění a ohřev teplé vody modelují pomocí výpočtové tabulky uvedené na TZB – info v Příloze I. [36]

Typizovaný dům se nachází na celkové zastavěné ploše 90 m². V přízemí se nachází kuchyně, obývací pokoj, větší ložnice a koupelna. V prvním patře (podkroví) jsou dvě menší ložnice. Rozloha pozemku je cca 500 m².

Dům se nachází v Jihomoravském kraji ve městě Vyškově. Pro danou oblast se počítá s venkovní výpočtovou teplotou $t_e = -12\text{ °C}$. Délka topného období $d = 229$ dní, kde průměrná teplota během otopného období $t_{em} = 3,7\text{ °C}$. Celková tepelná ztráta domu je $Q_c = 6,5\text{ kW}$ a průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 20\text{ °C}$.

Spotřeba teplé vody pro 4 osoby je $V = 0,26\text{ m}^3/\text{den}$. Voda vstupující do systému má teplotu $t_1 = 10\text{ °C}$ a je ohřívána na teplotu $t_2 = 55\text{ °C}$. Z důvodu, že se jedná o novostavbu, jsem zvolil koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody $z = 0,3$. Výpočet jsem provedl s měrnou tepelnou kapacitou vody $c = 4200\text{ J/kgK}$ a hustotou $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$.

Pomocí výpočtové tabulky jsem vypočítal roční spotřebu energie na vytápění

$$Q_{vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 15\text{ MWh}/rok \quad (1)$$

při tepelných ztrátách domu 6,5 kWh. Denní spotřeba energie na ohřev TUV je

$$Q_{TUV} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 17,7\text{ kWh}/den \quad (2)$$

při tepelné náročnosti 3 kWh. Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody je tedy $Q = 20,6\text{ MWh}/rok$ při celkové tepelné ztrátě 9,5 kW. [36]

4.2 Volba tepelného čerpadla

Výsledný výběr provedu ze čtyř základních typů tepelných čerpadel, v pořadí vzduch/voda, vzduch/vzduch, voda/voda, země/voda. Z nabízených produktů (Tab. 3) jsem od každého typu vybral vždy jedno tepelné čerpadlo. Náklady na vytápění a ohřev vybraných tepelných čerpadel porovnám s náklady na vytápění a ohřev pomocí zemního plynu.

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel**Tab. 3** Výběr z nabízených produktů

a) vzduch/voda				
Čerpadlo	Dodavatel	Max. výkon kW	Topný faktor	Cena v Kč (bez DPH)
BoxAir-26Z ¹⁾	AC HeatingConvert[37]	10,6	3,1	159 900
F2026-10	NIBE Industrier AB [38]	10	2,92	190 000
IVT IDU 11	Tepelná čerpadla IVT [39]	10,5	3,2	186 000
b) vzduch/vzduch				
Čerpadlo	Dodavatel	Max. výkon kW	Topný faktor	Cena v Kč (bez DPH)
Panasonic ETHEREA KIT-E24PKEW	KLIMA RAPID, spol. s r.o. [40]	8,6		79 600
Daikin COMFORT 7,0 kW	KLIMA RAPID, spol. s r.o. [41]	8,2		37 750
MU5M30 ²⁾	LG[42]	10,1		48 552
c) voda/voda				
Čerpadlo	Dodavatel	Max. výkon kW	Topný faktor	Cena v Kč (bez DPH)
9W	Spirála [43]	9,6	5,1	120 000
WW 11	IVAR CS[44]	11,01	5,46	170 430
AquaMaster_22Z ³⁾	MasterTherm[45]	10,4	4,5	146 900
d) země/voda				
Čerpadlo	Dodavatel	Max. výkon kW	Topný faktor	Cena v Kč (bez DPH)
F1126 -11 ⁴⁾	NIBE Industrier AB [46]	11,1	4,55	140 000
BW 10	IVAR CS[47]	10,74	4,31	172 710
IVT Greenline HA E11/C11	Tepelná čerpadla IVT s.r.o.[48]	10,3	4,4	194 000

