

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zhodnocení možnosti použití tepelného čerpadla pro konkrétní objekt

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2013/2014

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

Jméno a příjmení: **Jan DUNDA**
Osobní číslo: **E13B0351P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Zhodnocení možnosti použití tepelného čerpadla pro konkrétní objekt.**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Objasněte princip TČ.
2. Popište jednotlivé systémy a proveďte průzkum trhu s tepelnými čerpadly.
3. Navrhněte možnost vytápění zvoleného objektu pomocí tepelného čerpadla a návrh porovnejte s jinými způsoby vytápění (např. pomocí přímotopů).
4. Posuďte provedený návrh z hlediska energetického, ekonomického a ekologického.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Pavla Hejtmánková, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**


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




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena komplexně na problematiku tepelných čerpadel. V úvodních částech představuje tepelná čerpadla a situaci ekonomického prostředí. V následujících kapitolách je řešena instalace tepelného čerpadla v reálném objektu a zhodnocení této instalace z ekonomického, energetického a ekologického hlediska. Návratnost investice je řešena na reálném případě aplikace tepelného čerpadla.

Klíčová slova

Tepelné čerpadlo, instalace, návratnost investic, výše úspor, vytápění

Abstract

This bachelor thesis is focused on the complex issue of heat pumps. There is an introduction of the heat pumps and of the economic surroundings in the opening parts. There is solved an installation of the heat pump in the real building and evaluation of that installation in the following chapters. The in. Return on investment is dealt with on a real case application of heat pump.

Key words

Heat pump, installation, payback investment, amount of savings, heating

Prohlášení

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

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

.....
podpis

V Plzni dne 1.6.2014

Jan Dunda

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Pavle Hejtmánkové, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky, metodické vedení práce a vstřícné jednání.

Zároveň děkuji zaměstnancům a vedení společnosti HC Kredit Kraslice za cenné rady v průběhu zpracování práce a poskytnuté možnosti k získání praktických zkušeností v oblasti této problematiky.

Obsah

| | |
|--|-----------|
| OBSAH | 8 |
| SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK | 9 |
| ÚVOD | 10 |
| 1 PRINCIP FUNKCE TEPELNÉHO ČERPADLA | 12 |
| 1.1 TOPNÝ FAKTOR..... | 14 |
| 2 TYPY TEPELNÝCH ČERPATEL..... | 15 |
| 2.1 TYP ZEMĚ – VODA..... | 15 |
| 2.1.1 Plošný kolektor..... | 16 |
| 2.1.2 Větrací vzduch..... | 17 |
| 2.1.3 Vrt..... | 18 |
| 2.1.4 Vodní plocha..... | 19 |
| 2.2 TYP VZDUCH – VZDUCH..... | 20 |
| 2.3 TYP VZDUCH – VODA..... | 21 |
| 2.4 TYP VODA – VODA..... | 24 |
| 3 SITUACE NA TRHU S TEPELNÝMI ČERPADLY | 25 |
| 3.1 ZVÝHODNĚNÉ SAZBY ELEKTRICKÉ ENERGIE..... | 25 |
| 3.2 NABÍDKA A DOSTUPNOST TEPELNÝCH ČERPATEL..... | 26 |
| 3.2.1 PZP Heating..... | 27 |
| 3.2.2 Panasonic..... | 27 |
| 3.2.3 Mitsubishi Electric..... | 28 |
| 3.2.4 NIBE Energy systems..... | 28 |
| 3.2.5 IVT Tepelná čerpadla..... | 29 |
| 3.2.6 Shrnutí..... | 29 |
| 3.3 PROGRAM NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM..... | 30 |
| 4 NÁVRH VYTÁPĚNÍ OBJEKTU | 32 |
| 4.1 POPIS VÝCHOZÍHO STAVU..... | 33 |
| 4.2 POPIS POŽADOVANÉHO STAVU..... | 37 |
| 4.3 ŘEŠENÍ..... | 38 |
| 4.4 HODNOCENÍ DOBY NÁVRATNOSTI..... | 42 |
| 4.5 POROVNÁNÍ S OSTATNÍMI SYSTÉMY VYTÁPĚNÍ..... | 43 |
| 4.6 CELKOVĚ HODNOCENÍ PROJEKTU..... | 46 |
| 4.6.1 Hodnocení uživatelem..... | 46 |
| ZÁVĚR | 48 |
| SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ | 50 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 51 |

Seznam symbolů a zkratek

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| Q_c [kW] | Celková tepelná ztráta objektu |
| COP [-]..... | Topný faktor |
| TUV | Teplá užitková voda |
| TČ | Tepelné čerpadlo |
| PAD | Panasonic Aquarea Designer |
| OSB..... | Oriented strand board |
| T..... | Doba návratnosti investice |
| IN | Investiční náklady na realizaci úspor |
| CF..... | Roční peněžní tok, cash-flow |

Úvod

Tepelná čerpadla představují alternativní zdroj energie použitelné pro vytápění objektů a ohřev vody. Fungují na principu získávání nízkopotenciálového tepla z okolního prostředí. Získané teplo se převádí na vyšší teplotní hladinu a následně využije pro zmíněný výtop či ohřev užitkové vody. Hlavními otázkami při pořizování tepelného čerpadla se pro každého budoucího majitele stane ekonomická návratnost, zda je vhodné si vůbec pořídit tepelné čerpadlo a jak by se změnila situace, pokud by byl zvolen jiný systém vytápění. V závěru je pojednáno o úzkém propojení výše úspor na dobu návratnosti investic a jasně ukázáno, že stanovená doba návratnosti je vždy spíše odhadnuta, než vypočtena. Tato práce se snaží tyto otázky zodpovědět.

Základním předmětem této práce je posouzení vhodnosti instalace vybraného typu tepelného čerpadla. V první kapitole je velice stručně a krátce představen princip funkce tepelných čerpadel. Princip je popsán hlavně pro utvoření si základní představy o tom, co je to tepelné čerpadlo. Popis a diskuze detailů ohledně částí a principů tepelného čerpadla není předmětem zadání bakalářské práce. Následuje popis jednotlivých typů tepelných čerpadel, z čehož je patrné, že hlavním rozdílem mezi tepelnými čerpadly je zejména prostředí, které je zdrojem tepla pro topný systém vytápěného objektu. Jednotlivé typy jsou popsány opět pouze jednoduchými výklady principů, které jsou však dostačující pro pochopení rozdílů mezi čerpadly.

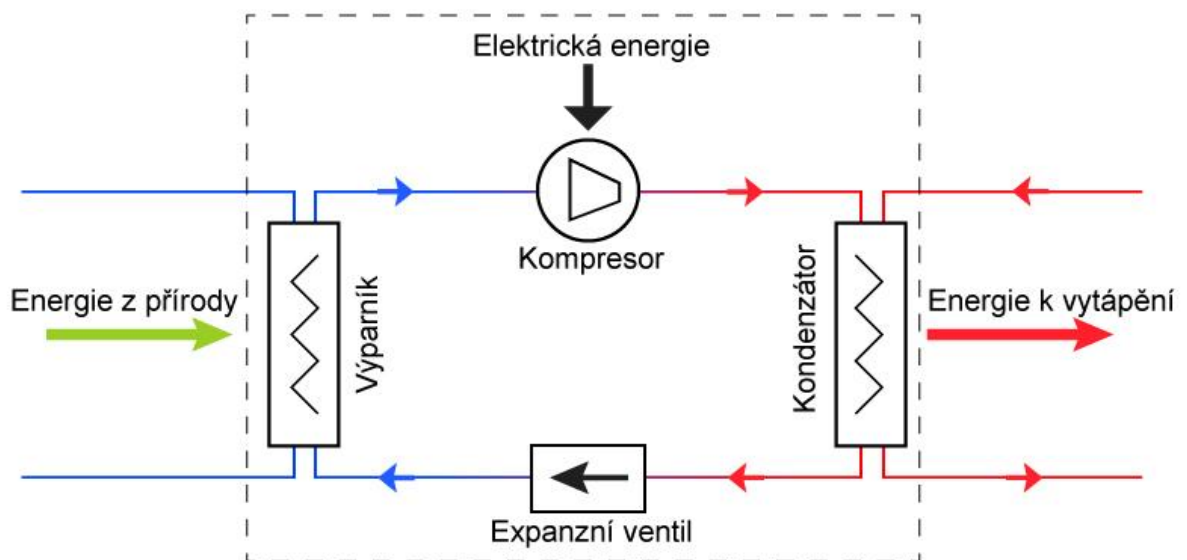
V části, která řeší současnou situaci na trhu s tepelnými čerpadly, je krátce pojednáno o pěti významných výrobcích tepelných čerpadel a nastíněno jedno z hlavních kritérií při výběru tepelného čerpadla, tj. koupě od důvěryhodného výrobce. Výše úspor dosažená vytápěním pomocí tepelného čerpadla je bezpochyby ovlivněna nabídkou zvýhodněných dvoutarifních sazeb, které jsou určeny speciálně pro domácnosti využívající k otopu tepelné čerpadlo. Porovnání jednotlivých sazeb včetně cen pro rok 2013 je provedeno tak, aby bylo dostatečně poukázáno na výhodnost užívání těchto zvýhodněných sazeb. Jednou z možností snížení investičních nákladů je získání dotace z programu Nová zelená úsporám, který nahradil program Zelená úsporám. Zároveň je zde krátce řešena otázka, zda je nutné získat dotaci, či zda lze projekt bezpečně financovat i bez možnosti dotace.

V poslední části této bakalářské práce je řešena instalace tepelného čerpadla v reálné budově, doba návratnosti investic do pořízení tohoto systému a následné hodnocení projektu. Celá kapitola pojednává o reálném případě aplikace tepelného čerpadla a vysvětluje postup,

kterým lze dojít k finální době návratnosti a zvýšení úspor. V kapitole je krátce vysvětleno, že rozhodnutí využít tepelné čerpadlo pro výtop domácnosti není pouze otázkou financí, ale i pochopením užívání tepelného čerpadla jako životního stylu. Pořízení tepelného čerpadla tudíž přináší i jisté zvýšení životního komfortu. Pro tuto část práce bylo vybráno tepelné čerpadlo typu vzduch – voda, které má být instalováno do objektu sloužícího k rodinné rekreaci. Propočítání je provedeno na tepelném čerpadle Panasonic Aquarea T-CAP.

1 Princip funkce tepelného čerpadla

Zjednodušený principiální popis funkce tepelného čerpadla je dnes již notoricky známý. Tepelné čerpadlo je takové zařízení, které je schopno využít nízkopotencionální energii odebranou z okolí a následně ji převést do formy, která je námi využitelná k výtopu domů a ohřevu teplé vody. Svoji konstrukcí a zejména vlivem platných fyzikálních zákonů vyžaduje pro svůj provoz zdroj externí energie – ve většině případů elektrické. Výjimkou však nejsou ani čerpadla poháněná naftovým motorem. Důležitým faktem je, že tepelné čerpadlo energii nevyrábí, pouze ji převádí na vyšší teplotní hladinu. [2]



Obr. 1 Zjednodušené principiální schéma tepelného čerpadla [2]

Celý okruh tepelného čerpadla lze rozdělit na čtyři základní části – výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní (škrťací) ventil. V okruhu tepelného čerpadla koluje chladicí kapalina s extrémně nízkou teplotou bodu varu.

Do výparníku je přivedeno teplo, které bylo odebráno okolnímu prostředí. Vlivem přivedeného nízkopotenciálního tepla dochází ve výparníku k přeměně skupenství chladiva z kapalného na plynné. Právě tato fáze je z celého procesu jedna z nejdůležitějších. Dnešní tepelná čerpadla dokáží efektivně pracovat i v případech, kdy teplota okolního prostředí dosahuje až $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplo odebrané z okolí se ve výparníku ochlazuje, čili předává svoji energii chladicímu médiu, jehož teplota stoupá. Průměrná teplota chladicího média v části za výparníkem dosahuje teplot přibližně $0\text{ až }15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a je závislá na typu použitého chladiva

v okruhu tepelného čerpadla a samozřejmě také na velikosti energie tepla odebraného z okolí. Chladivo, které vstupuje do výparníku tepelného čerpadla, je v kapalném stavu a vlivem výměny tepla a nízkého tlaku ve výparníku se začne vypařovat. Teplota chladiva před výparníkem je přibližně $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hodnota tlaku asi $0,3\text{ MPa}$. Je tedy patrné, že ve výparníku dochází k uplatnění druhého zákona termodynamiky. [2, 4]

Vzniklé páry jsou nyní nositelem tepelné energie, která je přenesena do kompresoru. Samotný kompresor potřebuje pro svou funkci zdroj cizí energie, proto je napájen elektrickou energií a má tedy vlastní spotřebu. Kompresor přivedené páry stlačuje, čímž díky fyzikálnímu principu komprese s narůstajícím tlakem roste i teplota. Nízkopotenciální teplo je tedy nyní převedeno na vyšší teplotní hladinu – přibližně $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ až 80°C . K teplu média se ještě přidá teplo vzniklé ztrátami v elektromotoru kompresoru a třením pohyblivých ploch. Pro koncového uživatele je toto „přídavné“ teplo zcela zanedbatelné, avšak pro konstruktéry tepelných čerpadel hraje podstatnou roli. Tlak chladicího média je v této fázi procesu přibližně $1,4\text{ MPa}$. Chladicí kapalina s takto vysokou teplotou je nyní připravena předat své teplo topné vodě.

Zahřátá chladicí kapalina pomocí výměníku, který je nazýván kondenzátor, předá teplo topnému systému vytápěného objektu. Zároveň dochází ke kondenzaci par zpět na kapalinu, přičemž klesá i teplota chladiva. Zde opět platí druhý zákon termodynamiky. Topná voda dosahuje teplot přibližně od $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ v závislosti na požadavcích a konfiguraci celého systému.

Následuje poslední fáze celého cyklu – dekomprese neboli expanze. Při dekompresi je chladivo v expanzním ventilu ochlazeno a „roztaženo“ (je snížen jeho tlak) tak, aby při následném oběhu bylo opět schopno přijmout teplo z okolního prostředí. Teploty a tlaky použité v této kapitole platí pro chladivo R407c a jsou spíše hodnotami přibližnými. [2, 5]

Funkce tepelného čerpadla v žádném případě nepopírá fyzikální zákony. Mohlo by se zdát, že svou funkcí se tepelné čerpadlo staví do rozporu s druhým zákonem termodynamiky. Zákon hovoří o možnosti přenosu tepla jedině v případě, kdy dochází k přenosu z prostředí s vyšší teplotou do prostředí o teplotě nižší. [2]

„Právě tato druhá věta zákona termodynamiky je důvodem, proč se pro přenos tepelné energie z chladnějšího do teplejšího prostředí musí použít tepelné čerpadlo.“ [2]

1.1 Topný faktor

Obecně lze topný faktor označit za jakýsi fenomén na trhu s tepelnými čerpadly. Zejména v řadách méně znalých uživatelů je topný faktor ukazatelem, který bude hrát roli při výběru čerpadla. Je logické, že je často využíván a záměrně zkreslován v rámci marketingu. Snadno může vyvstat otázka, zda je nutné brát na topný faktor uváděný výrobcem zřetel, a jak chápat hodnotu topného faktoru.

Topným faktorem je označován základní parametr tepelného čerpadla. Běžně je užívána zkratka COP, která je odvozena z anglického coefficient of performance. Jde o bezrozměrnou veličinu. Jednoduše lze topný faktor vyjádřit jako poměr mezi spotřebovanou elektrickou energií (příkonem $T\check{C}$) a teplem, které je čerpadlem vytvořeno. Platí, že čím vyšší hodnoty topný faktor dosahuje, tím vyšší je výše úspory. Hodnoty se běžně pohybují v rozmezí 2 – 6. Hodnoty mimo tento rozsah nejsou výjimkou. Je nutné zmínit, že se nejedná o pevnou veličinu konkrétního modelu. Správně by měl topný faktor nabývat hodnoty platné pro celý instalovaný systém tepelného čerpadla. V praxi je tedy běžné, že dva totožné modely tepelného čerpadla mohou pracovat s rozdílným topným faktorem, který se dokonce mění i v průběhu roku. Změnu topného faktoru ovlivní i teplota prostředí, kterému je odebráno nízkopotencionální teplo.

