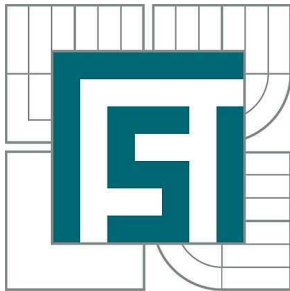


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

TEPELNÁ ČERPADLA – ZKUŠENOSTI Z PROVOZU

HEAT PUMPS – PRACTICAL EXPERIENCE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VLASTIMIL DVOŘÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Dvořák Vlastimil

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

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

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

Tepelná čerpadla – zkušenosti z provozu

v anglickém jazyce:

Heat pumps – practical experience

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tepelná čerpadla se stala často používaným zdrojem tepla pro vytápění a přípravu teplé vody a zájem o ně dále roste. Jedná se však o nemalou investici, jejíž výhodnost je třeba důkladně zvážit. Při rozhodování mohou potenciálním investorům významně pomoci informace o již realizovaných projektech.

Cíle bakalářské práce:

Shromážděte dostupné informace o realizovaných aplikacích tepelných čerpadel pro vytápění budov a přípravu teplé vody. Tam, kde to získané údaje umožňují, posuďte jejich energetickou a ekonomickou výhodnost. Formulujte závěry a doporučení pro jejich využití v této oblasti.

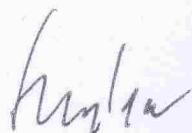
Seznam odborné literatury:

- Dvořák, Z., Klazar, L., Petrák, J.: Tepelná čerpadla. SNTL, Praha, 1987.
Srdečný, K., Truxa, J.: Tepelná čerpadla. ERA Group, Brno, 2005.
Tintěra, L.: Tepelná čerpadla. ABF, 2003.
Karlík, R.: Tepelné čerpadlo pro váš dům. Grada Publ., 2009.
Schulz, H.: Teplo ze slunce a země. Nakl. HEL, Ostrava, 2002.
Internetové, časopisecké a jiné zdroje dle vlastního výběru studenta.

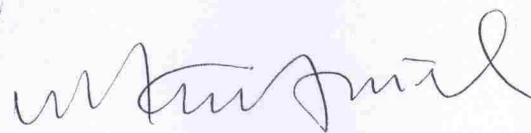
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 22.10.2009



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je shromáždit dostupné údaje o realizovaných projektech tepelných čerpadel a posoudit jejich vhodnost, výhodnost a návratnost investice. Úkolem je také posoudit ekonomickou stránku tepelných čerpadel a vhodnost jejich instalací.

ABSTRACT

The main aim of the bachelor's work is to collect available data about realized project of heat pumps and to consider their suitability, convenience and economic return of the investment. Further objective is to consider the economy viewpoint of heat pumps and suitability of their installations.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelné čerpadlo, topný faktor, úspory energie.

KEYWORDS

Heat pump, COP (coefficient of performance), energy savings.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DVOŘÁK, V. *Tepelná čerpadla – zkušenosti z provozu. Bakalářská práce.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 34 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma
Tepelná čerpadla – zkušenosti z provozu vypracoval samostatně dle rad a pokynů vedoucího
bakalářské práce, s použitím odborné literatury a internetových stránek.

Dne 27.5.2010

.....
Vlastimil Dvořák

PODĚKOVÁNÍ

Úvodem bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Michalu Jarošovi, Dr. za poskytnutí rad a návodů k psaní bakalářské práce. Dále pak společnosti TERMO KOMFORT, s.r.o. za poskytnutí cenných informací a praktických zkušeností a v neposlední řadě své rodině a přítelkyni za neustálou podporu a pomoc.

OBSAH:

1. ÚVOD	15
2. PRINCIP FUNKCE TEPELNÝCH ČERPADEL	16
3. HISTORIE TEPELNÝCH ČERPADEL A JEJICH VÝVOJ NA TRHU	17
4. ZDROJE TEPLA PRO TEPELNÁ ČERPADLA	19
5. REALIZOVANÉ INSTALACE TEPELNÝCH ČERPADEL	22
5.1 Tepelná čerpadla typu země/voda	22
5.2 Tepelná čerpadla typu vzduch/voda	24
5.3 Tepelná čerpadla typu voda/voda	29
5.4 Tepelná čerpadla s netradičními zdroji tepla	29
6. DISKUSE	30
7. ZÁVĚR	32
8. SEZNAM POUŽITÉ LETERATURY	33

1. ÚVOD

Tepelnými čerpadly se zabývají [21] [22] [23].

Tepelná čerpadla pro vytápění a ohřev vody se v poslední době objevují stále častěji u nových staveb i u starších budov. V dnešní době je z důvodu zvyšování cen energií snaha co nejvíce snížit náklady na vytápění. Neméně důležitým faktorem je snižování emisí skleníkových plynů a nečistot, vzniklých spalováním například dřeva a uhlí. V České republice je tato technologie poměrně nová a v současnosti je u nás instalováno přes 20 000 tepelných čerpadel [20]. V jiných státech je ale použití tepelného čerpadla běžnou záležitostí. Ve Švýcarsku, kde se klade velký důraz na životní prostředí, je jimi vytápěno již 60 % nových rodinných domů, ve Švédsku je zaznamenáno jejich využití ve více než 90 % novostaveb [23].

Tepelné čerpadlo je pohodlný způsob vytápění a ohřevu teplé vody, kde jsou nulové emise plynů a odpadají starosti spojené s topením dřevem, jako jsou skladování dřeva, vynášení popela a nutnost přikládat. V některých případech, kdy nechceme topit dřevem nebo uhlím, jsme mimo dosah plynového vedení nebo máme slabou elektrickou přípojku, je to jediný způsob vytápění. Investice do tepelného čerpadla je však velká a je nutno ji pečlivě zvážit z hlediska výhodnosti a návratnosti.

2. PRINCIP FUNKCE TEPELNÝCH ČERPADEL

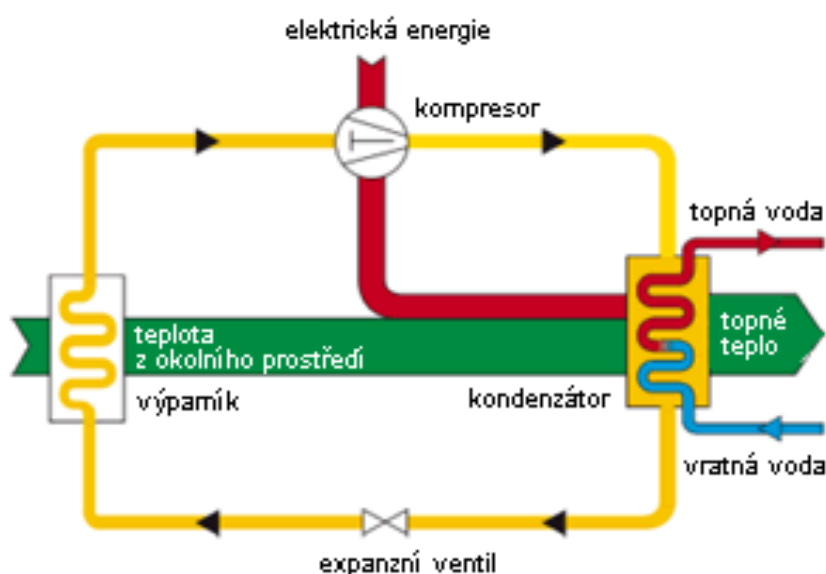
Principem funkce se zabývají [21] [22] [23].