¹⁾Tepelné čerpadlo vybráno pro a) vzduch/voda²⁾Tepelné čerpadlo vybráno pro b) vzduch/vzduch³⁾Tepelné čerpadlo vybráno pro c) voda/voda⁴⁾Tepelné čerpadlo vybráno pro d) země/voda

Pozn.: Ceny platné k 11.4.2013

4.3 Cenová kalkulace

K pořizovacím nákladům samotného tepelného čerpadla je nutné připočítat náklady na uvedení do provozu. Ve vyčíslení zanedbám prvky, které se vyskytují ve všech variantách mnou navrhovaných tepelných soustav.

Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda ke své činnosti nepotřebuje žádné další technické prvky.

Tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch nám slouží výhradně k vytápění. Ohřev TUV je potřeba vyřešit jinou metodou, například elektrickým bojlerem.

U tepelného čerpadla typu voda/voda je nutné mít k dispozici zdroj vody. To lze zajistit volným přístupem k vodní hladině, a to jak vody stojaté, tak tekoucí. Tato možnost je u nás celkem problémová, proto se ve většině případů volí možnost druhá – vyhloubení

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

studny. Ke správné funkci je potřeba jedna studna na odebrání teplé vody a druhá, do které se vrací voda ochlazená. Hloubka studny je minimálně 10 m. [52]

Tepelné čerpadlo typu země/voda odebírá geotermální energii z půdy. První možnosti jsou zemní kolektory. Plocha zemního kolektoru je asi 40 m² na 1 kWh výkonu. Mnou potřebná plocha na umístění zemních kolektorů je: [49]

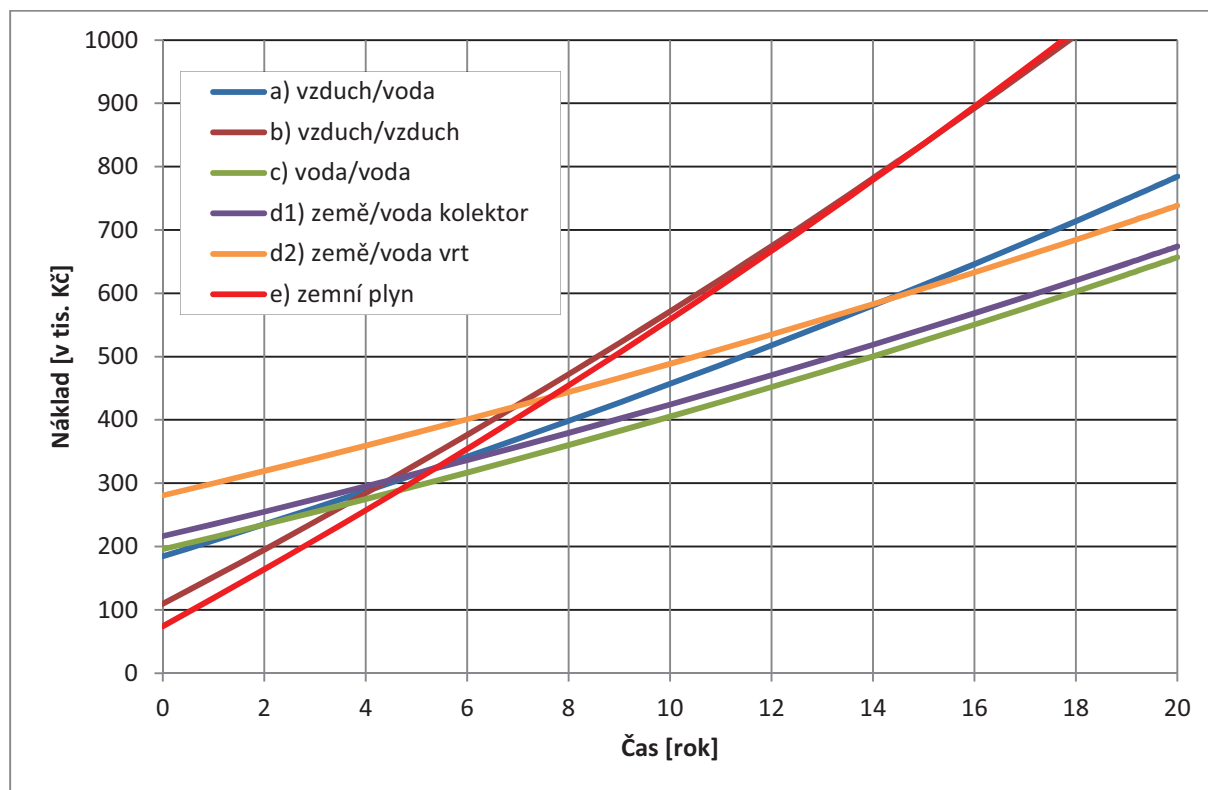
$$S = 40 \text{ m}^2 \cdot 9,6 \text{ kWh} = 384 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Druhou možností jsou hloubkové vrty. Vrty jsou dimenzovány 15 m na 1 kWh výkonu tepelného čerpadla. Pro můj dům budu potřebovat vrt hluboký: [49]