Bavíme-li se o topném faktoru, pak jde ve většině případů o tzv. prostý topný faktor. Jde o pouhý poměr výkonu tepelného čerpadla a jeho příkonu. V praxi to znamená, že tepelné čerpadlo s výkonem 10 kW a příkonem 2 kW má topný faktor 5. Přesnější hodnotu topného faktoru, která je i férovější vůči zákazníkům, lze získat provedením měření v exaktním prostředí, které je stanovenou normou ČSN EN 14511. Přesto, že jsem takto získanou hodnotu označil za férovou, je možné, že v konečné fázi bude hodnota topného faktoru zcela odlišná. [2,3,12]

Výše zmíněná norma upravuje i rozdílnosti mezi topnými faktory různých druhů tepelných čerpadel. Zejména se jedná o rozdíl mezi hodnotami teplot na vstupu čerpadel. Například pro tepelná čerpadla vzduch – voda je stanoven topný faktor pro 2 °C vstupní teploty a 35 °C teploty výstupní. U typu země – voda jde o teploty 0 °C na vstupu a 35 °C na výstupu. [3,12]

Z předchozího odstavce je patrné, že hodnota topného faktoru je ovlivněna i požadovanou teplotou na výstupu čerpadla. Nejvyšších hodnot topný faktor dosahuje při použití nízkoteplotního podlahového topení, jehož použití znamená i snazší dodržení teplotního spádu v okruhu čerpadla.

2 Typy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla jsou rozlišena podle prostředí, ze kterého je získávána tepelná energie a podle toho, kterým médiem je teplo předáváno vytápěnému objektu. Označení typů čerpadel se skládá ze dvou slov, přičemž první znamená prostředí, ze kterého je odebíráno teplo a druhé slovo značí médium, kterým je teplo předáváno do vytápěného objektu.

Používané typy tepelných čerpadel:

- voda – voda
- vzduch – voda
- vzduch – vzduch
- země – voda

Následující části této kapitoly popisují jednotlivé typy tepelných čerpadel. Cílem je stručně popsat každý typ systému tak, aby byly jasné hlavní rozdíly mezi tepelnými čerpadly. Nadneseně lze tvrdit, že tepelné čerpadlo je u všech systémů téměř totožné. Vždy se jedná o zařízení, které na stejném principu práce s přiváděným a odváděným teplem slouží k vytápění objektu a ohřevu teplé užitkové vody. Zásadním rozdílem mezi jednotlivými typy je druh okolí, kterému je teplo odebíráno. Teprve od této vlastnosti se dále odvíjí zbylé parametry tepelných čerpadel.

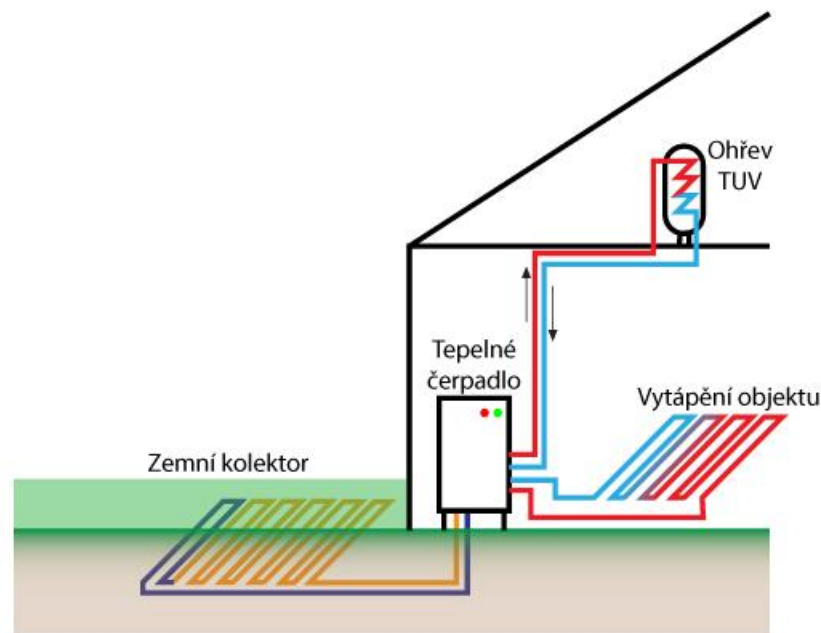
2.1 Typ země – voda

Všechna tepelná čerpadla typu země – voda spojuje společný zdroj tepla, kterým je země v okolí objektu, který má být čerpadlem vytápěn. Společným znakem čerpadel je poměrně stálá hodnota topného faktoru po celou topnou sezónu. Tepelná čerpadla typu země – voda se dle způsobu zisku tepla dělí na čerpadla získávající teplo z:

- plošného kolektoru
- vrtu
- větracího vzduchu
- vodní plochy

2.1.1 Plošný kolektor

Zde jde o systém tepelného čerpadla odebírající teplo z plochy přilehlého pozemku vytápěného objektu – např. zahrady rodinného domu. Pod povrchem pozemku je uložen tzv. plošný kolektor v podobě plastových hadic, které jsou naplněné nemrznoucí směsí. Funkcí kolektoru je přenos tepla mezi zemí a tepelným čerpadlem. Tepelné čerpadlo s tímto typem kolektoru odebírá ze země pod kolektorem přibližně 2 % celkové čerpané energie. Zbýlých 98 % je odebíráno z vrstvy zeminy nad kolektorem a lze hovořit o akumulované energii ze slunce. Pro potřeby tepelného čerpadla odebere plošný kolektor ze země přibližně 2,5 % z celkové energie, kterou země během celého roku získá ze slunce. Správně zvolené umístění plošného kolektoru a jeho dobré provedení by tedy mělo zaručit jeho nevyčerpatelnost i v dlouhodobém časovém úseku, protože během jarních a letních měsíců kolektor vždy s bohatou rezervou energie regeneruje. Energie dodávaná v těchto měsících může být dokonce tak vysoká, že kolektor nejen rychle regeneruje, ale zároveň může dodávat tepelnému čerpadlu teplo, které může být využito i pro ohřev teplé vody či vody v bazénu. [1]



Obr. 2 Zjednodušené schéma systému se zemním kolektorem

Neopomenutelnou výhodou jsou relativně nízké investiční náklady, které jsou skoro stejné jako u tepelných čerpadel, která odebírají teplo ze vzduchu, a jejich nižší spotřeba. Tento typ tepelného čerpadla lze instalovat rychleji, než čerpadlo využívající zemních vrtů. Na druhou stranu je u těchto čerpadel velký nárok na plochu pro položení plošného kolektoru. Obvykle se jedná o plochu 200 až 400 m². Půda na pozemku, kde je položen kolektor, musí být vhodná pro provedení výkopu a zároveň je nutné znát předem rozmístění dalších

případných staveb, které nemohou být nad kolektorem vybudovány. Dalším požadavkem je, aby byl kolektor instalován mírně z kopce směrem od strojovny nebo alespoň v rovině. Toto umístění není nezbytné, je však výhodné z důvodu odvodu vzduchu kolektoru. V případě špatného naklonění kolektoru je nutné instalovat na nejvyšších místech kolektoru odvodu vzduchu.

Pro vybudování zemního plošného kolektoru se doporučuje použít speciální plastové potrubí o průměru 40 mm, přičemž je doporučováno použít speciální potrubí určené pro zemní kolektory se zvýšenou odolností vůči poškození, a to z důvodu snazší pokládky bez nutnosti obsypávání potrubí pískem, který by zabránil poškození hadice. Ve většině případů lze tedy toto odolnější potrubí vkládat rovnou do zeminy. Rozteč výkopu pro pokládku potrubí bývá přibližně 80 až 100 cm. Hloubka výkopu pro uložení kolektoru se doporučuje kolem 1,4 m. Díky svým vlastnostem jsou tepelná čerpadla země – voda s plošným kolektorem jednou z nejlepších variant pro rodinné domy s odpovídajícím pozemkem. [1,2]

2.1.2 Větrací vzduch

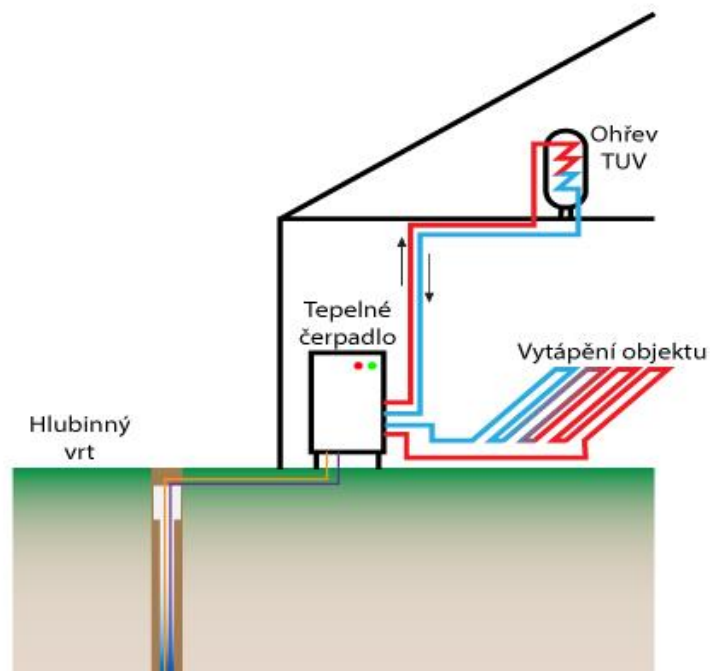
Využití tohoto typu tepelného čerpadla je vhodné pouze pro nízkoenergetické domy. Tento systém tepelného čerpadla využívá kombinaci tepla odpadního vzduchu z vytápěného objektu a tepla z plošného kolektoru nebo vrtu. V případě, že není potřeba teplo k vytápění nebo pro ohřev teplé vody, je nadbytečné teplo z větracího vzduchu uloženo v podzemním kolektoru. Teplota zemního vzduchu je díky tomuto systému vysoká po celý rok a tepelné čerpadlo pracuje téměř stále s vysokým topným faktorem.

Zemní kolektor má minimální nároky na zabranou plochu. U nových nízkoenergetických domů je postačující plocha kolektoru jen 40 m². Pro kombinaci odběru tepla z odpadního vzduchu a ze zemního kolektoru se vyrábějí speciální tepelná čerpadla, lze ale použít i standardní tepelné čerpadlo země – voda doplněné o externí větrací jednotku s výměníkem. [1]

V praxi se nejedná o hojně využívaný systém tepelného čerpadla a to například kvůli vysoké finanční i konstrukční náročnosti. Praktické využití tak nalézají opravdu pouze u nízkoenergetických domů s přilehlým pozemkem o malé ploše.

2.1.3 Vrt

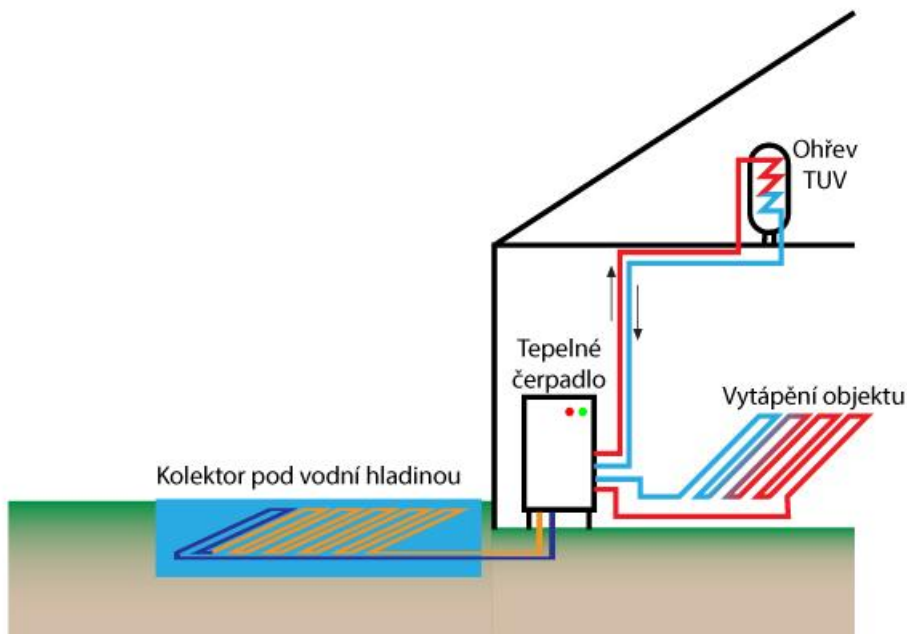
Jde o typ tepelného čerpadla, který využívá teplo z hlubinného vrtu pod povrchem pozemku. Teplo ze země je přenášeno plastovou sondou naplněnou nemrznoucí směsí, která je uložena ve vrtu s průměrem přibližně 15 cm a hloubce až 150 metrů pod povrchem. Nespornou výhodou tohoto čerpadla je velice nízký nárok na zabraný prostor uvnitř i vně domu. Získávání tepla z vrtu zajistí stabilní výkon a vysoký topný faktor v průběhu celého roku, a to i při velmi nízkých venkovních teplotách. Stejně tak jako u čerpadla využívajícího plošný kolektor je spotřeba elektřiny nižší než u tepelných čerpadel odebírajících teplo ze vzduchu. Vrt je zároveň v letních měsících možné využít pro pasivní chlazení domu. Nevýhodou jsou vyšší náklady zahrnující zřízení vrtu a nutnost vyřízení stavebního povolení, leckdy i povolení báňského úřadu. Tepelná čerpadla využívající vrtů jsou vhodná do oblastí s tvrdým podložím. V oblastech, kde je podloží do velké hloubky tvořeno pískem a jílem, je vrtání obtížnější. Výhodou však zůstává možnost umístění vrtu pod základovou desku (v případě novostaveb). [1,4]



Obr. 3 Zjednodušené schéma systému s hlubinným vrtem

2.1.4 Vodní plocha

Jde o tepelné čerpadlo odebírající teplo z vodní plochy přilehlé k vytápěnému objektu. K přenosu tepla mezi vodou a tepelným čerpadlem slouží kolektor, který je tvořený plastovými hadicemi s nemrznoucí směsí uložený na dně rybníka, řeky nebo jiné vodní plochy. Jasnou nevýhodou je tedy nutnost výskytu vodní plochy v těsné blízkosti vytápěného objektu a nutnost získání povolení pro vybudování kolektoru od správce povodí. Mohlo by se zdát, že jde o typ čerpadla voda – voda. Teplo je totiž odebíráno vodě. Toto tvrzení je i není pravdou. Celý kolektor je uložen u dna řeky, rybníku či jiného zdroje povrchové vody a využívá tak přímo anomálie vody a leckdy i nezámrazné hloubky. Teplo je odebíráno jak půdě na dně, tak povrchové vodě. [1]



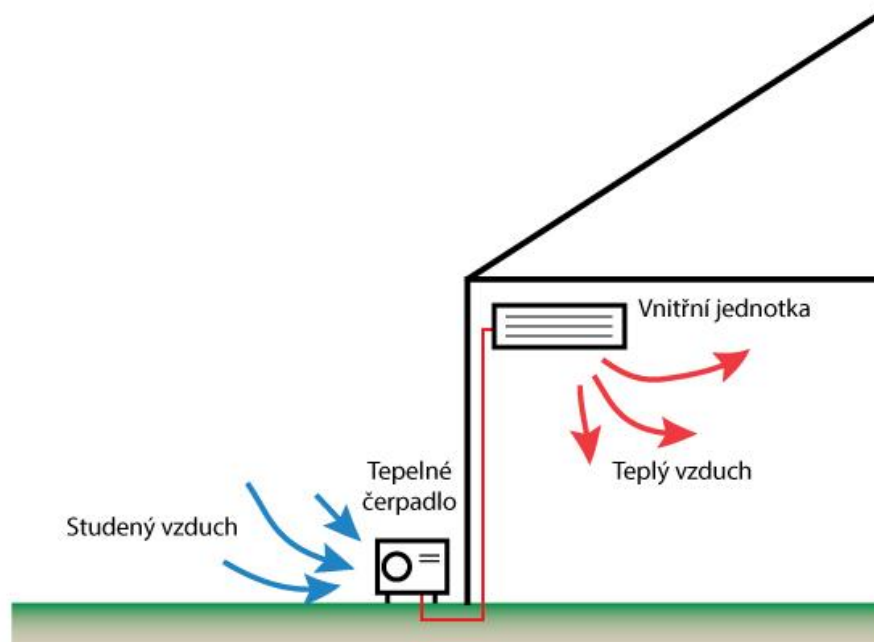
Obr. 4 Zjednodušené schéma systému s kolektorem pod vodní hladinou

2.2 Typ vzduch – vzduch

Toto tepelné čerpadlo pro získání tepla využívá venkovní vzduch. Teplu ze vzduchu je získáno venkovní částí tepelného čerpadla, která nasává vzduch do tepelného čerpadla. Následně je teplo využito pro ohřev vzduchu uvnitř vytápěného objektu. Díky absenci topného systému dosahuje tento typ čerpadla většího topného faktoru než klasické tepelné čerpadlo, kde je k vytápění instalováno například podlahové vytápění či radiátory, protože je tímto čerpadlem vnitřní vzduch ohříván přímo. Funkce systému s jednou vnitřní jednotkou je často přirovnávána k funkci krbu. Vytápěna je pouze jedna místnost, ale teplo je šířeno po celém domě. Tato čerpadla jsou obvykle instalována pouze s jednou vnitřní jednotkou, což může způsobit komplikace s vytápěním větších domů nebo bytů s větším počtem malých místností či pater. Zároveň není tímto tepelným čerpadlem možné ohřívát teplou vodu.