Princip funkce tepelného čerpadla vychází z druhého termodynamického zákona, který říká, že teplo nemůže samovolně přecházet ze studenějšího tělesa na teplejší. Musíme mu tedy v tomto přestupu nějak pomoci. Takto funguje například lednička, ale také tepelné čerpadlo. Lednička odebírá teplo potravinám uvnitř a předává ho do okolního vzduchu, což se projeví zvýšenou teplotou kondenzátoru na zadní straně ledničky. Tepelné čerpadlo odebírá teplo nějakému externímu zdroji a předává ho dovnitř objektu, který vytápíme, nebo vodě, kterou ohříváme.

Základem dnešních tepelných čerpadel je kompresor, který stlačuje chladivo na vysoký tlak. Chladivo je látka s vhodnou teplotou varu, přes kterou se uskutečňuje přenos tepla. Dříve se používaly freony, které jsou však neekologické. Dnes už se používají chladiva ekologická. Pro tepelná čerpadla se používají převážně spirálové kompresory, které dosahují vysokých tlaků, jsou tiché a mají vysokou životnost.

Tepelné čerpadlo má dva tepelné výměníky. Výparník a kondenzátor. Ve výparníku se chladivo odpařuje. Pro vypaření potřebuje skupenské teplo, které odebere látce, která je na druhé straně výměníku. Chladivo v plynné podobě putuje do kompresoru, který ho stlačí a tím i současně ohřeje. Následně médium putuje do kondenzátoru, kde je mu odebráno teplo, které se předává topné látce, kterou může být voda nebo vzduch. Současně médium zkondenzuje zpátky na kapalinu. Odebrané teplo je opět skupenské, tedy potřebné pro změnu skupenství látky. Z kondenzátoru jde chladivo do škrticího ventilu, kde je přesně regulován jeho vstřík znovu do výparníku. Celý cyklus se neustále opakuje.

Hlavní výhodou tepelného čerpadla spočívá v tom, že neplatíme celou energii, kterou nám čerpadlo dodá do topného systému, ale pouze tu část, kterou potřebují pro provoz jeho součásti. Část energie tedy dodáme ve formě elektřiny a zbytek se odebírá z venkovního prostředí – to je část, která je zadarmo. Výhodnost tepelného čerpadla je vyjádřena topným faktorem, který se rovná podílu tepelného výkonu a potřebného příkonu tepelného čerpadla. Čím je topný faktor vyšší, tím levněji tepelné čerpadlo topí. Hodnota topného faktoru závisí na teplotě zdroje tepla a teplotě, na kterou ohříváme topné médium. Čím je tento rozdíl vyšší, tím větší teplotní spád musíme překonávat a tím topný faktor klesá.



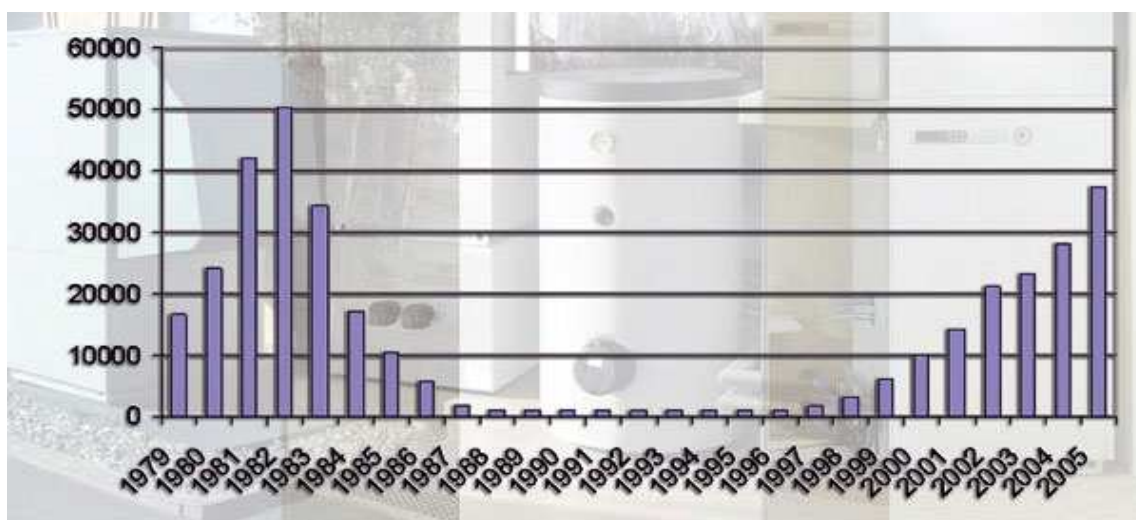
Obr. 2.1 Princip funkce tepelného čerpadla [9]

3. HISTORIE TEPELNÝCH ČERPADEL A JEJICH VÝVOJ NA TRHU

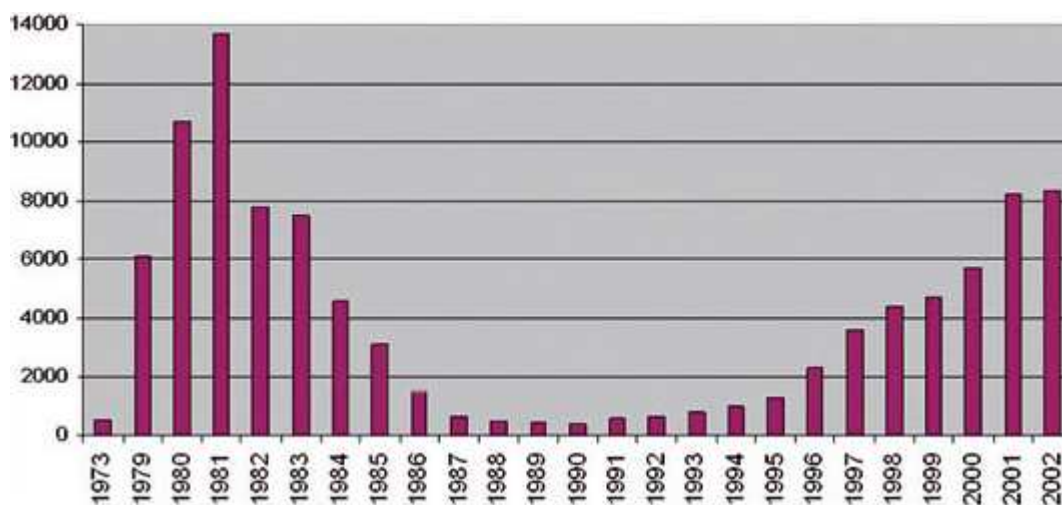
O historii tepelných čerpadel je pojednáno v [20].

První zmínky o tepelném čerpadle jsou již z 19. století v souvislosti s lordem Kelvinem, který jejich příchod předpověděl ve své druhé větě termodynamické. Z této věty logicky vyplývá, že pokud nemůže teplo přejít ze studenějšího tělesa na teplejší samo, musíme mu nějak pomoci. Tento problém řeší právě tepelné čerpadlo. Prakticky tento problém začal řešit ve čtyřicátých letech 20. století Robert Weber, který při svých pokusech s ochlazováním zjistil, že kondenzátor mrazicího přístroje se značně zahřívá. Při svých výzkumech se mimo jiné úspěšně zabýval i čerpáním tepla ze země.

Nástup tepelných čerpadel se datuje přibližně kolem roku 1980 v době ropné krize. V důsledku krize lidé ustupovali od vytápění olejem a fosilními palivy a snažili se najít jiný způsob získání tepla. V té době je zaznamenán velký nárůst počtu instalací tepelných čerpadel jak je vidět na obr. 3.1 a obr. 3.2. Z uvedených grafů je zřejmé, že vývoj tepelných čerpadel probíhal v zemích Evropy velice podobně.