$$H = 15 \text{ m} \cdot 9,6 \text{ kWh} = 144 \text{ m} \quad (4)$$

Tab. 4 Celková cenová kalkulace

a) vzduch/voda			
a) vzduch/voda		Cena/ks	Cena v Kč (bez DPH)
Tepelné čerpadlo - BoxAir-26Z	1 ks	159 900	159 900
CELKEM			159 900
b) vzduch/vzduch			
b) vzduch/vzduch		Cena/ks	Cena v Kč (bez DPH)
Tepelné čerpadlo - MU5M30	1 ks	48 552	48 552
Elektrický bojler - DZD OKCE 250 S/3-6 kW [50]	1 ks	13 874	19 148
CELKEM			67 700
c) voda/voda			
c) voda/voda		Cena/ks/m	Cena v Kč (bez DPH)
Tepelné čerpadlo - AquaMaster 22Z	1 ks	137 900	146 900
Studna[51]	2*15 m	1 000	30 000
CELKEM			176 900
d) země/voda			
d) země/voda		Cena/ks	Cena v Kč (bez DPH)
Tepelné čerpadlo - F1126 -11	1 ks	140 000	140 000
Zemní kolektor [53]	384 m ²	150	57 600
CELKEM			197 600
Tepelné čerpadlo - F1126 -11	1 ks	140 000	140 000
Hloubkový vrt [51]	144 m	850	122 400
CELKEM			262 000

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel**Obr. 133** Porovnání jednotlivých variant vzhledem k nákladům na pořízení a provoz

Na obr. 13 jsou porovnány všechny varianty s vytápěním a ohřevem TUV pomocí zemního plynu. Celý výpočet je uveden v Příloze II. Rokem nula je rok nákupu a instalace zařízení. Z grafu vyplývá, že návratnost tepelného čerpadla vzduch/vzduch a země/voda s vrtem je 8 let a návratnost ostatních typů tepelných čerpadel 4 roky.

5 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést rešerši používaných řešení pro vytápění a ohřev TUV se zaměřením na tepelná čerpadla. V první části byly popsány možnosti vytápění a ohřevu TUV pomocí elektrické energie, zemního plynu, tuhých paliv a pomocí centrálního vytápění. Vytápění a ohřev pomocí elektrické energie má nejnižší pořizovací náklady z výše uvedených způsobů, ale vzhledem k cenám energie nejdražší provoz. Hlavní nevýhodou všech ostatních způsobů vytápění a ohřevu je vylučování oxidu uhličitého a tím pádem negativní vliv na životní prostředí.