Jednoznačnou výhodou tepelného čerpadla vzduch – vzduch je jeho snadná a skutečně rychlá instalace, která je spojená s nízkými investičními náklady. Další neopomenutelnou výhodou je možnost funkce i jako klimatizace a odvlhčování vzduchu. Většina moderních čerpadel má již zabudovaný tzv. plasmaclusterový filtr a ionizátor vzduchu, jejichž funkcí je čistit vzduch uvnitř objektu od alergenů, virů a jiných škodlivin.

Tepelné čerpadlo vzduch - vzduch se tedy stává ideálním čerpadlem pro doplnění domů a bytů, kde je instalováno vytápění pomocí elektrických přímotopů či elektrokotlů. Instalací čerpadla v takovém případě dojde k jednoznačnému snížení provozních nákladů, a to bez nutnosti vysokých investic a rozsáhlých stavebních úprav. Díky svým vlastnostem jsou tato tepelná čerpadla často využívána například na chatách a chalupách, v dílnách a garážích či v zimních zahradách, kde slouží zejména k temperaci v době, kdy je objekt neobývaný, a pro jeho vytápění, když je objekt užíván. [1,2,4]



Obr. 5 Zjednodušené schéma systému vzduch - vzduch

Svoji oblibu nacházejí tato tepelná čerpadla zejména v jižních zemích, a to jednak z důvodu možnosti funkce klimatizace, a také z toho důvodu, že s klesající teplotou venkovního vzduchu, klesá výrazně i topný faktor těchto čerpadel.

Vyráběná jsou ve dvou verzích. První, levnější a používanější, se skládá z tepelného čerpadla a vnitřní jednotky. Tepelné čerpadlo je umístěno vně vytápěného objektu a probíhá přímo v něm celý proces ohřívání a tepelné výměny. Do vnitřní jednotky je pak pouze vháněn teplý vzduch, který slouží k vyhřátí objektu. Druhá varianta tohoto typu čerpadla je tzv. split a skládá se z vnější a vnitřní jednotky, které dohromady tvoří celý systém tepelného čerpadla. Rozdíl mezi prvním a druhým typem tohoto čerpadla je zejména v možnosti odsávání vzduchu ze vnitř vytápěného objektu (typ split), což může být využito například i ve spojení s digestoří nad kuchyňskou linkou.

2.3 Typ vzduch – voda

Tepelné čerpadlo vzduch – voda využívá venkovního vzduchu pro odběr tepla. Obdobně jako u systému vzduch – vzduch je venkovní vzduch nasáván přímo do tepelného čerpadla. Teplo získané ze vzduchu je následně použito pro ohřev vody topného systému nebo v zásobníku na teplou vodu. V porovnání s plynovým nebo elektrickým topením mají tepelná čerpadla vzduch – voda výrazně nižší provozní náklady a celý systém lze snadno a rychle instalovat a to s minimálními nároky na prostor. Výhodou je úspora investic oproti čerpadlům s vrtem nebo plošným zemním kolektorem. Svoji jednoduchostí se systém vzduch – voda stal

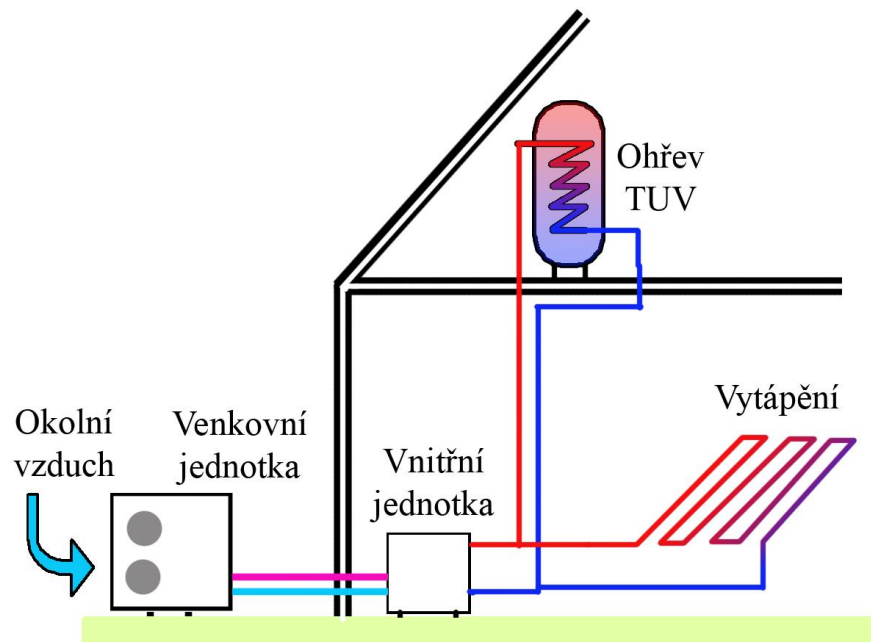
v minulosti velmi oblíbeným prostředkem pro vytápění sezonních bazénů. Bylo to také dáno tím, že v našich klimatických podmínkách čerpadla tohoto typu lepší využití neměla. Topné faktory čerpadel byly ještě v nedávné minulosti opravdu nízké, zejména pak při teplotách blížících se k 0 °C. V teplotách pod bodem mrazu nebyla čerpadla schopná téměř jakékoliv funkce. Skalní zastánci typu země – voda propagovali bivalentní provoz tepelných čerpadel, ten ale nebyl zdaleka tak výhodný, jak se od tepelného čerpadla očekávalo.[1,4]

Bivalentním provozem je nazván provozní režim čerpadla, kdy je nedostatečný topný výkon zvýšen o teplo, které do okruhu přidává náhradní zdroj tepla – nejčastěji elektrokotel. Režim opačným je pak monovalentní provoz.

V zimních měsících a při nízkých venkovních teplotách se topný faktor těchto čerpadel značně snižuje, a tak mají systémy vzduch – voda vyšší provozní náklady oproti čerpadlům země – voda. Výjimkou nejsou tepelná čerpadla s topným faktorem jen těsně vyšším než 1, který jasně určuje, že užití takového čerpadla je ve své podstatě nesmyslné. Nízké venkovní teploty se tedy odrazí na sníženém výkonu čerpadla a poklesu teploty výstupní teplé vody. Díky tomu se toto tepelné čerpadlo nedoporučuje instalovat v chladnějších oblastech s vyšší nadmořskou výškou. Nejlepších úspor lze dosáhnout, pokud je čerpadlo napojeno na nízkoteplotní podlahové vytápění. U čerpadel odebírajících teplo ze země je topný faktor celoročně více stabilní než u čerpadel, které teplo odnímají okolnímu vzduchu. Nicméně snadná instalace, nízké pořizovací náklady a možnost instalace do objektů s malým pozemkem nevynahradila zájemcům o tepelné čerpadlo špatné výkony typu vzduch - voda. Jasným požadavkem na tato tepelná čerpadla bylo zvýšení topných faktorů i v teplotách nižších než 0 °C. Bezpodmínečným cílem výrobců se stal vývoj tepelného čerpadla vzduch - voda, které bude v našich podnebných podmínkách použitelné i pro výtop objektu a ne jen pro sezónní ohřev vody v bazénu. [1, 3]

S postupem doby a zvyšováním požadavků koncových zákazníků dochází v oblasti čerpadel vzduch - voda k prudkým pozitivním změnám vlastností čerpadel tohoto typu. V roce 2010, kdy výrobce Mitsubishi odstartoval revoluci se svým modelem Zubadan, nastal opravdový převrat. Tepelná čerpadla začala dosahovat vyšších výstupních teplot i přes velmi chladný venkovní vzduch. Dnes díky svým topným faktorům, spotřebitelsky příznivým cenám a snadné instalaci, představují tato čerpadla stále častější volbu do nových i stávajících rodinných domů. Nelze opomenout výhodu, že u tohoto systému nedochází k narušení tepelné rovnováhy okolí, z něhož je odnímáno teplo, tak jako je tomu například u čerpadel země – voda. Výrobci a dodavatelé sice tvrdí, že správně navržený zemní kolektor nepředstavuje žádné riziko pro pozemek, ale z praxe je jasné, že vyčerpání zemního kolektoru není nic

neobvyklého. Oproti tomu systém, který odnímá teplo ze vzduchu, nijak přirozenou rovnováhu nenarušuje, protože teplo odebrané ze vzduchu je zpět vyzářeno tepelnými ztrátami objektu. O tom, že typ vzduch – voda již není slepou kolejí, jako tomu bylo v minulosti, svědčí i fakt, že každý výrobce již má v této kategorii alespoň jednoho zástupce. Trh je neustále zásobován novinkami a poptávka po tomto typu čerpadel roste. Čerpadlo tohoto typu dnes není chápáno jako výjimečnost, nýbrž komfortní standard u novostaveb a rekreačních objektů. Samozřejmostí je monovalentní provoz topných systémů. [1, 3, 12, 13]



Obr. 6 Principiální schéma systému vzduch – voda

Jednoduché principiální schéma je znázorněno na Obr. 2, který konkrétně zachycuje provedení tepelného čerpadla, které využívá oddělené vnitřní a venkovní jednotky. Často je toto řešení nazýváno split (z anglického „rozdělit“). Zároveň se jedná o poměrně hojně používané řešení otopu pomocí tepelného čerpadla (tj. ohřev teplé užitkové vody a vytápění nízkoteplotním podlahovým topením). V poslední kapitole této bakalářské práce je navrhováno právě tepelné čerpadlo vzduch - voda v provedení split, díky čemuž je celá práce ve svých jednotlivých kapitolách o něco více oproti ostatním typům zaměřena na čerpadla typu vzduch – voda.

Pro co nejeftivnější využití tepelného čerpadla vzduch – voda se doporučuje užití nízkoteplotního systému vytápění. Jde například o podlahové topení. Jeden z důvodů je zajištění dostatečného tepelného spádu topné vody. Díky tomu bohužel často dochází k navýšení investic o částku nutnou pro zřízení podlahového topení. Existuje samozřejmě i možnost napojení na topná tělesa jako jsou radiátory. I tato možnost přináší ve většině

případů zvýšení nákladů. Je nutné instalovat radiátory, které svými vlastnostmi zajistí rychlé předání tepelné energie okolí. Použití litinových radiátorů oblíbených v dřívějších letech je v tom případě nežádoucí. Rozehřátý litinový radiátor v celku rychle sníží teplotní spád topné vody v topném okruhu a ve většině případů dojde k zastavení čerpadla. Po dostatečném vychladnutí topné vody znovu dojde k sepnutí tepelného čerpadla. Tím pádem by docházelo k nechtěnému častému spínání, které není výrobcem doporučováno a může výrazně snížit životnost čerpadla.

Je tedy zřejmé, že i přes výrobcem hlášenou snadnou a rychlou instalaci, vyžaduje připojení tepelného čerpadla vzduch – voda odborný zákrok.

2.4 Typ voda – voda

Systém tepelného čerpadla označovaný jako voda – voda je jedním z nejpožoruhodnějších systémů tepelných čerpadel. Jak je již ze samotného názvu jasné, teplo pro tepelné čerpadlo je získáváno z vody. Oproti systému země – voda, kde může být teplo v podstatě také odebíráno vodě (povrchové), jde u tohoto systému o vodu podzemní nebo geotermální.

Na místo kolektoru, jsou pro tento typ čerpadla vyvrtány dvě studny. Z jedné z nich je čerpána voda přímo do čerpadla, kde je jí odebráno teplo a druhou studnou je voda vrácena zpět do podzemí. Díky stále relativně vysoké teplotě spodní vody dosahují tato tepelná čerpadla nejvyšších topných faktorů ze všech. Bohužel oproti tomu zde stojí celá řada nevýhod. Zásadním problémem je fakt, že toto tepelné čerpadlo pracuje s otevřeným okruhem vody, a proto je nutná pravidelná údržba a čištění cest a filtrů, přes které spodní voda prochází. Díky tomuto značně narůstají náklady na údržbu a bezproblémový chod. Další nevýhodou je možnost instalace pouze v lokalitách s dostatečným množstvím spodních či geotermálních vod. Prvotní investice je také znatelně navýšena potřebou vyvrtání dvou studen. Navíc je nutno zohlednit fakt, že nelze na 100 % předvídat chování vody pod povrchem, a tak by se mohlo snadno stát, že dojde k odvodnění jedné nebo obou studen (například vrtem na sousedním pozemku). Vysoké topné faktory a systém využití dvou studen však dělá toto řešení opravdu technicky zajímavým.

3 Situace na trhu s tepelnými čerpadly

Kapitola řeší současný stav ekonomického prostředí, a to zejména v České republice. V oblasti užití tepelných čerpadel lze do nekonečna diskutovat o jejich výhodnosti a pozitivních přínosech do života uživatele. Nejvíce diskutovaným tématem je však bezpochyby cena čerpadel, kvalita, výše topného faktoru a výše úspor. Jednoduše lze tvrdit, že současný trh se staví k problematice tepelných čerpadel otevřeně. Trendem doby je snižování množství potřebné energie pro výtop objektů a tepelné čerpadlo je v tomto směru jedním z nejvhodnějších kandidátů. Vhodnost užití tepelného čerpadla potvrzují například i nízké ceny elektrické energie u dvoutarifových sazeb D 55d a D 56d, jejichž výhody jsou popsány níže. V poslední době přestává být pravdivý fenomén o vysokých cenách čerpadel a jejich nedostupnosti. S rostoucí konkurencí a vývojem technologií jsou pořizovací ceny čerpadel tlačeny tak nízko, jak je to jen únosné pro distributory. Důkazem toho je možnost přechodu ze stávajícího topného systému na systém s tepelným čerpadlem už za cenu od 200 000 Kč. Návratnost investic u dobře navrženého tepelného čerpadla může zůstat příznivá i v případě, že uživatel financuje pořízení čerpadla jinak, než z vlastních zdrojů. Bohužel žádná bankovní instituce nenabízí zvýhodněné podmínky pro financování přechodu na výtop tepelným čerpadlem. Zvážíme-li, že odhadem může kompletní pořízení a instalace systému tepelného čerpadla začínat již na částce 300 000 Kč, je jasné, že půjčit si takový finanční obnos je dnes snadné za podmínek běžných pro výši této částky. Splácení takto získaných financí by v ideálním případě měla pokrýt výše úspory za vytápění. Jednou z dalších možností pokrytí investičních nákladů je využití dotace z programu Nová zelená úsporám, který nabízí možnost vrácení až 50 % investice z uznatelných nákladů.[7, 9]