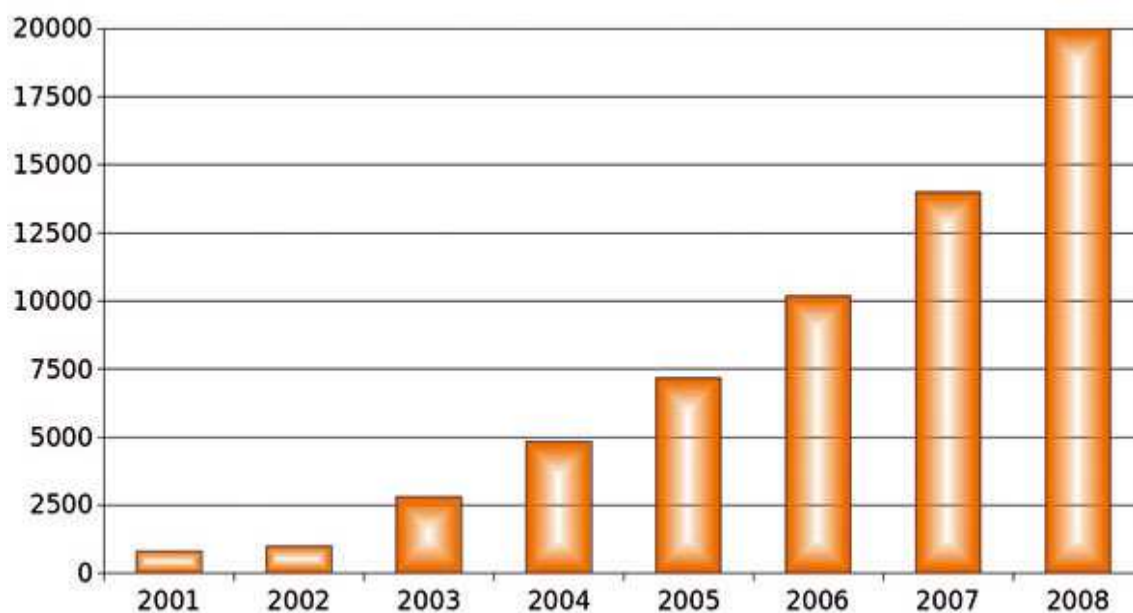
Obr. 3.1 Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel ve Francii [20]



Obr. 3.2 Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v Německu [20]

Počáteční strmý nárůst instalací v důsledku ropné krize byl vystřídán stejně strmým poklesem a následným více než desetiletým útlumem. Takový propad zájmu o tepelná čerpadla byl způsoben právě nečekaným objevením těchto zařízení na trhu. V té době ještě nebyla čerpadla na požadované technické úrovni, docházelo k častým poruchám a ekonomický výsledek instalací nebyl přesvědčivý a často byl i negativní. Dalším záporným faktorem byla nedostatečná odbornost firem provádějících instalace, které nebraly v potaz, zda bude tepelné čerpadlo fungovat správně s otopným systémem, který byl používán u předcházejícího druhu vytápění. Toto všechno vedlo ke ztrátě zájmu o tepelná čerpadla a dlouhému útlumu. Opětovný rozvoj nastává koncem 20. století se zvyšujícím se zájmem o životní prostředí.

V České republice je za počátek tepelných čerpadel považován rok 2000. Do té doby zde bylo instalováno jen několik kusů, především ze zájmu o novou technologii. Ceny energií byly tou dobou poměrně nízké a návratnost investice do tepelného čerpadla většinou přesahovala jeho životnost. Po roce 2000 dochází k nárůstu cen energií, což působilo příznivě na návratnost investice. Byly vytvořeny sazby za elektřinu speciálně pro domácnosti topící tepelným čerpadlem, sazba D 55 pro nižší sazbu elektřiny po dobu 22 hodin denně, a zavedení dotací na jejich instalace. Pozvolný nárůst počtu instalací odráží pozvolný nárůst cen energií. V roce 2000 vznikla též Asociace pro využití tepelných čerpadel, která podporovala jejich rozvoj a starala se o vzdělanost odborníků, aby se u nás neopakovaly chyby pozorované v 80. letech v jiných státech. Jak je vidět z obr. 3.3, se zvyšující se cenou elektřiny a paliv, bude růst i zájem o tepelná čerpadla.



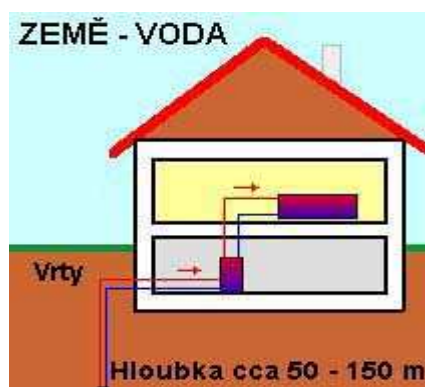
Obr. 3.3 Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v minulých letech [20]

4. ZDROJE TEPLA PRO TEPELNÁ ČERPADLA

Zdroji tepla pro tepelná čerpadla se zabývají [10] [21] [22] [23].

Teplo ze země

Teplo ze země lze odebírat v zásadě dvěma způsoby. Hlubkovým vrtem nebo plošným kolektorem. Vrty mívají hloubku přibližně 100 m, která se odvíjí od výkonu tepelného čerpadla. Obecně platí, že 1 m hloubky poskytne přibližně 50 W tepelné energie a každých 30 m vzroste teplota země o 1 °C. Šířka vrtu je asi 20 cm a vrty musí být umístěny minimálně 10 m od sebe, aby se vzájemně neovlivňovaly a poskytovaly požadovaný výkon. Tepelná čerpadla s hlubinným vrtem mají po celý rok stálý výkon což je jejich hlavní výhodou, neboť v hloubce 100 m je konstantní teplota přibližně 10 °C. Velká nevýhoda jsou vyšší náklady na vrt, kde 1 m vrtu stojí asi 1000 Kč, a je také třeba mít na provedení vrtu stavební povolení. Délka vrtu záleží na použití tepelného čerpadla. Pokud se používá celoročně, například pro ohřev bazénu, je třeba větší hloubky, aby byl zajištěn dostatečný tepelný výkon. Pokud se tepelným čerpadlem pouze topí během topné sezóny, může být vrt kratší, protože se během teplejšího období, kdy z něj není čerpáno teplo, regeneruje.



Obr. 4.1 Schéma tepelného čerpadla typu země/voda s hlubinným vrtem [10]

Další způsob odběru tepla ze země je plošným kolektorem. Trubky s nemrzoucí směsí se ukládají do hloubky 1–1,5 m. Hloubka musí být dost velká na to, aby půda v zimě nazamrzala, ale zase dost malá, aby se ke kolektorům dostala dešťová voda, který je významným nositelem tepla a aby se půda v létě dostatečně prohřála a měla dost energie na zimu. Trubky se stáčí ve smyčkách a musí být asi 1 m od sebe, aby půda nezamrzala nebo nezamrzala tak rychle. Plocha, kterou pokrývají plošné kolektory, musí být 2–3krát větší než je vytápěná plocha objektu. Plošné kolektory mají mírně nižší pořizovací náklady než vrt a lehce tepelné čerpadlo má trochu nižší topný faktor. Na ploše, pod kterou jsou kolektory položeny, se déle drží sníh a přes léto je třeba nechat půdu dostatečně zregenerovat. Obě konstrukce, jak vrty, tak plošné kolektory, musí být umístěny v dostatečné vzdálenosti od staveb, aby nedocházelo k promrzání základů. Rozloha kolektorů zaleží také na geologických podmínkách, například mokrá podmáčená půda je vhodná pro instalaci plošných kolektorů.