Z ekonomických a ekologických důvodů je důležité brát v potaz obnovitelné zdroje energie. Proto se další část zaměřuje na geotermální energii jakožto zdroj tepla pro tepelná čerpadla. Uvedl jsem nejvhodnější oblasti české republiky k instalaci tepelných čerpadel.

Dále jsem popsal čtyři nejběžnější typy tepelných čerpadel, srovnal jejich výhody a nevýhody. Čerpadlo vzduch/vzduch má nejnižší pořizovací náklady, ale kvůli malé účinnosti je potřeba doplnit soustavu o další ohřívač pro ohřev TUV. Čerpadlo vzduch/voda má vzhledem ke zbývajícím typům nejnižší pořizovací náklady, protože jeho instalace nevyžaduje žádné doplňkové náklady v podobě zemních prací. Čerpadlo voda/voda ke své činnosti potřebuje přístup k povrchové nebo podzemní vodě. V České republice ale nejsou pro tento typ čerpadla vhodné přírodní podmínky, proto je k pořizovací ceně potřeba připočítat náklady na vyhloubení studny. Čerpadlo země/voda je nejznámějším a nejpoužívanějším typem. Při pořizování tohoto čerpadla je třeba brát zřetel na prostorovou náročnost zemních kolektorů. V případě nevyhovujících podmínek je možné provést instalaci čerpadla země/voda s vrtem. Tato varianta je sice nákladnější, zato však prostorově nenáročná.

V poslední části jsem provedl ekonomické zhodnocení uvedených typů čerpadel, která jsem instaloval na mnou zvolený vzorový dům. Tento dům je situován ve Vyškově, s pozemkem dostatečně velkým pro instalaci zemních kolektorů. Tepelná ztráta domu je 6 kWh a do výpočtu je potřeba zahrnout denní spotřebu vody (čtyři osoby) 260 l. Tepelná náročnost domu je 15 MWh/rok, k tomu je třeba připočítat 17,7 kWh/den jakožto teplo potřebné pro ohřev vody. Celková tepelná náročnost domu je tedy 20,6 MWh/rok při tepelné ztrátě 9,6 kWh. Pro každý typ tepelného čerpadla jsem z nabídky trhu zvolil jeden konkrétní produkt a pro ten jsem provedl ekonomický výpočet návratnosti investice. Výsledky jsem srovnal s pořizovacími a provozními náklady systému vytápění a ohřevu TUV pomocí zemního plynu, vztaženo na stejný vzorový dům. Výsledkem je graf, ze kterého lze vyčíst, že po 4,75 letech začíná být výhodnější čerpadlo voda/voda. Po 5,5 letech jsou vůči systému vytápění zemním plynem výhodnější tepelná čerpadla země/voda s použitím zemního kolektoru a vzduch/voda. Po 7,75 letech už je výhodnější i tepelné čerpadlo země/voda s použitím hloubkového vrtu. U tepelného čerpadla vzduch/vzduch začne být provoz rentabilní po 15 letech.

Životnost tepelných čerpadel je 10–20 let. Z toho vyplývá, že tepelné čerpadlo vzduch/vzduch je neekonomické, protože v době, kdy začne být výhodnější než vytápění pomocí zemního plynu, končí jeho životnost. Zbývajících tepelná čerpadla jsou všechna rentabilnější než plynový kotel.

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

Porovnáme-li mezi sebou z hlediska výhodnosti všechny typy tepelných čerpadel, zjistíme, že v horizontu 20 let, což je jejich maximální udávaná životnost, je nejvýhodnější tepelné čerpadlo voda/voda.

Závěrem bych dodal, že tepelná čerpadla pracují s obnovitelným zdrojem tepelné energie. Jejich provoz je sice méně nákladný než při použití zemního plynu, ale pořizovací náklady jsou závislé na výkonu tepelného čerpadla, to znamená, čím vyšší potřebný výkon TČ, tím vyšší pořizovací cena. Další významnou položkou pořizovacích nákladů jsou zemní práce, které v případě, že je potřeba TČ o vysokém výkonu, mohou dosáhnout pořizovací ceny tepelného čerpadla. Přesto jsou tepelná čerpadla zejména u moderních nízkoenergetických novostaveb lepší volbou pro vytápění a ohřev TUV než zemní plyn.