3.1 Zvýhodněné sazby elektrické energie

Jedním ze základních stavebních kamenů pro zvýšení úspor pomocí vytápění tepelným čerpadlem je zvýhodněná sazba elektrické energie. Stejně jako tomu je například u boileru nebo elektrických přímotopů, tak i u tepelného čerpadla je možnost provozu v příznivější cenové sazbě. V případě užití tepelného čerpadla jde tedy o sazby spadající do kategorie D (domácnosti) nebo C (podnikatelé). Jelikož se celá práce, zejména pak její poslední kapitola, nese v duchu užití tepelného čerpadla v domácnosti, je zde uveden pouze popis sazeb nesoucí označení D. Distributoři energie u nás nabízejí dvě sazby pro TČ a to konkrétně sazby D 55d a D 56d. Jedná se o tzv. dvoutarifové sazby určené pro vytápění tepelným čerpadlem. Obě

dvě sazby jsou operativně řízené, přičemž smluvní doba nízkého tarifu činí 22 hodin. Sazba D 55d se vztahuje na tepelná čerpadla uvedená do provozu nejpozději 31. března 2005 a od tohoto data dále – tedy od 1. dubna 2005 platí sazba D 56d. Ceny za 1 MWh jsou pro obě sazby totožné, liší se však měsíční poplatek za jistič. Oproti ostatním dvoutarifovým sazbám jsou výše zmíněné sazby výhodné jak po stránce finanční, tak v délce doby trvání nízkého tarifu. V tabulce lze vidět i údaje o sazbách kategorie D, které jsou podobné sazbám pro tepelné čerpadlo. Z hodnot je jasně patrné zvýhodnění uživatelů, kteří k otopu domácností využívají tepelného čerpadla. Lze tedy vyvodit, že využití sazby D 56d je rozhodně výhodné a razantně ovlivní dobu návratnosti investic. Ceny jsou platné k 1. 1. 2013. [9]

Tab. 1 Srovnání sazeb elektrické energie [9]

| Sazba | Doba nízkého tarifu [h] | Nízký tarif - E.ON [Kč/MWh] | Vysoký tarif - E.ON [Kč/MWh] | Nízký tarif - PRE [Kč/MWh] | Vysoký tarif - PRE [Kč/MWh] | Nízký tarif - ČEZ [Kč/MWh] | Vysoký tarif - ČEZ [Kč/MWh] |
|--------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| D 56d | 22 | 2686,36 | 3496,91 | 2528,34 | 3030,97 | 2752,04 | 3081,94 |
| D 55d | 22 | 2686,36 | 3496,91 | 2528,34 | 3030,97 | 2752,04 | 3081,94 |
| D 01d | 0 | --- | 5319,34 | --- | 5319,41 | --- | 5723,82 |
| D 02d | 0 | --- | 4779,56 | --- | 4668,88 | --- | 4946,86 |
| D 25d | 8 | 2235,03 | 5187,84 | 2335,95 | 4808,65 | 2228,11 | 5470,45 |
| D 26d | 8 | 2235,03 | 3818,92 | 2335,95 | 3628,75 | 2228,11 | 3867,99 |
| D 35d | 16 | 2595,61 | 3609,44 | 2437,59 | 3149,55 | 2577,8 | 3515,12 |
| D 45d | 20 | 2686,36 | 3496,91 | 2628,77 | 3073,32 | 2748,41 | 3273,12 |

3.2 Nabídka a dostupnost tepelných čerpadel

V dnešní době je nabídka tepelných čerpadel opravdu vysoká a rozmanitá. Již ve všech krajích lze najít firmu, která se zabývá odbornou montáží a dodávkou kompletních řešení vytápění. Poptávka po tepelných čerpadlech je uspokojována ve všech směrech a záleží jen na koncovém spotřebiteli, jaká kritéria si zvolí. Konkurence je opravdu veliká, a to jak mezi samotnými výrobci tepelných čerpadel, tak mezi společnostmi, které se zabývají pouze jejich distribucí a instalací. Většina firem dodávajících kompletní systémy tepelných čerpadel pomáhá svým zákazníkům řešit i případná úskalí následného provozu a některé společnosti dokonce pomáhají sjednat dotaci či jiné financování. Dovolím si z četného seznamu výrobců vybrat pět, kteří jsou dle mé úvahy v dnešní době zajímaví svojí nabídkou či službami. Následující část pojednává zejména o čerpadlech vzduch – voda, a to z důvodu jejich častého použití na našem území a následné návaznosti na kapitolu řešící návratnost investic tepelného

čerpadla tohoto typu. Cílem této části práce je pouze představit zajímavé výrobce a jejich přední produkty, nikoli detailní rozbor jednotlivých produktů.

3.2.1 PZP Heating

Česká společnost s dvacetiletou tradicí nabízí tepelná čerpadla všech druhů. Jde o největšího českého výrobce, který své zákazníky uspokojí kvalitou produktů, služeb, dlouholetou zárukou a zodpovědným přístupem k zákazníkům. Zajímavým modelem je čerpadlo Split typu vzduch – voda. Výrobce jej označuje za technický unikát mezi tepelnými čerpadly, což v dnešní době není rozhodně pravdivým tvrzením. Výrobek byl v minulosti oceněn dvěma prestižními cenami. Čerpadlo je prodáváno pod názvem ve tvaru HP3AW XX SPLIT, kde označení XX znamená topný výkon 06, 08, 10, 12, 14, 18, 22 nebo 30 kW. Označení SPLIT pak znamená, že jde o čerpadlo s odděleným vnějším výparníkem. Výhodou je možnost využití funkce chlazení v letních měsících, která je však vykoupena nutností třífázového napájení, což není ale u čerpadel s touto funkcí žádnou mimořádností. Lze říci, že společnost a její nabídka ničím nevyčnívá oproti ostatním firmám na trhu, ale rozhodně se řadí mezi skupinu důvěryhodných výrobců nabízejících spolehlivé řešení. [10]

3.2.2 Panasonic

Bezpochyby stále ještě velice zajímavou novinkou jsou tepelná čerpadla Aquarea. I přes téměř třicetileté zkušenosti v oblasti chlazení a vytápění se teprve čerpadla Aquarea považují za čerpadla, která získají své pevné místo na trhu. Tato modelová řada byla představena začátkem léta 2011. Samozřejmostí je nabízená škála výkonů od 3 kW do 16 kW. Jako velice zajímavý model se jeví tepelná čerpadla typu T-CAP, která nabízí stálý topný výkon a výstupní teplotu i při teplotách $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zároveň je společností Panasonic nabídnuta uživatelům aplikace Panasonic Aquarea Manager, která umožňuje ovládání celého topného systému, identifikování a odstraňování poruch a mnoho jiných možností bez nutnosti nacházet se v dosahu tepelného čerpadla. Omezená aplikace je zdarma, avšak je zde možnost zakoupení licence placené verze, která nabízí možnost plného využívání. Aplikace je ovládána pomocí PC s připojením k internetu nebo smartphonu. Všichni oficiální distributoři a technici jsou školicím centrem Panasonic řádně vyškoleni, což ve spojení s kvalitou a efektivitou tepelných čerpadel Aquarea znamená pozitivní dopad na spokojenost koncového zákazníka. [11, 12]

3.2.3 Mitsubishi Electric

Na konci léta roku 2010 přišla společnost Mitsubishi Electric na trh se svými novými, dle výrobce zcela unikátními a revolučními, tepelnými čerpadly vzduch – voda, která nesla název Zubadan. Že se jednalo opravdu o revoluční modely, se potvrzuje tím, že i téměř po třech letech stále plnohodnotně konkurují modelům dnešní doby. Výrobce doslova zaručuje rozsah použití při venkovních teplotách $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy maximální výstupní teplota dosahuje hodnoty $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, při venkovní teplotě do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pak $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vyráběné výkonové rozsahy jsou od 8 kW do 23 kW. Samozřejmostí je, že postupem doby ostatní výrobci dostihli nebo dokonce předčili parametry čerpadel Zubadan, a tak dnes tato čerpadla již nijak nevyčnívají z nabídky. Přesto lze tvrdit, že volba čerpadla Zubadan přinese uživateli zaručený komfort. Bývá zvykem, že tepelná čerpadla vzduch - voda, která mají oddělenou vnitřní a venkovní část, se prodávají v sadě, zatímco u čerpadel Mitsubishi se prodávají obě jednotky zvlášť. Kvalitu a unikátnost těchto čerpadel potvrzuje fakt, že kompresor Scroll od společnosti Mitsubishi je využíván v čerpadlech mnoha jiných výrobců. [13]

3.2.4 NIBE Energy systems

V současné době představují tepelná čerpadla NIBE nejčastější volbu uživatelů na českém trhu. V oblasti tepelných čerpadel typu vzduch - voda nabízí švédský výrobce novinku označenou NIBE F2300. Konstrukčním provedením a užitými technologiemi je čerpadlo velice podobné konkurenčnímu modelu Zubadan. Vyráběno je ve výkonech 14 kW a 20 kW, čímž je čerpadlo znevýhodněno v oblasti použití v objektech s tepelnou ztrátou pod 12 kW. Výrobce zaručuje výstupní teplotu až $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ a při venkovní teplotě $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ stále ještě $63\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je tedy jasné, proč si čerpadla NIBE získala své prvenství na trhu. Nikterak pozitivní ovšem není v porovnání s ostatními výrobci prodejní cena. Čerpadla NIBE jsou považována za velice kvalitní výrobky, proti čemuž dle mého názoru jasně hovoří komplikovaná záruční lhůta výrobků této společnosti. V základní nabídce je na kompletní tepelné čerpadlo poskytnuta záruka pouze 2 roky a 3 roky na náhradní díly. Výrobce nabízí možnost dokoupení záruky v ceně 3000 Kč v délce 5 let na celé tepelné čerpadlo nebo v ceně 7000 Kč v délce 10 let na samotný kompresor (informace o zárukách platné k 11. 4. 2013). Tepelná čerpadla NIBE jsou tedy aktuálně opravdu nejspíše nejvhodnějším řešením, ale těžko lze odhadovat, jaká je jejich spolehlivost v delším časovém horizontu. Ve prospěch čerpadel hovoří známka kvality EPHA, kterou jsou oceněna také čerpadla Panasonic, IVT a Mitsubishi. [13, 14]

3.2.5 IVT Tepelná čerpadla

Společnost IVT díky svému více než dvacetiletému působení na trhu v oblasti vytápění vstoupila do podvědomí zákazníků jako jeden z největších výrobců tepelných čerpadel. Svými výrobky nijak výrazně nevyčnívá, ale nabízí kvalitu, tradici a ceny srovnatelné s konkurencí. Tepelné čerpadlo od společnosti IVT bude určitě vhodnou volbou. Na první pohled se může zdát, že společnost IVT spíše preferuje tepelná čerpadla typu země – voda, ale svého silného zástupce má i v oblasti vzduch – voda. Zajímavým modelem je IVT Premiumline A, který se v současné době pyšní titulem „nejkompaktnější tepelné čerpadlo na trhu“. Díky tomu se stává vhodným kandidátem pro rekonstrukce a stávající stavby, kde již není možné příliš ovlivnit velikost technického zázemí pro čerpadlo a dá se očekávat, že je jen otázkou času, kdy se cestou oslovení zákazníků pomocí malých rozměrů vydá i další výrobce. Čerpadlo využívá Scroll kompresor, což opět potvrzuje kvalitu čerpadel Zubadan od konkurenčního výrobce Mitsubishi. [1, 13]

3.2.6 Shrnutí

Z tabulky uvedené pod textem je patrné, že nabízená čerpadla jsou si velice podobná. Lze tedy říci, že pokud při výběru zvolíme tepelné čerpadlo ověřeného výrobce a instalaci přenecháme na odborné firmě, nevystavujeme se riziku nevýhodné investice. Obávám se, že se dnes může snadno stát hlavním kritériem při výběru čerpadla jeho pořizovací cena. Nabízí se pak tedy otázka, co vlastně znamená často zmiňovaný parametr „vynikající poměr ceny a výkonu“. Se zkušenostmi nabytými z praxe lze obecně tvrdit, že takto označené čerpadlo, které navíc pochází od neznámého či nedůvěryhodného výrobce, může často znamenat rizikovou investici. Dle informace zveřejněné Asociací pro využití tepelných čerpadel, zmizelo za posledních 10 let z našeho trhu více než 20 značek tepelných čerpadel. Snadno lze předem odhadnout, které čerpadlo znamená zmíněnou rizikovou investici. Nikdo nebude překvapen, že tepelná čerpadla z Číny, která jsou nabízena za opravdu nízké ceny, nedosahují v praxi tak vysokých topných faktorů jako slibují a jejich funkce také není nikterak spolehlivá. Co však určitě mnohé překvapí, že se nevyplácí také důvěřovat čerpadlům svým původem z USA či Itálie. Tepelná čerpadla z Itálie a ostatních jižních zemí jsou často pracovníky v oboru označována jako chladičí jednotky, které mimo jiné zvládají topit. Naopak kvalitními výrobky se zdají být čerpadla původem ze Švédska. Podotýkám, že bych nerad, aby se výběr čerpadla odvíjel od země původu. Tento fakt uvádím pouze jako zkušenost mnohých techniků a prodejců tepelných čerpadel. Samotná Asociace pro využití

tepelných čerpadel pak doporučuje orientovat se při výběru dodavatele tepelného čerpadla na zavedené značky, které jsou prověřené jak v ČR, tak i v Evropě. [3, 4, 15]

Tab. 2 Přehled často používaných tepelných čerpadel [1, 10, 11, 13, 14]

| Výrobce | Model | Výkon [kW] | Cena bez DPH [Kč] | Funkce chlazení | Počet fází |
|-------------|------------------------|------------|-------------------|-----------------|------------|
| PZP Heating | HP3AW 12 SPLIT | 11,8 | 230000 | ANO | 3 |
| Panasonic | Aquarea T-CAP SXC 3f | 12 | 208000 | ANO | 3 |
| Mitsubishi | Zubadan PUHZ-SHW112YHA | 11,2 | 124630 | ANO | 3 |
| Mitsubishi | Ecodan EHSC-VM6EB | --- | 84710 | --- | 3 |
| Mitsubishi | Set Zubadan + Ecodan | 11,2 | 209340 | ANO | 3 |
| NIBE | F 2300-14 | 14 | 230 000 | ANO | 3 |
| IVT | Premiumline A 12 | 12 | 225000 | NE | 3 |

3.3 Program Nová zelená úsporám

V minulých letech bylo možno využít velice známého programu Zelená úsporám, který nabízel možnost získání dotace pro realizaci snížení energetické náročnosti budovy. V roce 2013 došlo k jeho nahrazení programem nazvaným Nová zelená úsporám, který poběží v letech 2013 – 2020. Tento program byl vyhlášen v listopadu roku 2012. Je připraven pro vlastníky soukromých i veřejných budov, přičemž je rozdělen na několik fází, kdy v první fázi žádají o dotaci ti, kteří provádějí komplexní rekonstrukci rodinných domů. Konkrétně jde o projekty, při kterých dojde k zateplení stávajícího rodinného domu s podmínkou výměny nevyhovujícího zdroje vytápění na tuhá fosilní paliva. Jedná se tedy o fázi, do které spadnou rekonstrukce řešící komplexní zvýšení úspor, nikoliv například jen výměnu kotle za tepelné čerpadlo. První fáze je zároveň vyhlášena pouze pro stávající rodinné domy, nikoli pro novostavby. [3, 7]

Cílem programu Nová zelená úsporám je celkový pozitivní dopad na českou ekonomiku, a to nejen přímo na státní rozpočet, ale i na rozvoj podnikatelské sféry. Největší přínos má samozřejmě pro jednotlivé občany a firmy ve stavebnictví, strojírenství a jiných, s touto problematikou spojených, oborech. Pozitivním přínosem je i zlepšení vzhledu měst a obcí.

Stejně tak jako u původního programu i Nová zelená úsporám nabízí několik možností finanční podpory, a to v podobě přímé dotace, která závisí na procentním snížení energetické náročnosti budovy, bonusu na pořízení nového systému vytápění, nebo například dotace na projektovou dokumentaci. [6, 7]

Myšlenkou programu je motivovat žadatele o dotaci k používání co nejefektivnějšího způsobu otopu a k co největšímu snížení potřeby tepla k vytápění. Dotační program je tedy rozdělen to tří hladin.