U nízkoenergetické zástavby, v domech s tepelnou ztrátou do 5 kW, se používají tepelná čerpadla s přímým odparem. Jedná se také o tepelné čerpadlo typu země/voda, ale pracuje na trochu jiném principu. V zemi jsou zakopány měděné trubky v hloubce kolem 60–80 cm o celkové délce přibližně 30 m v závislosti na požadovaném výkonu. Zvláštností je, že v trubkách neproudí nemrzoucí směs, ale rovnou chladivo.

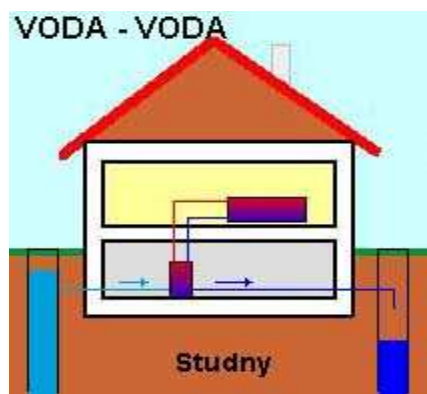


Obr. 4.2 Schéma tepelného čerpadla typu země/voda s plošným kolektorem [10]

Teplo z vody

Teplo lze odebírat také z vody a to opět dvěma způsoby. Z podzemní a z povrchové vody.

Abychom mohli využívat spodní vodu, je třeba splnit několik podmínek. Musíme vyhloubit dvě studny. Jednu sací a druhou vsakovací. Sací studna musí mít dostatečný a stabilní průtok, aby z ní šlo s úspěchem odebírat teplo. Vsakovací studna musí mít zase dostatečnou kapacitu, aby stíhala odvádět ochlazenou vodu z tepelného čerpadla. Je také zapotřebí chemický rozbor vody, aby nedocházelo k zanášení výměníku. K provedení vrtu musíme mít povolení od vodohospodářského úřadu. Z těchto důvodů se tepelná čerpadla typu voda/voda používají velice zřídka, ačkoli mají vysoký a stabilní topný faktor, jelikož teplota spodní vody se celoročně pohybuje blízko okolo $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 4.3 Schéma tepelného čerpadla typu voda/voda se sací a vsakovací studnou [10]

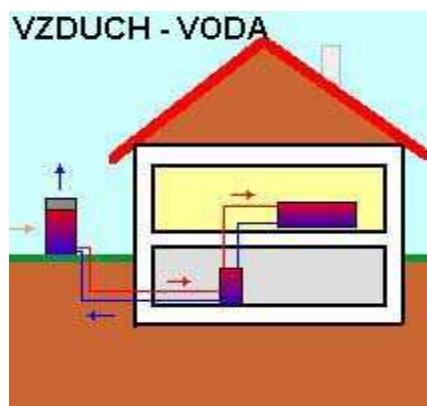
Další způsob jsou plošné kolektory podobně jako u tepelných čerpadel typu země/voda, které mohou být uloženy na dně nějakého zdroje povrchové vody jako je rybník, řeka nebo třeba přehrada. Jelikož voda má největší hustotu při $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, drží se u dna a má stabilní teplotu. Proto jsou kolektory uloženy na dně. Dosahuje se opět vysokých topných faktorů.

Teplo ze vzduchu

Teplo můžeme odebírat vzduchu venkovnímu, případně z vnitřního odpadního vzduchu, kdy už se jedná o rekuperaci.

Venkovní vzduch plní funkci nízkopotenciálního zdroje tepla a jeho teplota v roce značně kolísá. V období, kdy jsou největší mrazy a potřebujeme nejvíce topit, je vzduch nejchladnější. Dnešní tepelná čerpadla jsou už ale schopna pracovat i s tímto studeným vzduchem až do teplot $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tepelné čerpadlo může být navrženo tak, aby pokrylo celou spotřebu tepla, ale častěji pracuje v bivalentním provozu s nějakým doplňkovým zdrojem, nejčastěji nějakým elektrickým topným tělesem, které mu při velkých mrazech pomáhá. Tepelné čerpadlo může být umístěno vně objektu, v takzvaném venkovním provedení, nebo uvnitř objektu, v takzvaném vnitřním provedení. Při umístění uvnitř je třeba udělat na fasádě domu dva otvory. Jeden nádechový a druhý výdechový. Otvory musí být v dostatečné vzdálenosti od sebe, aby se vzájemně neovlivňovaly. Při instalaci čerpadla venku odpadá problém s otvory ve fasádě, avšak případný hluk vydávaný jeho provozem může být na obtíž.

Teplo lze odebírat i z vnitřního odpadního vzduchu. Jelikož se v domě udržuje teplota kolem $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, je vnitřní vzduch dobrým zdrojem tepla pro další využití. Odpadní vzduch z objektu je nasáván do tepelného čerpadla, kde se ochladí přibližně o $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a takto ochlazený je vypouštěn ven. Získané teplo může sloužit pro ohřev teplé užitkové vody nebo pro zpěné vytápění objektu.



Obr. 4.4 Schéma tepelného čerpadla typu vzduch/voda ve venkovním provedení [10]

5. REALIZOVANÉ INSTALACE TEPELNÝCH ČERPADEL

Zde práce pojednává o realizovaných projektech tepelných čerpadel. Shrnuje všechny dostupné údaje o jednotlivých projektech, jako jsou typ čerpadla, jeho výkon, zdroje tepla a využití. Kde to získané údaje umožňují je rozebrána i ekonomická stránka instalace, její návratnost a posouzena cenová výhodnost.

Tato část je rozdělena do čtyř oddílů, z nichž každý je věnován jinému typu tepelných čerpadel a jejich zdrojů tepla. V závěru každé části je uveden nejzajímavější získaný projekt z dané oblasti. Informace jsou čerpány z internetových stránek firem provádějících instalace a z osobní návštěvy místa instalace tepelného čerpadla.

5.1 Tepelná čerpadla typu země/voda

1. Hotel na Benešovsku [12]

Nově zrekonstruovaný hotel s celkovou tepelnou ztrátou 190 kW a radiátorovou otopnou soustavou je vytápěn bivalentně třemi tepelnými čerpadly typu země/voda o celkovém výkonu 147 kW. Čerpadla slouží též pro ohřev 4000 l teplé vody. Teplo je odebíráno ze země 21 vrtů o celkové délce 2540 m. Jako záložní zdroje tepla jsou použity elektrokotle.

2. Rodinný dům v Rychnově nad Kněžnou [12]

V objektu s tepelnou ztrátou 14,8 kW je instalováno tepelné čerpadlo typu země/voda a používá se pro vytápění domu, ohřev vody v zásobníku s objemem 200 l, pro ohřev vody v bazénu a pro pasivní chlazení, pro které je k čerpadlu instalován ještě přídatný chladicí modul. Teplo je odebíráno ze země třemi vrtů, každý o délce 65 m. Jako další zdroj tepla pro bivalentní provoz je zde elektrické topné těleso s výkonem 4,5 kW.

3. Rekreační objekt – Beskydy [17]

Zde vytápí kaskáda čtyř tepelných čerpadel typu země/voda rekreační objekt. Tepelná čerpadla se používají též na ohřev teplé užitkové vody a ohřev vody v bazénu. Tepelná ztráta objektu činí 60 kW.

4. Rodinný dům v Ostravě [17]

Tepelné čerpadlo typu země/voda s tepelným výkonem 9,9 kW slouží v domě s celkovou tepelnou ztrátou 16 kW k vytápění, ohřevu teplé vody a k ohřevu whirlpoolu. Jako otopný systém zde funguje podlahové vytápění. Whirlpool ohřívá také solární systém, který, pokud má přebytky tepla, slouží k ohřevu primárního okruhu tepelného čerpadla, tedy k regeneraci vrtů.