6 Použitá literatura

- [1] KABRHEL, Michal. Stavíme energeticky úsporný dům (XIII) - Elektrický ohřev TUV. *TZB-info*[online]. 17.2.2004 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1825-stavime-energeticky-usporny-dum-xiii-elektricky-ohrev-tuv>
- [2] HOTJET CZ, s. r. o. Průtokový ohřev TUV. *TZB-info*[online]. 9.8.2010 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/106458-prutokovy-ohrev-tuv>
- [3] Zemní plyn. *TZB-info*[online]. © 2001-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/zemni-plyn>
- [4] Životní prostředí. O ČPU - Česká plynárenská unie [online]. © 2004-2011 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cpu.cz/zemni-plyn/zivotni-prostredi>
- [5] Zemní plyn. O ČPU - Česká plynárenská unie [online]. © 2004-2011 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cpu.cz/zemni-plyn>
- [6] Zdroje tepla na plyn. *Časopis stavebnictví* [online]. 2007, č. 12 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=510>
- [7] BECHYNĚ, Milan. Ceny paliv a energií: Vývoj cen pevných paliv pro domácnosti v letech 2007-2010. *TZB-info* [online]. 19.9.2011 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/7840-vyvoj-cen-pevnych-paliv-pro-domacnosti-v-letech-2007-2010>
- [8] DUFKA, Jaroslav. Kotle na tuhá paliva (I) - obecná část. *TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Zlín, 6.9.2001 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/651-kotle-na-tuha-paliva-i-obecna-cast>
- [9] LYČKA, Zdeněk. Kotelny s kotli na uhlí a koks. *TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 20.10.2008 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5149-kotelny-s-kotli-na-uhli-a-koks>
- [10] AB Kamna Krba s.r.o. [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.abkamnkrby.cz/>
- [11] Centrální Systémy přípravy a dodávky teplé vody. *Panelové domy* [online]. 15.1.2010 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/41-centralni-systemy-pripravy-a-dodavky-teple-vody>
- [12] Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET, kogenerace). *Teplárenské sdružení ČR* [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.kombinovana-vyroba.cz/>
- [13] BERANOVSKÝ, Jiří. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla. *EkoWATT* [online]. © 2007 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elektřiny-a-tepla>
- [14] Co to je... *Teplárenské sdružení ČR* [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tscr.cz/?lang=cz&pg=0620>
- [15] Tepelná čerpadla. *TZB-info* [online]. © 2001-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://vytapieni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [16] *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: FCC PUBLIC, 2001, s. 111-116. ISBN 80-901985-8-9.
- [17] Jak funguje tepelné čerpadlo. *Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-obchod.cz/informace/page=tepelna-cerpadla-jak-funguji/>
- [18] Geotermální energie. *Skupina ČEZ* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/geotermalni-energie.html>
- [20] Geotermální energie. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. © 2008-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/geotermalni_energie
- [21] KUKLIŠ, Libor. V Litoměřicích chtějí využívat geotermální energii. *Gnosis9.net* [online]. 25.11.2006 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://gnosis9.net/view.php?cislocclanku=2006110006>