- **Hladina 1** – snížení potřeby tepla na vytápění alespoň o 40 % - podpora 25 % z uznatelných nákladů
- **Hladina 2** – snížení potřeby tepla na vytápění alespoň o 50 % - podpora 35 % z uznatelných nákladů
- **Hladina 3** – snížení potřeby tepla na vytápění alespoň o 60 % - podpora 50 % z uznatelných nákladů

Žádosti o poskytnutí dotace jsou přijímány od srpna 2013 do října 2014. V roce 2015 je předpokládáno vyhlášení další výzvy, která se bude týkat bytových domů. Výzva pro veřejné budovy je aktuálně v přípravě. Díky nastaveným podmínkám je tedy jisté, že drtivá část potencionálních žadatelů nebude splňovat podmínky pro přidělení dotace. Oproti jiným alternativním zdrojům, které v programu také nejsou podporovány, je zde ovšem obrovská výhoda v konkurenčním boji na trhu, přinášejícím dnes již více příznivé ceny tepelných čerpadel než v letech minulých. [6, 7]

Jak již bylo zmíněno, získání dotace není samozřejmostí. Vyřízení žádosti může trvat poměrně dlouho a obnáší mnoho organizačních náležitostí. Ve výsledku může dojít i k navýšení celkových investic. Pro podání žádosti je totiž nutné nechat si provést tzv. energetický audit a výpočet tepelných ztrát objektu. Splnění této podmínky může vyjít přibližně na 10 000 Kč. K žádosti je zároveň nutné přiložit stavební dokumentaci, stavební povolení, výpis listu vlastnictví, kopii katastrální mapy, projekt a rozpočet, certifikát navrhovaného tepelného čerpadla a doklad o schopnosti vlastního financování. Samozřejmostí je, že na dotaci není žádný právní nárok ani při splnění všech podmínek. [2]

Aktuálně jsou až do 31. 10. 2014 přijímány přihlášky první výzvy tohoto programu. Konkrétně jde o výzvu k podávání žádostí o poskytnutí podpory pro vlastníky a stavebníky rodinných domů na opatření ke snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů, výstavbu rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností, výměnu neekologických zdrojů tepla na vytápění a na instalaci solárních termických systémů.

4 Návrh vytápění objektu

V začátku této kapitoly je nutné podotknout, že při pořizování tepelného čerpadla by nemělo být přihlíženo pouze na návratnost investic a na výhodné a levné vytápění. Otop pomocí tepelného čerpadla nemusí být nutně vždy nejlevnější variantou vytápění a je samozřejmostí, že je zde téměř vždy jiná varianta konkurující po finanční stránce tepelnému čerpadlu. Pokud si potenciální zákazník nechá zpracovat nabídku na instalaci systému tepelného čerpadla, může se stát (a často je tak opravdu činěno), že při demonstrativním výpočtu výhodnosti investic dojde k umělému zvýhodnění tepelného čerpadla. Většina firem zabývajících se distribucí a instalací tepelných čerpadel svým zákazníkům nepředkládá údaj o návratnosti investic, nýbrž výši roční úspory. Výše roční úspory je často vypočítána jen pro rok, ve kterém bude tepelné čerpadlo instalováno. Pro výpočet roční úspory v následujících letech by bylo nutné znát vývoj cen energií. Celý výpočet tak často bývá jen více či méně přesným odhadem. Důležité je mít náklady na výtop tepelným čerpadlem s čím srovnávat. U novostaveb se vytváří návrhy pro výtop elektrokotlem či kondenzačním kotlem a porovnávají se i výše počátečních investic. V případě, že je návratnost a výše úspor zjišťována u stávajících staveb, stačí jednoduše porovnat aktuální náklady na vytápění s náklady budoucími.

Je nepsaným pravidlem, že u správně navrženého čerpadla dojde vždy ke zvýšení úspory alespoň o 20 %. Jedno z dalších nepsaných, avšak velice zajímavých pravidel, hovoří o tom, že každé zvýšení pokojové teploty o 1 °C nad běžnou pokojovou teplotu (21 °C) znamená zvýšení nákladů na vytápění o 5 až 6 %. Bohužel, jsou tato dvě pravidla nejspíše opravdu jen pravidly nepsanými. Nenašel jsem žádné zdroje, kde bych tato tvrzení mohl ověřit. Zkušenost ohledně těchto dvou uvedených faktů mi byla předána odborníky z praxe. Tyto dvě teorie mají své zastánce i odpůrce a vzhledem k jejich pochybné důvěryhodnosti se stávají spíše zajímavostí.

Vytápění tepelným čerpadlem, zejména pak hovoříme-li o otopu rodinného domu či objektu s podobným charakterem, se tudíž stává zároveň životním stylem. Kromě možnosti úspory financí přináší tepelné čerpadlo další výhody. Lze hovořit například o téměř bezobslužném užívání nebo o příznivém dopadu na prostředí z ekologického pohledu. Pravdou je, že v dnešní době velká část potenciálních uživatelů hledí zejména na finance. Můj názor je ovšem takový, že zvažovat pořízení tepelného čerpadla hlavně z důvodu úspory není správné. Troufám si označit spojení slov „návratnost investic do tepelného čerpadla“

pouze za marketingový tah a cílenou strategii pro nalákání zákazníka. Není tudíž úplně správné představovat tepelné čerpadlo jako prostředek pro jisté zvýšení úspor avšak jeho pozitivní dopad na rozpočet vytápěné budovy také nelze popřít. Je samozřejmostí, že každý chce ušetřit, ale nikdo se nepozastaví nad tím, aby řešil návratnost investic při pořízení například zbytečného a nepotřebného předraženého automobilu či luxusního zahradního bazénu, který samozřejmě svojí službou investici majiteli nikdy nevrátí. Důležitým faktem zůstává, že výpočet návratnosti bude vždy spíše, více či méně, přesným odhadem úspor. Doby návratnosti nelze určit s přesností, lze ji jen co nejpřesněji odhadnout. Je nutností si uvědomit, že tepelná čerpadla nenabízejí neomezenou dobu životnosti, a tak může snadno nastat případ, kdy bude nutné zakoupit nové tepelné čerpadlo v době, kdy ještě nebylo dosaženo doby návratnosti nebo těsně po ní. Je důležité uvést, že nejde o doživotní řešení a ve výhledu budoucnosti je správné počítat s nutností pořízení nového čerpadla, stejně jako je tomu u kotlů, kamen a jiných zdrojů tepla.

4.1 Popis výchozího stavu

Výpočet návratnosti investic do tepelného čerpadla bude proveden na dobře udržované stavbě z roku 1985 v obci Stříbrná. Tento případ instalace tepelného čerpadla jsem vybral záměrně. Odráží totiž typický trend dnešní doby – instalace tepelného čerpadla typu vzduch – voda pro vytápění malého rekreačního objektu.

Obec Stříbrná se nachází na úpatí Krušných hor v sousedství města Kraslice, při silnici směřující k obci Bublava. V současné době je Stříbrná uznávána jako rekreační oblast převážně pro zimní sporty. Svou polohou se stavba nachází mimo obec v místě neoficiálně nazývaném „Samoty“. Jedná se o dřevostavbu vybudovanou za účelem rodinné rekreace. Objekt lze tedy klasifikovat jako rekreační nebo zahrádkářskou chatu typu garsoniéra o zastavěné ploše čítající 41 m², obestavěném prostoru 261 m³ a obytné podlahové ploše 96m². Jde o samostatně stojící chatu obdélníkového půdorysu s dvěma nadzemními podlažimi a obytným podkrovím. Celá stavba je koncipována ve tvaru písmene A jako dodávka dílů pro zhotovení tzv. montované dřevostavby. Z čehož vyplývá, že tepelně izolační vlastnosti každého z dílů jsou již předem dané. První nadzemní podlaží je z části zasazeno do svahu, je zhotoveno z lomového kamene a tvoří z části technické zázemí objektu. Obsahuje menší technickou místnost s vodním čerpadlem a boilerem, hlavní místnost sloužící z části jako kuchyň a z části jako koupelna a menší místnost užívanou jako sklad. V hlavní části spodního podlaží jsou umístěna kamna typu Rekreat sloužící jako sporák na tuhá paliva. Primárně jsou

užívána pro přípravu potravin, nikoli k vytápění objektu. Jejich tepelný přínos pro celý objekt však není zanedbatelný, přesto jej není nutné uvažovat z důvodu brzkého nahrazení kamen za sporák s lahví na propan butan. Na tomto podlaží je postavena dřevěná stavba chaty. V přední části je propojena dřevěným francouzským oknem s terasou. Obvodové zdi chaty jsou dřevěné, z palubek po obou stranách vyplněných izolací. Střecha chaty je sedlová, šikmá a na tehdejší poměry kvalitně tepelně izolovaná minerální vatou. Komín procházející středem objektu je zděný dvouprůchodový napojený na litinová kamna na tuhá paliva, která slouží jako stávající hlavní zdroj vytápění objektu. Všechna okna v objektu jsou původní dřevěná, doplněná samolepicí pryžovou izolační páskou vlepenou do rámu. I přes to jsou izolační vlastnosti oken velice neuspokojivé a dochází tak k značným tepelným ztrátám. Povrchy podlah jsou dřevěné, v suterénu pak betonové. Povrchy zdí jsou z dřevěných palubek v kombinaci s panely z OSB desek opatřenými bílým nátěrem. V suterénu jsou vápencocementové omítky. K objektu je přistavěna vstupní část, která není součástí běžné dodávky tohoto typu montované chaty. Přístavba nedosahuje takových tepelných izolačních vlastností jako chata samotná, a protože není od prostoru chaty nijak oddělena, způsobuje tedy značné tepelné úniky. Rozvody vody a kanalizace v objektu jsou realizovány plastovými trubkami, rozvod elektřiny je v mědi a je rozveden po celém objektu do zásuvek 230 V. Technická místnost nabízí možnost připojení zařízení na 400 V. Přípojka elektrické energie je vedena podél chaty. Voda je z vlastního zdroje čerpaná domácí vodní elektrárnou z jímky nedaleko objektu. Po objektu je rozvedena pouze studená voda. V technické místnosti je boiler, který je zdrojem teplé vody pouze pro sprchový kout umístěný v hlavní místnosti prvního nadzemního podlaží. Kanalizace je odvedena do betonové žumpy u objektu. Celkový technický stav objektu je dobrý. Objekt je průběžně udržovaný, odpovídající svému stáří, technologiím a materiálům v dané době používaným. Celkově lze objekt vyhodnotit jako vhodný a připravený pro instalaci TČ.

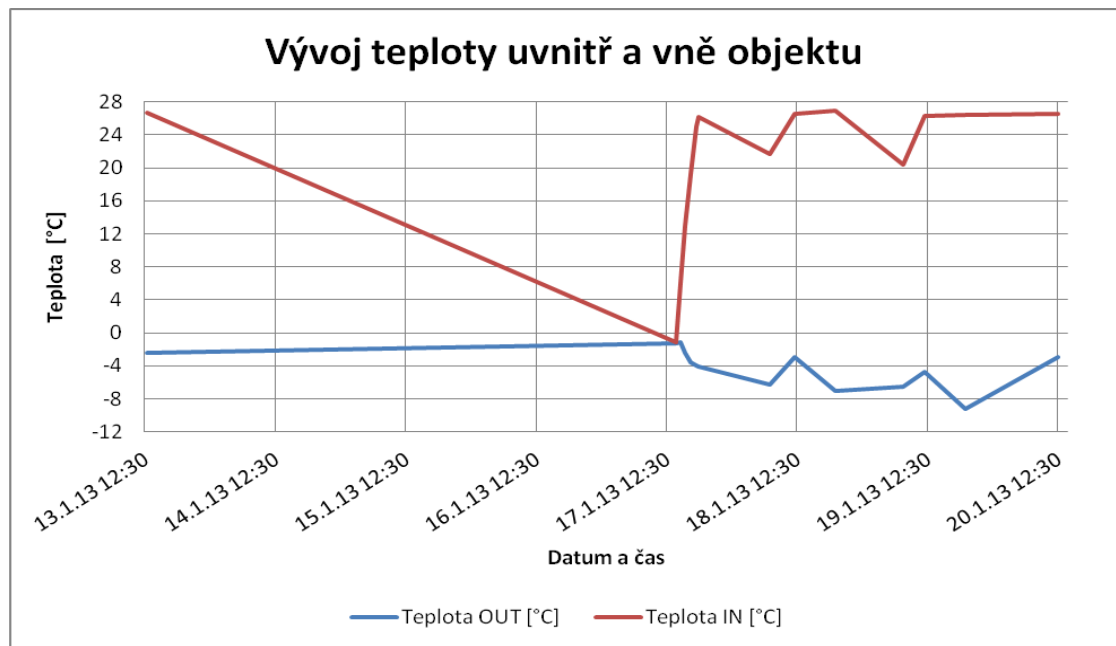
Chata je obývána po celý rok třemi osobami avšak ve specifických intervalech. Díky své poloze a životnímu stylu majitelů je obývána přibližně 220 dní v roce. Objekt tedy není vytápěn po celý rok. Uživatelé uvádějí maximálně 90 protopených dní za rok.

Stávající systém pro vytápění tvoří litinová kamna typu Plamen Nera o výkonu 10 kW. Doporučený vytápěný prostor deklarovaný výrobcem kamen je do 280 m³. Po několika letech užívání těchto kamen k otopu objektu je jasné, že kamna pohodlně pokryjí požadavky obyvatel na vytopení objektu, a to takovým způsobem, že není problém překročit požadovanou teplotu až o několik stupňů Celsia. Požadovaná teplota uvnitř objektu je 26 °C. Tato teplota je zvolena osobami objekt obývajícími a je považovaná za teplotu, která je

pocitově příjemná při pobytu uvnitř budovy. Oproti běžné pokojové teplotě je tato teplota značně vyšší. Díky velkým ztrátám a netěsnostem jde o teplotu, která je opravdu pocitově příjemná. Pro přiblížení představy je užití kamen popsáno na následujícím příkladu, odrážejícím skutečné naměřené hodnoty. Hodnoty byly měřeny následujícím způsobem. Objekt byl neobýván a nevytápěn celé 4 dny, kdy došlo k poklesu vnitřní teploty až na teplotu vnější. Bezprostředně po příchodu do objektu byly odečteny aktuální teploty. Následně byly teploty zaznamenávány každou hodinu, dokud nebylo dosaženo vnitřní požadované teploty. Po zbylé tři dny, kdy byl objekt obýván, byly teploty odečítány zcela nahodile bez časové závislosti.

Tab. 3 Zaznamenané teploty uvnitř a vně objektu

| Datum a čas | Teplota IN [°C] | Teplota OUT [°C] |
|---------------|-----------------|------------------|
| 13.1.13 12:50 | 26,7 | -2,5 |
| 17.1.13 14:15 | -1,1 | -1,3 |
| 17.1.13 15:00 | 6 | -1,2 |
| 17.1.13 16:00 | 12,9 | -2,4 |
| 17.1.13 17:00 | 19,2 | -3,6 |
| 17.1.13 18:00 | 25 | -4 |
| 17.1.13 18:20 | 26,1 | -4,1 |
| 18.1.13 7:30 | 21,7 | -6,3 |
| 18.1.13 12:10 | 26,6 | -2,9 |
| 18.1.13 19:30 | 26,9 | -7 |
| 19.1.13 8:00 | 20,4 | -6,6 |
| 19.1.13 12:00 | 26,3 | -4,7 |
| 19.1.13 19:30 | 26,4 | -9,2 |
| 20.1.13 12:30 | 26,6 | -3 |



Obr. 7 Grafické znázornění naměřených teplot uvnitř a vně objektu

Vytopit chatu na požadovanou teplotu trvalo přibližně čtyři hodiny. Během uplynulých čtyř hodin byla teplota v místnostech zvýšena o cca 25 °C. Pro dosažení této teploty bylo spotřebováno přibližně 0,144 m³ dřeva v uvedeném časovém úseku. Při následném udržování teploty na hodnotě blízké požadovaným 26 °C je spotřeba dřeva přibližně 0,288 m³. Podotýkám, že naměřené hodnoty teplot a uvedená spotřeba dřeva se týkají měsíce ledna, kdy je nejchladnější počasí a výtop objektu tudíž nejobtížnější. V měsících, kdy venkovní vzduch dosahuje vyšších teplot, je spotřeba dřeva značně nižší. Na měsíce listopad, prosinec, leden, únor a březen však přibližně platí právě takto uvedený model spotřeby dřeva. Denní spotřeba dřeva tedy bude přibližně 0,324 m³ v případě, že je objekt obýván 4 dny v kuse (0,144 m³ dřeva potřebného na úvodní výtop je rozpočítán mezi čtyři následující dny a následně je přičtena přibližná denní spotřeba dřeva). Níže uvedeným výpočtem jsem jednoduše spočítal odhad spotřebovaného dřeva za rok.

| | |
|--|-------|
| Počet dní v roce, kdy je chata obývána | 220 |
| Z toho topných dní | 90 |
| Spotřeba dřeva v m ³ na jeden den | 0,324 |
| Spotřeba dřeva v m ³ za topnou sezonu | 29,16 |

Dle hrubého výpočtu činí spotřeba dřeva za rok přibližně 29 m³. Tato vypočtená hodnota přibližně odpovídá skutečné situaci, kdy je každý rok objednáno 30m³ dřeva určeného k výtopu objektu. Taková zásoba takřka beze zbytku vystačí na celou topnou sezonu. Považuji za důležité upozornit na fakt, že nezanedbatelné množství dřeva je spotřebováno

pouze za účelem udržení ohně v kamnech, nikoli pro udržení teploty v objektu. Často se stává, že je uvnitř místností přetopeno a i v době, kdy jsou venkovní teploty hluboko pod bodem mrazu, je nutné často větrat. Spotřeba dřeva je vysoká z důvodu absence regulace. Majitel objektu za účelem výtopu objednává výhradně březové dřevo a z důvodu příznivého poměru ceny a výhřevnosti dřeva. Při porovnání s cenami a výhřevnostmi ostatních druhů dřev se toto rozhodnutí jeví jako opodstatněné. [8]

Cena za 1 m³ skládaného na hrubo štípaného březového dřeva od místního dodavatele je 1 200 Kč. Roční výtop tímto dřevem vychází přibližně tedy na 36 000 Kč. Takto teoreticky vypočtená částka se přibližně shoduje s částkou 35 000 Kč udávanou samotným uživatelem. Samozřejmostí je, že v této částce není zohledněn čas, který uživatelé objektu stráví skládáním, štípáním a nošením dřeva a jinými pracemi s tímto druhem vytápění spojenými. Dále tato částka nezahrnuje poplatky za revize a čištění komína, údržbu kamen a jiné práce udržující tento systém vytápění v bezproblémovém a bezpečném chodu a výtop dřevem, které bylo bez finančních nároků doneseno z blízkého lesa.