5. Aula vysoké školy Báňské v Ostravě [10]

Jedná se o novostavbu, kde byl původní záměr vytápět objekt z centrálního zdroje tepla dálkovými rozvody. V průběhu stavby však investor změnil požadavek na vytápění tepelnými čerpadly. Zvolen byl typ čerpadel země/voda a jejich celkový topný výkon činí 700 kW. Teplo je čerpáno z vrtů hlubokých 140 m, kterých je vyhloubeno celkem 110.

6. Golfový areál Kunětická Hora [6]

Pro vytápění objektů golfového klubu a hotelu slouží dvě tepelná čerpadla typu země/voda, každé o výkonu 41,5 kW a topném faktoru 4 při teplotě zeminy 0 °C a teplotě topné vody 35 °C. Teplo je odebíráno z plošného kolektoru, uloženém 80 cm pod zemí. Kolektor se rozkládá pod plochou golfového hřiště a má celkovou rozlohu 15 000 m². V areálu probíhá výstavba dalších budov, všechny budou vytápěny stejným způsobem, neboť kolektor má dostatečnou kapacitu a zatím je využíván pouze z jedné třetiny.

7. Obytný soubor v Lukách [7]

V Horních Počernicích vzniklo uskupení 24 rodinných domů a jednoho bytového domu s 21 byty. Všude jsou tepelná čerpadla instalována společně s jednotkou pro nucené větrání a s ním spojeným využitím odpadního tepla. Tepelná čerpadla jsou typu země/voda a jsou v každém rodinném domě po jednom a v bytovém domě jsou dvě. Celkem tyto instalace ušetří ročně 412 383 kWh elektrické energie.

8. Sychrov – Zámecký hotel s restaurací [14]

Po rekonstrukci hotelu zde byla instalována čtyři tepelná čerpadla typu země/voda o celkovém výkonu 160 kW. 16 vrtů, každý hluboký 140 m, je umístěno pod základovou deskou hotelu. Vrty slouží pro odběr tepla a v letním období se stávají zdrojem chladu pro chladič jednotku instalovanou zde společně s tepelným čerpadlem.

9. Hotel Svatý Tomáš [15]

Zámeček se nachází na Šumavě v nadmořské výšce 860 m a celkovou tepelnou ztrátu má 98 kW. Pro vytápění objektu a ohřev teplé vody ve vnitřním bazénu se používají dvě tepelná čerpadla typu země/voda, každé s výkonem 41,5 kW a topným faktorem 4 při teplotě zeminy 0 °C a teplotě topné vody 35 °C. Pro odběr tepla je zde vytvořeno 10 vrtů, každý z nich 115 m hluboký. Doplňkový zdroj tepla pro bivalentní provoz tvoří elektrokotel a ještě je zda kotel na dřevo, který je záložní.

10. Nízkoenergetický dům v Říčanech [16]

Je zde použito tepelné čerpadlo typu země/voda. Jeho výkon je 4 kW a teplo získává z 62 m hlubokého vrtu a z odpadního vzduchu, kterému odebírá teplo rekuperátor. Dům je velmi dobře utěsněn a větrá se devětkrát za den. Teplo je využito pro vytápění a ohřev teplé vody. Za rok 2005 byla zaznamenána v domě celková spotřeba elektrické energie za 12 000 Kč.

11. Rodinný dům – Mýto pod Ďumbierom [18]

V roce 2004 zde bylo nainstalováno tepelné čerpadlo DS 5023.3 typu země/voda s příkonem 4,1 kW a celkovým topným výkonem 21,3 kW. Jako bivalentní zdroj tepla slouží vestavěný elektrokotel s výkonem 3×2 kW. Roční spotřeba tepla pro tento objekt činí 59 MWh. Pořízení tepelného čerpadla vyšlo o 265 000 Kč draž než pořízení elektrokotle, avšak roční úspora v nákladech za topení tepelným čerpadlem činí 74 500 Kč. Investice se tedy vrátí již po necelých 4 letech.

12. Rodinný dům – Brestovany [18]

Pro krytí roční spotřeby energie ve výši 39,9 MWh je od roku 2004 používáno tepelné čerpadlo DS 5014,3 typu země/voda s elektrickým příkonem 2,6 kW a tepelným výkonem 14,3 kW. Čerpadlo pracuje v bivalentním provozu společně s vestavěným elektrokotlem o výkonu 3×2 kW. V porovnání s elektrokotlem je tepelné čerpadlo o 237 000 Kč dražší, avšak jeho provozní náklady jsou o 54 200 Kč nižší. Návrh investice je přibližně 4,4 roku.

13. Rodinný dům – Vonoklasy [18]

Tepelné čerpadlo typu země/voda bylo nainstalováno roku 2004 pro dům s celkovou tepelnou ztrátou 27,5 kW a roční spotřebou tepla 68,7 MWh. Při topení tepelným čerpadlem se ušetří 28,9 MWh energie za rok. Pro daný objekt jsou možné i jiné alternativy vytápění, jako například elektrické přímotopy, které by za rok stály přibližně 90 000 Kč a kotel na propan, který by ročně přišel na asi 126 000 Kč. Kotelna s tepelným čerpadlem a ročními náklady 28 000 Kč je jednoznačně nejlepší řešení.

14. Rodinný dům – Stachy [18]

Kotelna s tepelným čerpadlem typu země/voda slouží pro vytápění objektu a ohřev teplé vody od roku 2001. Prostor pro vytápění je 920 m² a celková tepelná ztráta činí 25 kW. Pro každý den je zde potřeba ohřát 250 l teplé vody. Celková roční spotřeba energie pro vytápění domu a ohřev vody je 60,4 MWh, ale náklady spojené s provozem tepelného čerpadla jsou 26 200 Kč za rok.

15. Areál firmy Hennlich Industrietechnik [19]

Instalace proběhla v roce 2001 a je zde tepelné čerpadlo typu země/voda s výkonem 130 kW, které slouží k ohřevu teplé vody, k vytápění a ke klimatizování budovy. Celková spotřeba tepla za rok je 461 MWh a úspora energie s tepelným čerpadlem činí 291 MWh. Jako druhá varianta pro vytápění zde byl návrh zavést dálkový teplovod. Cena takového projektu by byla 1,627 mil. Kč. Cena instalace tepelného čerpadla včetně nákladů na vrty pro zemní kolektory byla 2,011 mil. Kč, ale roční úspora na nákladech za topení činí 267 400 Kč. Návratnost investice v tomto případě je pouhý rok a půl.

5.2 Tepelná čerpadla typu vzduch/voda

1. Rodinný dům v Praze v Dolních Počernicích [2]

Vytápění tepelným čerpadlem bylo zvoleno po rekonstrukci domu, dříve vytápěným pomocí kotle na zemní plyn a dřevoplyn, který ohříval vodu do radiátorové otopné soustavy. Z důvodu požadované teploty otopné vody 80 °C bylo voleno splitové tepelné čerpadlo s maximálním výkonem 16 kW a dvěma kompresory. Jeden kompresor je ve vnitřní jednotce, která se nazývá hydrobox, a druhý je ve venkovní části. Jedná se o typ čerpadla vzduch/voda o příkonu 5,57 kW a konstantním výkonem až do teploty -15 °C. Průměrný roční topný faktor se rovná 3. Při teplotě -20 °C dosahuje maximální teplota otopné vody 70 °C, což není požadovaných 80 °C, ale pro dané provedení je to dostačující. Tepelné čerpadlo tedy může pracovat v monovalentním provozu a nepotřebuje tedy pomocný zdroj tepla. Ztráty rodinného domu činí přibližně 16 kW a úspora oproti předchozímu způsobu vytápění činí přibližně 26 000 Kč.