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

-
- [22] Vodní elektrárny, geotermální energie. *Alternativní zdroje energie* [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>
- [23] MATUŠKA, Tomáš, Jan SCHWARZER a Bořivoj ŠOUREK. Tepelná čerpadla - teorie a schémata (III). *TZB-info* [online]. 14.11.2005 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2859-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-iii>
- [24] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (III). *TZB-info* [online]. 29.4.2002 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/969-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iii>
- [25] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (II). *TZB-info* [online]. 19.4.2002 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/957-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-ii>
- [26] Vzduch-voda princip. *Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-obchod.cz/informace/page=tepelna-cerpadla-vzduch-voda-princip/>
- [27] Tepelná čerpadla vzduch/voda. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>
- [28] Tepelná čerpadla vzduch / voda WPL. *Vybavení pro domácnosti, průmysl a laboratoře - MVB* [online]. © 2000-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.mvb.cz/produkty/domacnosti/tepelna-cerpadla/vzduch-voda/>
- [29] Tepelná čerpadla vzduch/vzduch. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [30] Tepelná čerpadla vzduch - vzduch. *Instalatéři EKOMPLEX* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla/vzduch-vzduch.php>
- [31] Tepelná čerpadla země-voda: země-voda princip. *Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-obchod.cz/informace/page=zeme-voda-princip/>
- [32] Tepelná čerpadla voda - voda. *Instalatéři EKOMPLEX* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla/voda-voda.php>
- [33] Tepelná čerpadla voda / voda WPF. *Vybavení pro domácnosti, průmysl a laboratoře - MVB* [online]. © 2000-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.mvb.cz/produkty/domacnosti/tepelna-cerpadla/voda-voda/>
- [34] Tepelná čerpadla země - voda. *Instalatéři EKOMPLEX* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla/zeme-voda.php>
- [35] Tepelná čerpadla země / voda WPC. *Vybavení pro domácnosti, průmysl a laboratoře - MVB* [online]. © 2000-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.mvb.cz/produkty/domacnosti/tepelna-cerpadla/zeme-voda/>
- [36] REINBERK, Zdeněk. Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB - info* [online]. 2001-2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [37] MasterTherm tepelná čerpadla. *Tepelné čerpadlo BoxAir* [online]. © 2012 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.mastertherm.cz/tepelne-cerpadlo-boxair>
- [38] Tepelné čerpadlo NIBE F2026. In: *NIBE Industrier AB* [online]. 2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/index.php/cs/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-f2026>
- [39] Tepelné čerpadlo IVT ODU Split. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelne-cerpadlo-ivt-odu-split-vzduch-voda>
-

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

- [40] PANASONIC ETHEREA KIT-E24PKEW. *KLIMA RAPID* [online]. 2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://obchod.klimarapid.cz/nastenne-klimatizace/panasonic-etherea-kit-e24pkew>
- [41] DAIKIN COMFORT 7,0 kW. *KLIMA RAPID* [online]. 2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://obchod.klimarapid.cz/nastenne-klimatizace/daikin-comfort-70-kw>
- [42] Tepelná Čerpadla. *Klimatizace toshiba - klimatizace LG* [online]. 2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.klimatizace-wenzel.cz/tepelna-cerpadla.html>
- [43] Tepelná čerpadla voda-voda. In: *HOTJET* [online]. © 2009, 2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.hotjet.eu/cs/tepelna-cerpadla-voda-voda/hotjet-w-s-deskovymi-vymeniky>
- [44] Tepelné čerpadlo - voda - voda. *IVAR CS* [online]. © 2001-2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/tepelne-cerpadlo-voda-voda-max-55-c-ivar-hp-ww>
- [45] Tepelná čerpadla - voda - voda. *Úsporné vytápění s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.uspornevytapieni.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-voda-voda/aquamaster/>
- [46] Tepelné čerpadlo NIBE F1126. *Tepelná čerpadla NIBE* [online]. 2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/index.php/cs/tepelna-cerpadla-zeme-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-fl126>
- [47] Tepelné čerpadlo - země - voda. *IVAR CS* [online]. © 2001-2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/tepelne-cerpadlo-zeme-voda-max-55-c-ivar-hp-bw>
- [48] IVT PremiumLine EQ. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-greenline-eq-zeme-voda>
- [49] Výpočet výkonu. *Tepelná čerpadla MasterTherm* [online]. © 2011 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.mastertherm.cz/poradna/vypocet-vykonu>
- [50] BOJLER ELEKTRICKÝ STACIONÁRNÍ. *Expos* [online]. 2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.iexpos.cz/1362-okce-250-s-3-6-kw.html>
- [51] Vrtané studny a tepelná čerpadla. *Artemia s.r.o.* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.artemiastudny.cz/>
- [52] Tepelná čerpadla. *SMART ENERGY s.r.o.* [online]. © 2009 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.smart-energy.cz/tepelna-cerpadla.htm>
- [53] Horizontální kolektory. *SOLARENVI a.s.* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.solarenavi.cz/tepelna-cerpadla/typy-tepelnych-cerpadel/zeme-voda-zemni-kolektory/>
- [54] Se smaltovaným bojlerem. *Plynové kotle BAXI* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.baxi.cz/plynove-kotle/sestavy-kotlu/se-smaltovany-bojlerem/>