4.2 Popis požadovaného stavu

Důvodů k přechodu ze stávajícího systému vytápění na systém užívající tepelné čerpadlo je zde několik. Objekt je umístěn v zástavbě rekreačních chat, kde již ovšem není zpevněná komunikace. Hlavním kritériem tedy je obtížný dovoz tuhých paliv zejména dřeva. V případě nutnosti dovozu dřeva může v zimních měsících nastat situace, kdy objekt nebude díky nepříznivému počasí přístupný. Zároveň obyvatelé požadují vytápění, které bude vyžadovat co nejmenší nároky na údržbu a obsluhu. Dalším požadavkem, ne však nezbytně nutným je možnost udržování teploty tzv. temperace budovy a dálkové ovládání vytápění v případě, že objekt není momentálně využíván. Představa o dálkovém ovládání vytápění zahrnuje zejména funkci výtopu několik hodin před příjezdem uživatelů. Uživatelé tedy nechtějí přijíždět do nevytopeného objektu. Důležitým požadavkem je možnost regulace nového vytápění tak, aby se předešlo nechtěnému přetopení objektu tak, jak se stává často nyní. Výhodou je pak možnost ohřevu teplé užitkové vody, ale není to nezbytně vyžadováno. Stávající ohřev vody elektrickým boilerem se uživatelům jeví jako dostačující a vyhovující. Zmíněná kritéria splňuje pouze otop tepelným čerpadlem, elektrickými přímotopy nebo kotlem na zemní plyn. Možnost otopu pomocí zemního plynu však odpadá v důsledku absence přípojky a zavedení plynu v této části obce. Výtop objektu pomocí elektrických přímotopů se i bez výpočtů již předem jeví jako velice neúspěšné opatření, a proto se majitelé objektu rozhodli zvážit

možnost otopu tepelným čerpadlem. Majitel objektu je ochoten v rámci komfortu investovat do tepelného čerpadla i v případě, že by toto řešení nepřineslo výraznou nebo dokonce žádnou úsporu (tudíž pokud nabídne velmi špatnou návratnost). Kamna na tuhá paliva v objektu i nadále zůstanou, pro případ poruchy nebo potřebu dodatečného vytápění. Zásoba dřeva pro výtop však zůstane minimální.

4.3 Řešení

Definitivní rozhodnutí o budoucím stavu vytápění výše popsaného objektu je tedy následující. Objekt bude vytápěn tepelným čerpadlem typu vzduch – voda od výrobce Panasonic. Navržené řešení vytápění bude zahrnovat i ohřev teplé užitkové vody. Objekt bude vytápěn pouze podlahovým topením. Zvoleno bude takové čerpadlo, aby bylo schopno po celou topnou sezonu fungovat v monovalentním provozu.

Před výběrem tepelného čerpadla je důležité stanovit celkovou spotřebu energie pro vytápění při nejnižších venkovních teplotách. Dle stávajícího stavu, lze odhadnout, že tepelná ztráta objektu by měla být pod 10 kW. Kamna na tuhá paliva, která jsou uvnitř objektu instalována, totiž celý objekt pohodlně vytopí a je standardním jevem, že je v místnostech přetopeno, čili teplota vzduchu je vyšší než teplota požadovaná. Přesnější údaj tepelné ztráty lze získat zhotovením energetického auditu, který však značně navýší počáteční investici a vzhledem k tomu, že v tomto případě nebude žádáno o dotaci z programu Nová zelená úsporám a ani nevzniká tato povinnost dle zákona 318/2012Sb., tak je více než zbytečné energetický audit provádět. Nejjednodušším způsobem, jak zjistit přibližnou tepelnou ztrátu budovy, zůstává tzv. metoda obáلكové konstrukce. Takto získaná hodnota, by měla být dostatečně spolehlivá pro následný výběr výkonu tepelného čerpadla. V případě smluvení instalace tepelného čerpadla odbornou firmou bude s největší pravděpodobností tepelná ztráta objektu stanovena právě odhadem. Dle aplikace, která provádí výpočet metodou obáلكové konstrukce, byla zjištěna tepelná ztráta objektu 7882 W. Tepelné čerpadlo, které by pokrylo nároky na teplo, by mělo být vybráno minimálně o výkonu 8 kW. [2, 3]

Jak již bylo výše zmíněno, pro vytápění objektu bude zvoleno čerpadlo Aquarea. Výrobce těchto čerpadel úzce spolupracuje se svými distributory a v rámci spolupráce každému oficiálnímu prodejci umožňuje po absolvování školení a registraci přístup k výpočtové aplikaci Panasonic Aquarea Designer. Aplikace pomocí vstupních dat zjišťuje celkovou tepelnou ztrátu budovy opravdu jen hrubým odhadem. Nicméně tepelná čerpadla Aquarea jsou vybírána dle tohoto hrubého odhadu. Takto hrubý odhad se tedy dá považovat

za dostačující. Jako vstupní data pro výpočet potřebného topného výkonu slouží pouze vytápěná plocha [m^2], která je následně vynásobena koeficientem přibližné spotřeby energie na 1 m^2 vytápěné plochy. Tepelná ztráta objektu zjištěná aplikací se rovná hodnotě 7,68 kW. Tato hodnota se přibližně shoduje s výše uvedenou hodnotou 7,88 kW, získanou výpočtovou metodou obálkové konstrukce, a zároveň odpovídá odhadu tepelné ztráty objektu pod 10 kW. Přibližná hodnota celkové tepelné ztráty objektu je tedy $Q_C = 8 \text{ kW}$. Z nabídky budou vybírána taková čerpadla, která jsou schopna pokrýt ztrátu 8 kW. Pro výpočet roční úspory, výběr tepelného čerpadla a výpočet ročního COP je použita již zmíněná aplikace Panasonic Aquarea Designer. Aplikace není navržena přímo pro užití na českém trhu, a tak při samotném použití a následném výpočtu musí uživatel nastavit několik základních dat. Jednotlivé kroky v PAD jsou pro lepší představu zachyceny printscreeny a jsou k nahlédnutí v přílohách. V úvodu projektu jsou požadována data o zákazníkovi, sloužící pouze pro orientaci v případném množství projektů. Dále je prováděn již výše zmíněný odhad tepelné ztráty objektu, která byla vývojovými pracovníky nazvána jako standardní požadavek na topení. Pro výpočet je nutné zadat co nejpřesněji vytápěnou plochu v m^2 a následně vybrat typ budovy z mnoha nabízených variant. Jednotlivé budovy jsou odlišeny pouze trendem doby, ve které byly vybudovány, a tehdejšími izolačními vlastnostmi budov. Teploty topné vody je důležité nastavit tak, aby teplotní spád byl $7 \text{ }^\circ\text{C}$. Nastavené hodnoty tedy vycházejí z běžných $35 \text{ }^\circ\text{C}$ pro podlahové vytápění tepelným čerpadlem a $28 \text{ }^\circ\text{C}$ zpětné vody je dáno právě teplotním spádem. Výběr klimatu je pro Českou republiku omezen pouze možnostmi Praha, Brno a Ostrava. Neznamená to žádnou překážku a venkovní teplotu pro návrh lze nastavit ručně, na místo použití přednastaveného výběru. Tato část postupu je zachycena v příloze A.

V následujícím kroku je nutno specifikovat sazbu elektrické energie. V aplikaci opět chybí přednastavené sazby českých poskytovatelů energie, ale vše je možné nastavit přesně podle potřeby. Jediným úskalím použití aplikace je, že cena za kWh je udávána v halířích a ne v korunách tak, jak jsme zvyklí (příloha B).

V další fázi je nutné mít již rozmyšleno, zda budeme od tepelného čerpadla požadovat i ohřev teplé užitkové vody. Pokud uživatel v tomto směru zatím není rozhodnutý, není problém pomocí aplikace vypočítat roční náklady na energii s ohřevem i bez ohřevu teplé vody. Bývá pravidlem, že ve výsledku se roční náklad za spotřebu energie liší řádově o několik set korun. Při volbě ohřevu teplé vody čerpadlem samozřejmě vzrostou investiční náklady vlivem pořízení nádrže na horkou vodu. Navýšení investice je ovšem v porovnání s úsporou spotřeby energie na ohřev teplé vody zanedbatelné. Zároveň je důležité mít v tomto kroku jasno, jak velká je spotřeba vody v domácnosti. Výrobce doporučovaných 50 litrů na

osobu se jeví jako dostačující množství (příloha C). Pro tento projekt byla vybrána nádrž doporučená společností Panasonic. Je speciálně vyvinuta pro použití s čerpadly Aquarea a vybavena prvky sloužícími ke komunikaci s čerpadlem. Není problém využít téměř jakoukoliv jinou nádrž na horkou vodu, avšak uživatel musí počítat s jistými omezeními, jako například nemožnost kontroly stavu a teploty teplé vody v nádrži či horšími izolačními vlastnostmi. Úvahu o pořízení jiného typu nádrže, než jaký doporučuje Panasonic, vidím jako bezpředmětnou. Výběr jiné nádrže na teplou užitkovou vodu by sice mohl ve výsledku znamenat snížení investičních nákladů až o 20 000 Kč, ale je nutné brát v potaz, že Panasonic nabízí nádrže, které i pouhými maličkostmi zvyšují efektivitu celého topného systému. V návrhu byla zvolena nádrž o objemu 200 l, a sice z důvodu ušetření volného prostoru v technologické místnosti, kde bude nádrž umístěna. Nahradí stávající boiler, aniž by příliš vzrostly nároky na potřebný prostor.

Následujícím krokem je volba vhodného tepelného čerpadla. V databázi aplikace jsou všechna dostupná čerpadla společnosti Panasonic, a ta jsou následně aplikací nabízena a volena dle zadaných požadovaných parametrů. Pro tento objekt je jasná volba provozu čerpadla v monovalentním režimu. Volíme čerpadlo typu split tzn. výběr dvojitý blok. Venkovní jednotka bude instalována na terase objektu a vnitřní jednotka v technologické místnosti. Tato volba je odůvodněna zejména úsporou místa. Po instalaci bude vzdálenost mezi jednotkami do 2 m. O této vzdálenosti lze říci, že je více než ideální. Volba mezi třífázovým a jednofázovým provedením je ovlivněna hned několika faktory. Třífázově napájená tepelná čerpadla Aquarea nabízejí i možnost chlazení v letních měsících. Tato funkce není požadována pro tento projekt. Třífázové napájení tepelného čerpadla by v tomto objektu navíc znamenalo nutnost změny stávající instalace. Zvoleno je tedy jednofázové tepelné čerpadlo. V dalším výběru volíme typ čerpadla T-CAP. Čerpadla typu T-CAP (total capacity) jsou zatím ještě novinkou společnosti Panasonic a přinášejí možnost udržení stabilního jmenovitého výkonu i při venkovní teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ i bez pomoci topného tělesa. Navíc se u tohoto modelu počítá s nasazením do „tvrdsích“ podmínek, a tak je oproti modelům Standard a High Temperature vybaven kvalitnějším systémem odmrazování. Po zvolení všech požadovaných parametrů aplikace nabídne všechna čerpadla vyhovující požadavkům. Zobrazen je přesný název čerpadla, výkon a procentuální pokrytí tepelné ztráty objektu.

Aplikace tedy pomůže uživateli docela snadno vybrat vyhovující tepelné čerpadlo. V tomto případě jde o model WH-SXF09D3E5 Panasonic Aquarea o výkonu 9 kW, které tepelnou ztrátu objektu pokryje na 113 % (příloha D). Po dokončení zadávání parametrů již

dostáváme tabulku s rekapitulací nákladů na energii. Pro tento projekt by tedy roční náklady na energii činily 17 946 Kč. V následujícím kroku již aplikace nabízí poměrně velké množství přehledů, grafů, tabulek a srovnání, které mají distributorovi pomoci přesvědčit zákazníka k volbě vytápění tepelným čerpadlem. V dřívější části práce bylo zmíněno umělé zvýhodnění výsledků ve prospěch tepelného čerpadla. Při porovnání výsledků ročních nákladů s ostatními způsoby vytápění lze v této aplikaci poměrně snadno takového zvýhodnění dosáhnout. Vývojáři aplikace počítali s užitím aplikace zejména pro přesvědčení zákazníka o vhodnosti užití tepelného čerpadla. Aplikace nabízí možnost tisku dvou reportů, ve kterých je možné zobrazit údaje o spotřebě tepelného čerpadla ve srovnání s údaji o spotřebách jiných typů vytápění. Je zde možnost tabulkového nebo grafického znázornění. Koncový výstup dat z aplikace může působit cíleně sofistikovaným dojmem a nelze zamaskovat snahu výrobce, protlačit zákazníkovi myšlenku o vhodnosti užití tepelného čerpadla. Aplikace bohužel aktuálně nenabízí funkci alespoň orientační kalkulace investičních nákladů. Nicméně roční náklady na energii potřebnou pro výtop tepelným čerpadlem vystupují nezkreslené. Již nyní je tedy patrné, že dojde k jistému zvýšení úspor, ačkoliv to pro uživatele nebylo hlavním důvodem přechodu na tepelné čerpadlo. Pro vypočtení návratnosti je důležité co nejpřesněji zrekapitulovat investiční náklady.

Tab. 4 Rekapitulace investičních nákladů

| Položka | Částka |
|----------------------------|-------------------|
| tepelné čerpadlo | 148 000 Kč |
| nádrž TUV | 36 200 Kč |
| příslušenství TČ | 12 400 Kč |
| osazení TČ + příslušenství | 19 300 Kč |
| podlahové topení | 17 835 Kč |
| podlahová krytina | 25 860 Kč |
| stavební úpravy | 18 400 Kč |
| topenářské práce | 32 700 Kč |
| uvedení systému do provozu | 5 000 Kč |
| revize a tlakové zkoušky | 4 700 Kč |
| Celkem | 320 395 Kč |

Uvedené ceny u jednotlivých položek byly konzultovány se společností HC Kredit Kraslice a jsou nastaveny tak, aby odpovídaly realitě. Cena za podlahovou krytinu byla poptávána v prodejně Realstep Plzeň. Celkové předpokládané investiční náklady tohoto projektu činí 320 395 Kč. Částka je takto nízká zejména díky malému nároku na stavební úpravy objektu. Při porovnání nákladů na vytápění objektu dřevem a tepelným čerpadlem je

roční úspora 49 %. Výtop dřevem se řadí mezi levnější varianty vytápění objektů, a proto roční úspora nedosahuje vyšších hodnot, což se samozřejmě projeví na následné návratnosti investic. Pro rok 2013 je roční úspora při vytápění tepelným čerpadlem 17 054 Kč. Při stanovení návratnosti investic lze jen stěží odhadnout vývoj růstu ceny elektrické energie. Při cenách energie platných pro rok 2013 je návratnost investic do pořízení tepelného čerpadla téměř 15 let. V měřítku „dobrých a špatných“ návratností znamená 15 let opravdu špatnou návratnost. V oboru tepelných čerpadel to znamená ve své podstatě nulovou návratnost nebo návratnost v době, kdy už tepelné čerpadlo bude za hranicí své životnosti. U tohoto projektu není tento údaj návratnosti překvapující. Stanovený počet topných dní dřevem není vzhledem k počtu topných dní TČ objektivní. Uživatel se rozhodl pro tepelné čerpadlo z důvodu pohodlí nikoli z důvodu zvýšení úspor. Lze tedy projekt ohodnotit kladně, protože funkce tepelného čerpadla svůj účel splní.