2. Rodinný dům v Praze v Dubečku [2]

Tepelné čerpadlo bylo instalováno do rekonstruovaného rodinného domu. Původně se topilo radiátory, které byly vybaveny elektrickým akumulacním zásobníkem o objemu 3000 l a celkovém příkonu 27 kW. Majitelé měli teplotu otopné vody v radiátorech 50 °C a účet za elektřinu za rok 2008 byl vyšší než 100 000 Kč. V roce 2009 bylo instalováno tepelné čerpadlo typu vzduch/voda s maximálním výkonem 16 kW. Tepelné čerpadlo má příkon 3,73 kW a pracuje v bivalentním provozu. Jako doplňkový zdroj tepla slouží elektrokotel o výkonu 9 kW, který je součástí tepelného čerpadla. Pokud poběží obě dvě zařízení naplno, bude to znamenat maximální příkon 12,73 kW, což je výrazně méně než původních 27 kW. Otopná soustava zůstala beze změny, jen byl přidán vyrovnávací zásobník o objemu 300 l. Ztráta objektu je přibližně 16 kW a roční úspora nákladů na topení s tepelným čerpadlem je 45 000 Kč a to za předpokladu, že ceny energií zůstanou stejné.

3. Rodinný dům 7+1 v Domousnicích u Mladé Boleslavi [1]

Jedná se o dvoupatrovou vilu s celkovou vytápěnou plochou 280 m². Původní zdroj tepla byl elektrokotel o výkonu 18 kW. Kotel už vzhledem ke svému stáří přestal fungovat a bylo třeba ho vyměnit nebo najít jiný způsob vytápění. Tepelná ztráta objektu činila 14 kW a požadovaná teplota, která má být v místnostech byla 22 °C. Zvoleno bylo tepelné čerpadlo vzduch/voda o výkonu 11,8 kW. Otopná soustava je realizována pomocí radiátorů. Mimo topnou sezónu slouží čerpadlo pro ohřev vody ve venkovním bazénu.

Tab. 5.1 Porovnání investičních nákladů s elektrokotlem [1]

Elektrokotel o výkonu 18 kW	Stávající dům s tepelnou ztrátou 14 kW	Tepelné čerpadlo HP3AW12SE
18 690,- Kč	Cena zařízení včetně regulace	225 900,- Kč
0,- Kč	Akumulační nádrž	18 620,- Kč
6 000,- Kč	Zásobník TV o objemu 160 l	6 000,- Kč
16 000,- Kč	Montáž kotelny, elektroinstalace, uvedení do provozu	36 000,- Kč
40 690,- Kč	CELKEM bez 5% DPH (pro rok 2007)	286 520,- Kč
	Rozdíl v pořizovací ceně je 258 121,- Kč vč. DPH	

Tab. 5.2 Náklady na vytápění tepelným čerpadlem v porovnání s elektrokotlem za rok 2007 [1]

Elektrokotel o výkonu 18 kW	Stávající dům s tepelnou ztrátou 14 kW	Tepelné čerpadlo HP3AW12SE
70 619,- Kč	Spotřeba tepla na vytápění a ohřev TV 38 300 kWh/rok	20 748,- Kč
7 374,- Kč	Spotřeba ostatní elektřiny v domě 4 000 kWh/rok	7 370,- Kč
3 370,- Kč	Paušální platba za elektřinu	3 370,- Kč
81 363,- Kč	CELKEM	31 488,- Kč
	Rozdíl v provozních nákladech je 49 875,- Kč	

Rozdíl v pořizovacích cenách činí 258 121 Kč včetně DPH a rozdíl v provozních nákladech je 49 875 Kč. Návratnost investice do tepelného čerpadla je při konstantních cenách energií 5,2 let. V průběhu následujících pěti let však ceny za elektřinu vzrostly zhruba o 30 %, takže původní propočtená návratnost se zkrátila na 4 roky.

4. Nově postavený rodinný dům v Hradci Králové [3]

Tepelné čerpadlo instalované do této novostavby je typu vzduch/voda s tepelným výkonem 14,6 kW, příkonem 4,1 kW a topným faktorem 3,6 při teplotě venkovního vzduchu 2 °C a teplotě topné vody 35 °C. Používá se pro vytápění objektu, ohřev teplé užitkové vody a ohřev bazénové vody.

5. Novostavba v Hradci Králové – rodinný dům [3]

Objekt je zateplen, o celkové obytné ploše 280 m². Tepelné čerpadlo bylo zvoleno jako nejlevnější způsob vytápění, protože vzhledem k velké ploše by ostatní zdroje byly velmi nákladné na provoz. V domě je použito podlahové vytápění a tepelné čerpadlo se používá rovněž pro ohřev teplé užitkové vody. Tepelný výkon čerpadla je 9,8 kW, příkon 2,9 kW a topný faktor 3,4 při teplotě venkovního vzduchu 2 °C a teplotě topné vody 35 °C.

6. Novostavba v Lípě nad Orlicí – rodinný dům [3]

Tepelné čerpadlo vzduch/voda s tepelným výkonem 14,6 kW, příkonem 4,1 kW a topným faktorem 3,6 při teplotě venkovního vzduchu 2 °C a teplotě topné vody 35 °C se používá pro vytápění objektu a ohřev teplé užitkové vody.

7. Rodinný dům – Bohdaneč [1]

Vytápěn je rodinný dům s celkovou tepelnou ztrátou 8 kW. Otopná soustava se skládá z podlahového vytápění a jako doplňkový zdroj tepla slouží radiátory. Tepelné čerpadlo s výkonem 8,3 kW a topným faktorem 3,5 při teplotě vstupního vzduchu 2 °C a teplotě výstupní vody 35 °C pracuje s teplotou vody poměr vstup/výstup 40/33 °C. Zařízení pracuje v bivalentním provozu s teplotou bivalence –6 °C, kdy se snižující se venkovní teplotou postupně připíná elektrokotel s výkonem 3+3+3 kW.

Tab. 5.3 Náklady spojené s instalací tepelného čerpadla v porovnání s plynovým kotlem [1]

Značkový kondenzační plynový kotel o výkonu 9,4 - 26 kW	Rodinný dům s tepelnou ztrátou 8 kW	Tepelné čerpadlo vzduch-voda HP 3 AW 08 SPLIT
47 000,- Kč	Cena zařízení včetně ekvitermní regulace	204 000,- Kč
0,- Kč	Akumulační nádrž s elektrokotlem a s výměníkem pro přehřev TV	21 000,- Kč
23 000,- Kč	Zásobník teplé vody o objemu 160 l	6 000,- Kč
16 000,- Kč	Montáž kotelny, elektroinstalace, uvedení do provozu, revize plynu	29 000,- Kč
9 000,- Kč	Odkouření kotle nebo komin	0,- Kč
33 000,- Kč	Vnitřní a vnější plynovod, kaplička, projekt rozvodu plynu, projekt ÚT	0,- Kč
30 000,- Kč	Náklady na přivedení plynu k pozemku (bývá obvykle součástí ceny parcely)	0,- Kč
158 000,- Kč	CELKEM bez 5% DPH (pro rok 2007)	260 000,- Kč
165 900,- Kč	Rozdíl v pořizovací ceně je 107 100,- Kč vč. DPH	273 000,- Kč

Tab. 5.4 Provozní náklady tepelného čerpadla v porovnání s plynovým kotlem [1]

Značkový kondenzační plynový kotel o výkonu 9,4 - 26 kW	Rodinný dům s tepelnou ztrátou 8 kW	Tepelné čerpadlo vzduch-voda HP 3 AW 08 SPLIT
23 712,- Kč	Spotřeba tepla na vytápění a ohřev TV 21 100 kWh/rok	11 431,- Kč
14 240,- Kč	Spotřeba ostatní elektřiny v domě 4 000 kWh/rok	7 370,- Kč
1 585,- Kč	Paušální platba za elektřinu	3 370,- Kč
1 407,- Kč	Paušální platba za plyn	0,- Kč
40 944,- Kč	CELKEM	22 171,- Kč
	Rozdíl v provozních nákladech je 18 773 Kč = návratnost 5,7 let	

8. Novostavba rodinného domu – Zeleneč [3]

V domě o celkové obytné ploše 260 m² je použito pro vytápění a ohřev teplé vody tepelné čerpadlo vzduch/voda s tepelným výkonem 8,4 kW, příkonem 2,4 kW a topným faktorem 3,5 při teplotě venkovního vzduchu 2 °C a teplotě topné vody 35 °C. Po prvním roce bydlení zaplatili majitelé za provoz domu 26 000 Kč.