7 Seznam použitých zkratk a symbolů

TUV - teplá užitková voda

8 Seznam příloh

PŘÍLOHA I. – Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	32
PŘÍLOHA II. – Ekonomický výpočet jednotlivých variant.....	33

Vytápění a ohřev TUV pomocí tepelných čerpadel

Příloha I. – Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Lokalita (Tabulka)		☐ $t_{em} = 12\text{ °C}$ ☒ $t_{em} = 13\text{ °C}$ ☐ $t_{em} = 15\text{ °C}$???	
Město	Vyškov	Délka topného období	d = 229 [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e = -12\text{ °C}$		Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 3.7\text{ °C}$	

☒ Vytápění ☒ Ohřev teplé vody Tepelná ztráta objektu $Q_c = 6,5\text{ kW}$ Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 20\text{ °C}$??? Vytápěcí denostupně $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3733\text{ K.dny}$ Opravné součinitele a účinnosti systému $e_i = 0.85$??? $\eta_o = 0.95$??? $e_t = 0.90$??? $\eta_r = 0.98$??? $e_d = 1.00$??? Opravný součinitel ε ??? ☒ $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$ ☐ $\varepsilon = 0.765$ $Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left\langle \begin{matrix} 53.8\text{ GJ/rok} \\ 15\text{ MWh/rok} \end{matrix} \right\rangle$ Náklady	$t_1 = 10\text{ °C}$??? $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$??? $t_2 = 55\text{ °C}$??? $c = 4200\text{ J/kgK}$??? $V_{2p} = 0.26\text{ m}^3/\text{den}$??? Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.3$??? Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 17.7\text{ kWh}$ Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15\text{ °C}$ Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5\text{ °C}$ Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{matrix} 20.2\text{ GJ/rok} \\ 5.6\text{ MWh/rok} \end{matrix} \right\rangle$ Náklady
--	---

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{matrix} 74\text{ GJ/rok} \\ 20.6\text{ MWh/rok} \end{matrix} \right\rangle$ Náklady

Příloha II. – Ekonomický výpočet jednotlivých variant

Popis výpočtu ekonomické návratnosti:

- Rok (n) – kde rok 0 je rokem uvedení do provozu zařízení
- Celková investice (tab. 4)
- Hotovostní tok v daném roce (CF [Kč])
- Diskont (D): zvoleno $D=0,08$
- Diskontovaný peněžní tok v daném roce (DCF [Kč]):

$$DCF_n = CF \cdot (1 + D)^{-n} \quad (5)$$

- Čistá současná hodnota za dobu (n) trvání investice (Kumulované CF):

$$KCF_n = KCF_{(n-1)} + DCF_n \quad (6)$$

Doplňující informace:

Dodavatelem elektrické energie je Skupina ČEZ a.s. s tarifním pásmem D56d s paušálním poplatkem 525Kč měsíčně, vysokým tarifem 3081,94Kč.MWh⁻¹ a nízkým tarifem 2752,04Kč.MWh⁻¹. Počítám s ročním zvýšením ceny za elektřinu 10%. Ceny jsou platné pro 1.1.2013.

Pro vytápění a ohřev TUV pomocí zemního plynu jsem zvolil sestavu Ecofour 1.14: 6,0 o výkonu 6-14 kW od dodavatele BAXI s cenou 30 490 Kč. **[54]**