4.4 Hodnocení doby návratnosti

Trendem dnešní doby je snižování energetické náročnosti budov. Pro tento projekt znamená snížení energetické náročnosti budovy i zkrácení doby návratnosti investic. V praxi jde o zkvalitnění izolačních vlastností budovy, což není uživatelem objektu požadováno. Špatné izolační vlastnosti objektu, zapříčiněné zejména špatně těsnícími dveřmi, starými okny a jen špatně tepelně izolovanou vstupní částí, se nejvíce podepisují na prodloužení doby návratnosti. Ve prospěch špatné doby návratnosti také mluví fakt, že zadaných 35 000 Kč bylo uživatelem stanoveno sice jako roční náklad na výtop dřevem, ale skutečná doba otopu byla uživatelem zadána jako 90 dní v roce. Tepelné čerpadlo pracuje s celoročním chodem, což splňuje představu uživatele, kdy si přál (nebylo to však podmínkou) možnost udržování teploty v objektu i v době, kdy není zrovna využíván. Pokud by spotřeba dřeva zadaná pro 90 dní výtopu byla přepočítána na celý rok (tj. topnou sezonu přibližně 220 dní) vzrostou náklady na pořízení dřeva odhadem dvojnásobně a doba návratnosti investic se zkrátí. Uživatel zároveň nebyl schopen doložit spotřebu elektrické energie za ohřev teplé užitkové vody. Protože ohřev vody nebyl bezpodmínečným požadavkem, nebylo nutné se touto problematikou zabývat. Ohřev teplé vody byl zahrnut do projektu až v průběhu výpočtu a návrhu. Bylo by téměř nesmyslné nevyužít možností tepelného čerpadla a ohřívat vodu i nadále boilerem, když investice do ohřevu teplé vody navýší celkovou investici přibližně jen o 40 000 Kč. Částka ušetřená za ohřev teplé vody by také reálnou dobu návratnosti investic zkrátila, a to razantním způsobem. Nynější stav ohřevu teplé vody je realizován boilerem

napájeným energií bez použití levnější sazby energie a jeho spínání obsluhuje uživatel dle potřeby. Součástí nemovitosti je vlastní studna bez měření spotřebované vody. Nelze tedy přesně stanovit spotřebu elektrické energie pro ohřev teplé vody. Tepelné čerpadlo bude napájeno energií s využitím zvýhodněné sazby.

Pro stanovení doby návratnosti, více odpovídající realitě, je nutné přepočítat náklady na dřevo na stejnou topnou sezonu, kterou pracuje tepelné čerpadlo a stanovit alespoň odhadem roční náklad na energii spotřebovanou boilerem. Standardní topná sezona představuje přibližně 220 dní v případě obývání objektu po celý rok. Roční spotřeba dřeva v případě obývání objektu celoročně zákonitě zásadně vzroste. Stávající systém vytápění se sice zdá být dostačující, ale z praxe je známo, že teplota uvnitř tohoto objektu rychle klesá a pro její udržení na komfortní úrovni je nutno spotřebovat velké množství dřeva. Z toho vyplývá, že celoroční výtop stávajícím systémem není vůbec výhodný v porovnání s výtopem pomocí tepelného čerpadla. energii spotřebovanou boilerem bez udaných vstupních dat lze odhadnout velice obtížně, proto je tedy stanovena na 2 000 Kč za rok.

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Náklad na dřevo pro otop 90 dní | 35 000 Kč |
| Náklad na dřevo pro otop 220 dní | 85 555 Kč |

Po přepočtení nákladu na výtop dřevem a zohlednění spotřeby boileru se hodnota roční úspory dostává na částku 69 609 Kč ročně – s údaji zadanými pro rok 2013. Míra úspory vzroste na 79 %. Výsledná prostá doba návratnosti se mění z původních 15 let na 4,6 let. Zaokrouhleně je dle vzorce (1) doba návratnosti investic v tomto případě 5 let. Takto přepočtená doba návratnosti investic odpovídá dnešní průměrné době návratnosti.

$$T = \frac{IN}{CF} \quad (1)$$

V podstatě považuji za důležité zmínit konkurenční systémy levného vytápění. V současné době je trendem pořizování kotlů na tzv. pelety a výtop s tímto systémem lze efektivně srovnávat se systémem tepelného čerpadla. Lze jen těžko odhadnout vývoj cen energií, ale určitě je vhodné do budoucna předpokládat obecný nárůst cen. Proč tedy nevyužít vytápění tepelným čerpadlem, které ve většině případů vede ke zvýšení úspor.

4.5 Porovnání s ostatními systémy vytápění

V celé této kapitole bylo průběžně srovnáváno tepelné čerpadlo s vytápěním pomocí tuhých paliv a to konkrétně s výtopem pomocí dřeva. Jak již bylo stanoveno, tepelná ztráta

objektu nabývá hodnoty přibližně do 8 kW. V porovnání z finančního hlediska bylo jasné, že užití tepelného čerpadla vyjde levněji a to zejména díky nemožnosti regulace stávajících litinových kamen. Jedním z hlavních požadavků uživatele bylo zvýšení komfortu při obsluze topného systému. Zvýšením komfortu bylo myšleno zejména snížení náročnosti skladování paliva, nošení paliva ke kamnům a přidáváním paliva do kamen. Užití elektrických přímotopů si uživatel nepřál a tak se dá říci, že díky poloze objektu jiný systém vytápění než tepelné čerpadlo nepřipadl v úvahu. Zanedbám-li požadavky uživatele, nabízí se zajímavé srovnání tepelného čerpadla s některou z jiných možností výtopu. Stanovme tedy, že roční spotřeba dřeva by čítala palivo o částce 85 555 Kč. Tento údaj vychází z jednoduchého výpočtu popsaného v dřívější kapitole. Dále stanovme, že roční náklady na energii s užitím tepelného čerpadla jsou přibližně 18 000 Kč. Úspora oproti dřevu je zde evidentní. Jako další pevnou hodnotu tohoto srovnání je nutno uvést pořizovací náklady systému s tepelným čerpadlem, které se u tohoto objektu vyšplhají přibližně na 350 000 Kč.

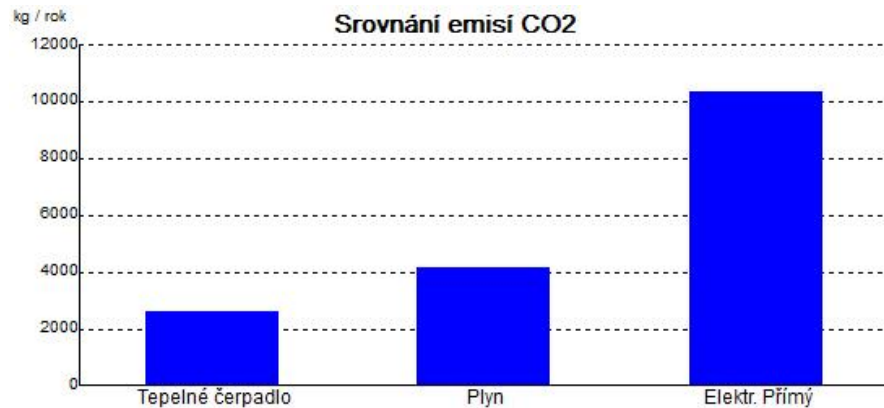
Pro výpočet nákladů na vytápění pomocí jiných topných systémů byl použit software Panasonic Aquarea Designer. Záměrně jsem v tomto softwaru vynuloval všechny nereálné a zkreslující hodnoty, které slouží k úpravě a zvýhodnění výsledků při nabízení tepelného čerpadla zákazníkům. Výsledky jsou uvedeny v tabulce a náhled na výpočet pomocí softwaru je součástí příloh (příloha G).

Tab. 5 Porovnání nákladů

| Typ vytápění | Počáteční investice [Kč] | Roční náklady na teplo [Kč] |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Tuhá paliva - dřevo | - | 86 842 Kč |
| Elektrické přímotopy | 28 000 Kč | 58 172 Kč |
| Plynový kotel | 124 000 Kč | 51 731 Kč |
| Tepelné čerpadlo | 350 000 Kč | 18 000 Kč |

Z tabulky je jasné, že vytápění dřevem se opravdu vyplatí ze všeho nejméně. Náklady na výtop dřevem se nepatrně liší od nákladů, které jsem uváděl dříve a to z důvodu jiného výpočtového postupu programu PAD. Hodnota počátečních investic je vypočtena ručně a je spíše hodnotou orientační, přesto však reálnou. Uvedená výše nákladů zahrnuje pořízení celého systému, jeho následnou instalaci, zprovoznění a odzkoušení. K výpočtu byly použity průměrné ceny zjištěné napříč trhem a vztaženy k cenám osvědčených dodavatelů těchto technologií. Shrnu-li výsledek tohoto srovnání, pak mohu konstatovat, že pořízení systému tepelného čerpadla, znamená nejvyšší počáteční investici, ale zároveň největší míru úspory. Výsledek potvrzuje zkušenosti z praxe i tvrzení, na kterých je nejvíce založena propagace tepelných čerpadel.

Ekologie tepelných čerpadel je hojně diskutované téma. Jednoznačným faktem mluvícím ve prospěch tepelných čerpadel je nižší spotřeba elektrické energie a podíl energie získané z obnovitelného zdroje, v porovnání s jinými zdroji tepla. Srovnání produkce CO₂ v kilogramech znázorňuje graf. Nižší produkce CO₂ tepelnými čerpadly je nepopíratelná.



Obr. 8 Srovnání emisí pomocí PAD

Ekologii použití tepelného čerpadla je možné posuzovat z více faktorů. Jedním z dalších a často diskutovaných je názor, který tvrdí, že při výrobě tepelného čerpadla dochází k větší spotřebě elektrické energie, produkci CO₂ a jiných škodlivin, než kolik zvládne za svoji životnost tepelné čerpadlo uspořit. Tudíž je tedy čerpadlo neekologické. Získání informací, pomocí kterých bych si troufl označit předchozí tvrzení za fakt či mýtus, bylo tak obtížné, že jsem nakonec od tohoto upustil. Mám-li toto zhodnotit vlastním názorem, pak si jednoznačně troufám tvrdit, že jde o mýtus a nevěřím, že v porovnání s výrobou ostatních spotřebičů, by výroba tepelného čerpadla měla zásadně horší ekologický dopad.

Nevyvratitelné je ovšem použití chladiva, které se nachází v okruhu tepelného čerpadla. V minulosti byla chladiva označována pod obchodním názvem „freon“. Všeobecně do dnes panuje mínění, že použití freonů je velice nevhodné a zvláště ohrožující ozonovou vrstvu. Důležitým faktem tohoto problému je, že nebezpečí hrozí pouze v případě nekontrolovaného úniku, nikoli při samotném používání. Běžně jsou dnes na trhu dostupná čerpadla, která pracují v okruhu s propanem. Pod názvem freon se ukrývá skupina chladiv označovaných počátečním písmenem R. V počátcích konstruování tepelných čerpadel byla hojně vyráběna čerpadla s chladivy R11 a R12, též označovanými jako tvrdé freony. Postupem času byla tato chladiva nahrazena chladivy R22 a R134a, které měli na ozonovou vrstvu podstatně menší škodlivý vliv oproti svým předchůdcům. V současné době je hojně používáno chladivo typu R407c, které je z výše uvedených chladiv nejvíce přátelským vůči ozonové vrstvě. Použití

chladičů bohužel jasně staví tepelná čerpadla na méně výhodnou pozici v tomto srovnání, neboť v ostatních zmíněných systémech se žádná látka tomuto podobná nevyskytuje. Přesto však při užití tepelného čerpadla nehrozí žádné nebezpečí, pakliže je s čerpadlem správně zacházeno. V praxi to znamená, že při manipulaci s chladicím okruhem musí být chladivo nejprve odsáto ze systému. Je také nezbytné, aby tepelné čerpadlo, které již není funkční, bylo vhodně a ekologicky zlikvidováno.

4.6 Celkově hodnocení projektu

Po devíti měsících provozu výše uváděného projektu lze již o něco reálněji vyhodnotit vhodnost instalace celého systému, a to z více ohledů, než pouze po finanční stránce.

Instalace čerpadla byla dokončena v červenci 2013. Uživatelem byla poskytnuta data za měsíce srpen až prosinec 2013 a leden až březen 2014. Celkem lze tedy sledovat funkce čerpadla a spokojenost uživatele za 9 měsíců užívání, přičemž v této době je zahrnuta i nejpodstatnější část celého roku – topná sezona (zimní měsíce). K celkové roční platbě a vyúčtování za elektřinu bude přistoupeno teprve v červenci 2014, nicméně spotřebu lze sledovat z přibližných dat poskytnutých uživatelem a dle této spotřeby, lze i odhadnout přibližnou úsporu. Celková výše počáteční investice se vyšplhala na 348 251 Kč. Systém funguje tak, jak bylo předpokládáno a bez poruch.

4.6.1 Hodnocení uživatelem

Při zpětném ohlédnutí na stav před instalací tepelného čerpadla, uživatel hodnotí investici jako velice přínosnou. Znatelně narostl komfort při užívání celého objektu, a to jak v otázce obsluhy vytápění objektu, tak v teplotním komfortu uvnitř. Jak již bylo výše zmíněno, častým jevem bylo přetopení uvnitř místností a následná nutnost větrat. Tento fakt představoval jasný únik tepla, zbytečnou spotřebu paliva, a tím pádem navyšování nákladů na vytápění. Bylo tak činěno z důvodu špatné až téměř nemožné regulovatelnosti kamen sloužících k vytápění objektu.

Před instalací uváděl uživatel objektu roční cenu spotřebovaného dřeva v částce přibližně 35 000 Kč. Za uplynulých 9 měsíců bylo páleno dřevo z dřívě vytvořených zásob, a tak nebylo možné odhadnout přesnou hodnotu dřeva, které uživatel pálil tuto zimu. Uživatel předem počítal s tím, že z důvodu nižší spotřeby bude tepelné čerpadlo v době, kdy není objekt obýván pouze temperovat. Bylo jasně stanoveno, že použití stávajících kamen na tuhá paliva, bude nutné pro pouhé rychlé zvýšení teploty uvnitř objektu. Za celých devět měsíců

nastala nutnost vytopit objekt pomocí kamen pouze dvakrát. Poprvé v případě, kdy došlo k výpadku čerpadla. Výpadek byl zapříčiněn rozpojením napájecího obvodu. Objekt v následku výpadku prochládl a pro rychlejší docílení komfortní teploty bylo užito i kamen. Po druhé nutnost použití kamen nastala, když uživatel zapomněl před příjezdem pomocí aplikace pro smartphone zvýšit požadovanou teplotu uvnitř objektu. Spotřeba dřeva v těchto dvou případech byla odhadnuta maximálně na částku do 2 000 Kč. Dále uživatel uvádí, že během zimy, bylo několikrát zatopeno v kamnech, nikoli však kvůli nutnosti zvyšování teploty. Takto spotřebované dřevo odhaduje na částku do 1000 Kč. Spotřeba dřeva klesla na přibližných 3 000 Kč. Tuto částku lze porovnat s původní částkou 35 000 Kč, která byla uváděna jako celoroční spotřeba, ale je jasné, že větší podíl paliva byl spálen v průběhu zimních měsíců.