9. Novostavba rodinného domu – Jirny [3]

Dům má tepelnou ztrátu 9,5 kW a pro topení v obytné ploše 180 m² se používá podlahové vytápění. Tepelné čerpadlo vzduch/voda je zde použito pro vytápění i ohřev teplé vody. Jeho celková roční spotřeba elektrické energie činí 8500 kWh. Výkon čerpadla je 8,4 kW, příkon 2,4 kW a topný faktor 3,5 při teplotě venkovního vzduchu 2 °C a teplotě topné vody 35 °C.

10. Novostavba rodinného domu – Brno [3]

Tepelné čerpadlo vzduch/voda s tepelným výkonem 14,6 kW, příkonem 4,1 kW a topným faktorem 3,6 při teplotě venkovního vzduchu 2 °C a teplotě topné vody 35 °C se používá pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody rodinného domu s celkovou tepelnou ztrátou 18 kW. Je zapojeno do otopné soustavy tvořené podlahovým vytápěním a radiátory.

11. Frenštát pod Radhoštěm – letní koupaliště [4]

Ohřev vody pro letní koupaliště na teplotu 25 °C a vyšší zajišťuje šest tepelných čerpadel vzduch/voda TCLM 33,9 P s celkovým požadovaným výkonem 300 kW. Díky topnému faktoru, který dosahuje hodnot 4,5–5 je tepelné čerpadlo jednoznačně nejlevnějším způsobem ohřevu 1500 m³ vody pro letní bazén. V době, kdy není bazén používán, tepelné čerpadlo udržuje stálou teplotu ve strojovně bazénu. Systém funguje od roku 2001.

12. Hotel Bellewue – Jetřichovice [4]

V hotelu s 60 pokoji jsou použita 3 tepelná čerpadla vzduch/voda, dvě typu TCLM 25,9 R a jedno typu TCLM 31,5 R, pro vytápění a ohřev 8000 l teplé vody. Čerpadla pracují s původním systémem litinových radiátorů, které díky svým parametrům a parametrům potrubí plně vyhovují. Tepelná ztráta objektu je 120 kW a instalace proběhla v roce 1998.

13. Rodinný dům – Praha [12]

Tepelné čerpadlo vzduch/voda je použito pro vytápění objektu podlahovým otopným systémem v kombinaci s radiátory, ohřev teplé užitkové vody v zásobníku o objemu 300 l a pro ohřívání vody v bazénu. Tepelné ztráty objektu jsou 20,2 kW. Čerpadlo pracuje v bivalentním provozu a jako případný další zdroj tepla slouží elektrické topné těleso o výkonu 7,5 kW.

14. Rodinný dům – Mendlova ves [12]

Zvláštností tohoto projektu je, že tepelné čerpadlo je umístěno v podkroví domu. Tepelné ztráty činí 10 kW, je zde použito podlahové vytápění a pro ohřev teplé vody zásobník o objemu 200 l. Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda pracuje v bivalentním provozu a dalším zdrojem tepla je elektrické topné těleso o výkonu 6 kW.

15. Rodinný dům – Moravany u Brna [12]

V novostavbě s tepelnou ztrátou 8 kW je pro vytápění a ohřev teplé vody v 400 litrovém zásobníku použito tepelné čerpadlo typu vzduch/voda pracující v bivalentním provozu se solárními vakuovými panely. Otopná soustava je podlahová s radiátory.

16. Rodinný dům v Kamenici nad Lipou

Do rodinného domu bylo nainstalováno tepelné čerpadlo typu vzduch/voda pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Realizace proběhla na podzim roku 2006. Majiteli bylo nabídnuto tepelné čerpadlo WPL 13 Cool od firmy Stiebel Eltron. Zařízení má topný výkon 8,1 kW a topný faktor 3,4 při teplotě venkovního vzduchu 2 °C a teplotě výstupní vody 35 °C. Majitel se však rozhodl pro čerpadlo stejné řady avšak vyššího výkonu, aby čerpadlo nemuselo pracovat na maximum, mělo vyšší trvanlivost a rezervu ve výkonu. Jedná se o tepelné čerpadlo WPL 18 Cool od firmy Stiebel Eltron s topným výkonem 11,3 kW a topným faktorem 3,7 při teplotě venkovního vzduchu 2 °C a teplotě výstupní vody 35 °C. Zachována byla stávající otopná soustava s článkovými radiátory. Jako příslušenství byly současně instalovány dva zásobníky na vodu, každý o objemu 300 l. Jeden pro otopnou vodu a druhý pro teplou užitkovou vodu. Tepelné čerpadlo je umístěno v suterénu domu, protože se objekt nachází v blízkosti jiných rodinných domů a přestože je jeho chod relativně tichý, v noci by jeho hluk o síle 43 dB rušil sousedy a možná i samotného majitele. Nasávací i vyfukovací otvory o rozměrech přibližně 20×50 cm jsou umístěny ve zdi objektu za rohem od sebe. Nedochozí tak k jejich vzájemnému ovlivňování. Jelikož z výdechového otvoru vystupuje vzduch o značně nízké teplotě, nedaří se v jeho okolí žádným rostlinám a jehličnatý keř, který pod ním roste, pomalu hyne. V domě se dříve topilo plynovým kotlem, který zde zůstal i nadále a slouží jako záložní zdroj tepla. Tepelné čerpadlo pracuje v bivalentním provozu a má vestavěny tři elektrické spirály o výkonu 3×2,6 kW, které se postupně zapínají v závislosti na venkovní teplotě vzduchu a teplotě vratné topné vody. Výrobce uvádí, že čerpadlo je schopno pracovat monovalentně až do teploty -20 °C, ale zde je nastaven bod bivalence -16 °C. Majitel sám uvádí, že v případě dlouhotrvajících mrazů okolo -20 °C vytápění tepelným čerpadlem vypne a topí pouze plynovým kotlem. Teplotu otopné vody v radiátorech řídí elektronická jednotka s ekvitermní regulací. Teplota teplé užitkové vody v zásobníku se udržuje na 47 °C. Podle slov majitele obyvatelé při koupání pouštějí pouze teplou vodu, nenastavují si tedy optimální teplotu vody z kohoutku a není tudíž nutné vodu v zásobníku ohřívat na vyšší teplotu, což vede k větší úspoře. Tepelné čerpadlo začne dohřívat vodu v zásobníku, pokud její teplota klesne o 3 °C, což podle zkušenosti trvá přibližně 12 h. Odebíráme-li odebíráme teplou vodu, je to samozřejmě dříve. Dohřátí vody tepelným čerpadlem na požadovanou teplotu trvá 15–20 min. Užitková voda jde ze zásobníku tepelného čerpadla nejdříve do zásobníku plynového kotle, který má objem 60 l a pak dále do potrubí. Pokud je tedy třeba mít vodu teplejší, zapne se plynový kotel a dohřeje ji na požadovanou teplotu do svého zásobníku. Zkušenosti majitele říkají, že se vyplatí udržovat v domě nepřetržitě předepsanou teplotu, nepřepínat tedy mezi denním a nočním režimem. Zde jí konkrétně udržují na 21 °C. Díky vnitřní instalaci tepelného čerpadla bylo třeba vyřešit odvod kondenzátu. Při venkovní instalaci se může voda vsakovat rovnou do půdy, zevnitř je však třeba jí vyvést ven. Majitel má proto z domu potrubí, kterým se kondenzát odvádí. Uvnitř potrubí je navíc nataženo topné tělísko, které zajišťuje, aby výtok do odtokového žlabu pro dešťovou vodu, který je před garáží domu, v zimě nezamrzal. V době pořízení tepelného čerpadla ještě nebyly dotace, takže celková cena instalace i s příslušenstvím byla přibližně 280 000 Kč. Záznamy majitele říkají, že náklady na vytápění plynovým kotlem činily 45 000 Kč ročně a nyní celkové náklady na provoz objektu včetně veškeré elektřiny a plynu v případě zapnutí kotle činí 25 000 Kč za rok. Roční úspora tedy je asi 20 000 Kč a návratnost investice se pohybuje okolo patnácti let. Majitel je se zařízením spokojen a zatím nebylo třeba žádného servisu čerpadla nebo jakékoli opravy. Do budoucna uvažuje i o pořízení fotovoltaických článků pro pohon tepelného čerpadla.