Uvedená spotřeba elektrické energie za výše zmiňované uplynulé období čítá 3975 kWh. Bohužel je tato spotřeba uvedena bez podílu spotřeby v době levného tarifu a v době drahého tarifu. Pokud bych pracoval s pesimistickou verzí výpočtu, lze celou spotřebu přepočítat na částku, kterou by bylo nutno zaplatit, kdyby spotřeba byla vytvořena pouze ve vysokém tarifu. Při takovém výpočtu by částka za spotřebovanou elektrickou energii činila 12 250 Kč. Lze předpokládat, že v zimních měsících byla spotřeba vyšší než v měsících mimo topnou sezonu, pro následující hodnoty je však tento fakt zanedbán. Pokud uvedený údaj o částce za spotřebovanou elektrickou energii přepočtu na částku odpovídající délce jednoho roku, získám částku přibližně 16 334 Kč, což je hodnota ještě o něco optimističtější než hodnota, která byla stanovena při odhadu před instalací čerpadla. Pokud obdobný výpočet provedu pouze pro spotřebu v nižším tarifu, dostávám pak částku 10 931 Kč za devět měsíců a 14 575 Kč za celý rok. Lze tedy odhadnout, že částka, která se objeví na rekapitulaci spotřeby a vyúčtování za celý rok se bude pohybovat v rozmezí 14 000 Kč až 17 000 Kč. Dle mého názoru lze tedy tento projekt zpětně hodnotit jako pozitivní. Zároveň mi přijde důležité poznamenat, že oproti jiným rokům, dosahovala průměrná venkovní teplota vyšších hodnot.

Nutno podotknout, že spotřeba dřeva, která vznikla vytápěním objektu v uplynulých devíti měsících, byla naprosto zbytečná a posloužila spíše pro zvýšení komfortu uživatelů objektu. Takto vzniklá spotřeba paliva by tedy nemusela být vůbec uvažována. Nelze však popřít, že prochládlý objekt byl tímto palivem vytopen o několik hodin rychleji, než by jej vytopilo tepelné čerpadlo. Vzhledem k charakteru užívání objektu, je tedy vhodné i tuto spotřebu akceptovat.

Závěr

V druhé kapitole je popsán základní princip tepelného čerpadla, který stručně zachycuje funkci hlavních částí, a popsáno čerpadlo jako funkční celek. Předmětem této bakalářské práce nebyl detailní popis principu funkce, a tak je princip opravdu jen nastíněn.

Následující kapitola pojednává o jednotlivých typech tepelných čerpadel, rozlišených dle okolí, které slouží jako zdroj nízkopotenciálního tepla. Všechny typy jsou popsány tak, aby byly jasně patrné rozdíly mezi jednotlivými systémy. O něco větší pozornost je v této kapitole věnována tepelnému čerpadlu vzduch – voda, které je častěji zmiňováno i v dalších částech práce a to z několika důvodů:

- Systém vzduch – voda je čím dál tím častější volbou uživatelů.
- Kapitola o návratnosti pojednává o systému vzduch – voda.
- V poslední době prošel systém vzduch – voda zásadním vývojem.

Kapitola tři se týká analýzy stavu trhu s tepelnými čerpadly, a to zejména v České republice. V krátkosti představuje několik, dle mého mínění, zajímavých modelů tepelných čerpadel. Trh s tepelnými čerpadly je obsáhlý natolik, že samotná kapitola by svým rozsahem mohla být několikanásobně delší. Jako důležité jsem shledal zmínit jeden z nejzákladnějších faktorů ovlivňujících výši úspor. Tím je cena elektrické energie a její zvýhodněné dvoutarifové sazby, které jsou nastavené pro výhodný provoz tepelných čerpadel. Důležitou částí v této kapitole je zmínka o pěti výrobcích tepelných čerpadel, které považuji z rozličných důvodů za zajímavé pro potencionální zákazníky. Považuji za bezpředmětné zmiňovat se o jednotlivých výrobcích a jejich tepelných čerpadlech ve větším rozsahu, než v jakém jsem zvolil. Zaznamenání detailnějších informací ať už o samotných čerpadlech nebo jejich výrobcích se jeví jako zbytečné z důvodu degradace této práce z pohledu jistého zachování nadčasovosti. Vývoj tepelných čerpadel není u konce, a proto je jasné, že aktuální údaje o čerpadlech a výrobcích rychle zastarají.

Poslední, dle mého názoru nejzajímavější, kapitola vysvětluje chápání užití tepelného čerpadla jako životního stylu, který mimo jiné nabízí možnost úspory nákladů na vytápění. Jasně je vyzdvížena přednost přinášející zvýšení komfortu, která je budoucími uživateli či jen zájemci o tepelné čerpadlo často opomíjena. Projekt, kterým se kapitola zabývá, byl mnou navržen, diskutován se zákazníkem a následně i realizován. Jsou zde porovnány náklady na

vytápění dřevem, tepelným čerpadlem, elektrickými přímotopy a plynovým kotlem. Zároveň je názorně ukázáno, jak je důležité, správně stanovit délku skutečného topného období.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] TEPELNÁ ČERPADLA IVT. *Typy tepelných čerpadel* [online]. 3/2013 [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [2] ŽERAVÍK, Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo*. první. Přerov: EURO-PRINT spol.s.r.o., 2003. ISBN 80-239-0275-X.
- [3] Tepelná čerpadla. *TZB-info* [online]. 3/2013 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [4] Jak je to vlastně s topným faktorem (I, II, III). KLAZAR, Luděk. *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2432-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-i>
- [5] Princip tepelných čerpadel. KOSTEČKA GROUP SPOL. S R.O. *Kostečka* [online]. Praha, 2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.kostecka.net/tepelna-cerpadla/princip-tepelnych-cerpadel>
- [6] Zelená úsporám. *Zelená úsporám - Aktuality* [online]. 2012 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.nova-zelenausporam.cz/>
- [7] Státní dotace na tepelná čerpadla 2013. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. Praha, 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/statni-dotace-na-tepelna-cerpadla-2013>
- [8] Výhřevnost a měrné jednotky palivového dřeva. NOVÁK, Jan. *TZB - info* [online]. 2012 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>
- [9] Přehled cen elektrické energie. *TZB - info* [online]. 2013 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie#d55>
- [10] PZP HEATING A.S. *Tepelná čerpadla PZP* [online]. Dobré u Dobrušky, 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-pzp.cz/>
- [11] PANASONIC. *Nová řada vysoce účinných tepelných čerpadel Aquarea: EU_A2W_CZ_AQUAREA*. 2013 [cit. 2013-04-26], Dostupné z: http://www.tsc-lg.cz/verejne-soubory?adresar=KATALOGY_Panasonic/Panasonic_katalogy_2013/
- [12] TRAINING & SERVICE CENTER S.R.O. *T&S Center: Partnerská zóna* [online]. 2012 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.tsc-lg.cz/ke-stazeni/partnerska-zona>
- [13] MITSUBISHI ELECTRIC. *Zubadan, tepelné čerpadlo od výrobce Mitsubishi Electric* [online]. 2011 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.zubadan.cz/>
- [14] NIBE ENERGY SYSTEMS CZ. *Švédská tepelná čerpadla ohříváče vody* [online]. 2012 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz>
- [15] Levná tepelná čerpadla. BLÁHA, Marek. ASOCIACE PRO VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL. *TZB - info* [online]. 2010 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/6210-levna-tepelna-cerpadla-vyhodna-koupe-nebo-rizikova-investice>

Seznam příloh

- Příloha A: Panasonic Aquarea Designer, krok 1
- Příloha B: Panasonic Aquarea Designer, krok 2
- Příloha C: Panasonic Aquarea Designer, krok 3
- Příloha D: Panasonic Aquarea Designer, krok 4
- Příloha E: Panasonic Aquarea Designer, výsledná data
- Příloha F: Panasonic Aquarea Designer, konečná obrazovka s volbou reportu
- Příloha G: Panasonic Aquarea Designer, porovnání nákladů na vytápění

Příloha A – Panasonic Aquarea Designer, krok 1

Bakalářská práce - Návrh - Data budovy

Adresa zákazníka

Jméno

Ulice

PSC / město

Vyberte tarif

Požadavky na standardní topení

Vytápěná plocha [m²]

Standardní požadavek na topení [kW]

Data klimatu

Venkovní teplota návrhu [°C]

Nejvyšší teploty topné vody

Průtok [°C] Zpětná [°C]

Příloha B – Panasonic Aquarea Designer, krok 2

Bakalářská práce

- Návrh - Údaje o tarifu a sazbě

Tarifní období a sazba za elektřinu pro tepelné čerpadlo

Den 0 do 22 hodin 308 h/kWh

Noc 22 do 0 hodin 275 h/kWh

Doby odstavení v pracovních dnech

Při denním tarifu 0 h

Při nočním tarifu 0 h

Stejně časy o víkendech

Víkendy bez časů odstávky

Sazby pro prvky elektrického topení

Monoenergetický provoz

Stejně jako tepelné čerpadlo

18 h/kWh

Následný ohřev horké vody

Stejně jako tepelné čerpadlo

18 h/kWh

Hodnota pro oběhová čerpadla (topení, teplou vodu a solární)

Stejně jako tepelné čerpadlo

18 h/kWh

Vyberte tarif stříbná

OK Storno Použít Nápověda

Příloha C – Panasonic Aquarea Designer, krok 3

Bakalářská práce - Návrh - Údaje horké vody

Teplá voda s tepelným čerpadlem

Typ nádrže horké vody: WH-TD20E3E5

Celková denní potřeba [litry] (přibl. 50 litrů na osobu): 150

Cílová teplota zásobníku TUV [°C]: 50

Objem zásobníku TUV [litry]: 200

WH-TD30B3E5 / WH-TD20B3E5
Sanitární nádrž s dobrým rozvrstvením a malým mísením teplot vody. Voda se ohřívá ze vstupní teploty na cílovou v jednom průchodu. Vzhledem k tomu, že je teplota vody na začátku ohřevu nižší, dosahuje se lepšího koeficientu účinnosti.

Zobrazit princip skica

< Zpět Další > Storno Nápověda

Příloha D – Panasonic Aquarea Designer, krok 4

Bakalářská práce - Návrh - Výsledná data

1. Režim práce, počet, bivalentní teplota

monovalentní Číslo

Monoblok Dvojitý blok
 Jedofázové Třífázové
 Pouze topení Topení a chlazení
 Standard T-CAP
 High Temperature

2. Vhodná tepelná čerpadla

Najít vhodná tepelná čerpadla

Výkon: 8.0 kW (průtok: 35.6 / zdroj: -15.0 °C)

| | | |
|--------------|---------|-------|
| WH-SXF09D3E5 | 9.0 kW | 113 % |
| WH-SXF12D6E5 | 12.0 kW | 150 % |

Další informace k vybranému tepelnému čerpadlu

WH-SXF09D3E5 vzduch / voda

Doporučený průtok [m²/h]

Projekt mit themischer Solaranlage

In monovalent mode of operation the heat pump is the only heat generator in the building; its heat output must be sufficient for heating and hot water service. This method of operation is suitable for all low-temperature heating systems up to the maximum supply temperature.

< Zpět Dokončit Storno Nápověda

Příloha E – Panasonic Aquarea Designer, výsledná data

Ohodnocení - Bakalářská práce

| | | |
|---|--|--|
| <p>Náklady na energii [Kč / rok] (včetně Tepelné oběhové čerpadlo, Ventilátor, odmrazení)</p> <p>Rozděleno do zdrojů tepla</p> <p>Tepelné čerpadlo <input type="text" value="17946"/></p> <p>+ Topné těleso ohřevu horké vody <input type="text" value="0"/></p> <p>Rozděleno do spotřebičů tepla</p> <p>Vytápění domu <input type="text" value="11700"/></p> <p>+ Cooling <input type="text" value="0"/></p> <p>+ Horkovodní topení <input type="text" value="3475"/></p> <p>+ přídatná oběhová čerpadla <input type="text" value="2771"/></p> <p>Roční náklady na energii <input type="text" value="17946"/></p> | <p>Doba provozu tepelného čerpadla [h/rok]</p> <p>Vytápění domu <input type="text" value="1787"/> Ohřev horké vody <input type="text" value="359"/></p> <p>Příkon tepelného čerpadla a přídatných agregátů [kWh/rok]</p> <p>Vytápění domu <input type="text" value="4014"/> Ventilátor zahmutý v datech tepelného čerpadla</p> <p>Ohřev horké vody <input type="text" value="1193"/> Tepelné oběhové čerpadlo(a) <input type="text" value="950"/></p> <p>Příkon Topné těleso ohřevu horké vody [kWh/rok]</p> <p>Vytápění domu <input type="text" value="0"/> Ohřev horké vody <input type="text" value="0"/></p> <p>Solární přínos [kWh/rok]</p> <p>Topení <input type="text" value="0"/> Teplá voda <input type="text" value="0"/></p> <p>Roční koeficient <input type="text" value="3.79"/> <input checked="" type="checkbox"/> s celkovým pomocným výkonem</p> | <p>Výsledky dům</p> <p>Porovnání provozních nákladů</p> <p>Porovnání investičních nákladů</p> <p>Emise CO2</p> <p>Úspory CO2</p> |
|---|--|--|

Malé report Velký report Nápověda OK

Příloha F – Panasonic Aquarea Designer, konečná obrazovka s volbou reportu

The screenshot displays the Panasonic Aquarea Designer software interface. The window title is "Panasonic Heat Pump Simulation Software Aquarea Designer - [Bakalářská práce]". The menu bar includes "Soubor", "Úprava", "Zobrazit", "Příslušenství", "Hlavní data", and "Okno".

Left Sidebar (Navigation):

- Rychlý návrh
- Odborný návrh
- Otevřít projekt
- Porovnání nákladů
- Prices
- Výsledky domu
- Roční vyhodnocení
- Vytvořit zprávu
- Nápověda

Top Right (Panasonic logo and settings):

- Údaje tepelného čerpadla: WH-SXF09D3E5
- Stupeň zdroje [%]: 113
- Celkové roční náklady: 17996
- Roční koeficient: 3.79

Central Data Visualizations:

- Výsledek domu [kWh]:** Bar chart showing monthly energy consumption. Y-axis: 0 to 4000 kWh. X-axis: months (L, U, B, D, K, U, B, S, R, L, F).
- Nákladů na obsluhu [Kč / rok]:** Bar chart showing annual operating costs for different energy sources. Y-axis: 0 to 80000 Kč. X-axis: line, čerpadlo, oil, Plyn, Topk, čistič, topka, PPH.
- Investičních nákladů [Kč / rok]:** Bar chart showing annual investment costs for different energy sources. Y-axis: 0 to 80000 Kč. X-axis: line, čerpadlo, oil, Plyn, Topk, čistič, topka, PPH.
- Pokrytí energie:** Stacked area chart showing energy coverage over a period from -16 to 8. Y-axis: 0 to 10.
- Emise CO2 [kg / rok]:** Bar chart showing annual CO2 emissions for different energy sources. Y-axis: 0 to 10000 kg. X-axis: line, čerpadlo, oil, Plyn, Topk, čistič, topka, PPH.

Right Side (House Model and Report Options):

- 3D cutaway model of a house.
- Buttons: "Quick report", "Velký report".

Bottom Left: "Press F1 to start help"

Bottom Right: "NUM" button

Příloha G – Panasonic Aquarea Designer, porovnání nákladů na vytápění

Ekonomická srovnání - Bakalářská práce

Porovnání nákladů na obsluhu | Porovnání investičních nákladů | Systémy topení

| Topení s | Cena h/kWh | Průměrná roční účinnost v % | Dodatečné náklady Kč / rok | Celkové náklady Kč / rok | |
|--|----------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|--|
| Tepelné čerpadlo (včetně Tepelné oběhové čerpadlo, Ventilátor, odmrazení) | | | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="17946"/> | |
| Topný olej (1 litr má asi 10 kWh) | <input type="text" value="6.5"/> | <input type="text" value="85"/> | <input type="text" value="46140"/> | <input type="text" value="0"/> | |
| Plyn | <input type="text" value="249"/> | <input type="text" value="95"/> | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="51731"/> | |
| Topení dřevem (jméno lze editovat na stránce možnosti) | <input type="text" value="220"/> | <input type="text" value="50"/> | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="86842"/> | |
| | <input type="text" value="0"/> | Hodnota pro tepelné oběhové čerpadlo(a) | | | |
| Elektrické noční akumulární topení | <input type="text" value="12"/> | <input type="text" value="99"/> | <input type="text" value="51000"/> | <input type="text" value="0"/> | |
| Elektrický (přímotop) | <input type="text" value="280"/> | <input type="text" value="95"/> | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="58172"/> | |