Uvedené údaje jsou získané na základě osobního kontaktu s majitelem.

5.3 Tepelná čerpadla typu voda/voda

1. ČEZ obnovitelné zdroje s.r.o. – Hradec Králové [5]

Tepelná čerpadla zajišťují vytápění vodní elektrárny na 157. říčním kilometru řeky Labe. Čerpadla HP3WW 36 G jsou typu voda/voda, výkon každého zařízení je 36,4 kW při elektrickém příkonu 6,8 kW. Topný faktor 5,4 při poměru teplot vody vstupní/topná = 10/35 °C znamená nesmírnou ekonomickou výhodnost.

2. Zoologická zahrada v Ústí nad Labem [8], [9]

Areál zahrady má celkovou velikost 6 ha, nachází se zde 30 budov o celkové tepelné ztrátě 1200 kW a je celý vytápěn tepelnými čerpadly. Teplo je odebíráno z geotermální vody, pro jejíž získání bylo zapotřebí 515 m hlubokého vrtu, který byl realizován jako první část projektu. Vydatnost vody je 12 l/s a má teplotu 30 °C. Jelikož je spodní geotermální voda agresivní, byla snaha co nejvíce minimalizovat plochu, která je s ní ve styku. To je vyřešeno centrálním deskovým výměníkem, který jí odebírá teplo a předává ho do primárního okruhu vody, která je pak rozváděna po celém areálu potrubím o délce přes 2000 m do pěti samostatných strojoven. Primární okruh pracuje s teplotním spádem výstupní/vstupní teplota 30/15 °C a překonává převýšení až 100 m. Celkový výkon tepelných čerpadel činí 960 kW a kaskádové řazení čerpadel v jednotlivých strojovnách umožňuje regulaci výkonu po 40 nebo 50 kW. Jsou zde umístěny i elektrokotle, které se zapínají, pokud venkovní teplota klesne pod -10 °C. Projekt probíhal ve více etapách, z nichž první znamenala instalaci tepelných čerpadel o celkovém výkonu 260 kW, a již po prvním roce provozu bylo zřejmé, že navržené řešení je to správné. Tepelná čerpadla pokryla 99,5 % potřeby energie při dosažení topného faktoru 6,26, což bylo ještě více, než se předpokládalo. Celková cena zakázky se pohybuje okolo 34 mil. Kč bez nákladů na provedení vrtu.

5.4 Tepelná čerpadla s netradičními zdroji tepla

1. Zimní stadion – Valašské Meziříčí [5]

Zde je nainstalováno tepelné čerpadlo TCMM 760 T vyrobené speciálně na zakázku o jmenovitém výkonu 250 kW. Používá se pro vytápění stadionu a pro ohřev teplé vody. Jako zdroj nízkopotenciálního tepla je odpadní teplo vzniklé při chlazení ledové plochy.

2. Strahovský klášter [11]

Tepelná čerpadla pro vytápění objektu byla instalována při restaurování objektu, který byl dříve vytápěn elektrickými přímotopy. Bylo tedy zapotřebí i instalace nové otopné soustavy. Dodávku tepla zajišťují dvě tepelná čerpadla s celkovým výkonem 71 kW odebírající teplo kombinovaně z hlubinných vrtů a ze spodní vody.

3. Tepelné čerpadlo pro ohřev vody akvárií v chovné stanici [13]

Velice netradiční instalací tepelného čerpadla je ohřev vody pro chov akvariálních ryb. Zákazník má akvária o celkovém objemu 4500 l, kde se stabilně udržuje teplota vody 28 °C. Tu ale musí pětkrát týdně měnit a čistá voda, která do akvárií přichází, musí už mít oněch 28 °C. Tepelné čerpadlo tedy odebírá teplo z odpadní vody z akvárií a předává ho čisté vodě, která proudí zpátky. Jelikož čistá voda má na počátku větší teplotu než 0°C, zbude z odpadní vody ještě nějaké teplo pro vytápění chovné stanice. Původně se voda do akvárií ohřívala pomocí elektřiny a topného oleje, což stálo za rok 174 300 Kč. S použitím tepelného čerpadla roční náklady klesly na 63 200 Kč, což je rozdíl 111 100 Kč. Zákazníkovi se tedy investice vrátila již po 3 letech.

6. DISKUSE

Tepelná čerpadla jsou velice progresivní technologií pro vytápění i ohřev teplé užitkové vody, jak pro rodinné domy, tak pro velké objekty. Obecně platí, že čím větší objekt vytápí, tedy čím vyšší má tepelnou ztrátu, tím je tepelné čerpadlo výhodnější a náklady na jeho pořízení se vrátí dříve. Počáteční investice do tepelného čerpadla je vysoká, ale při správném návrhu jeho parametrů a parametrů otopného systému se vynaložené peníze velmi rychle vrátí. Jako první byla u nás instalována tepelná čerpadla typu země/voda, protože vzduchová ještě nedosahovala potřebných parametrů a topný faktor byl v porovnání se zemními nízký. S postupujícím vývojem se ale do popředí dostávají čerpadla vzduchová.

Tepelná čerpadla typu země/voda mají celoročně přibližně konstantní výkon, protože zvláště u provedení, kdy se teplo získává z vrtu, je teplota v hloubce pod zemí už nezávislá na ročním období a venkovní teplotě. Dají se využívat celoročně, jak pro vytápění, tak pro ohřev teplé vody. Pořízení tepelného čerpadla zemního vyjde přibližně o 50 000 Kč draž než pořízení výkonem odpovídajícího čerpadla vzduchového. Náklady zvyšují zemní práce, jako jsou vrty nebo uložení plošných kolektorů. Vrty musí provádět specializovaná firma a je pro ně třeba stavební povolení. Pro instalaci plošných zemních kolektorů je potřeba mít velký pozemek, neboť plocha pro uložení kolektorů musí být minimálně 2,5–3krát větší než je vytápěná plocha objektu. Zemní tepelná čerpadla se tedy nehodí do městské zástavby, kde není místo na plošné kolektory a nelze zde ani provést vrty. Vhodnost využití tepelného čerpadla je nutné posuzovat také z hlediska klimatického.

Pro naše klimatické podmínky se ukazují jako vhodnější tepelná čerpadla vzduchová, a to z několika důvodů. Průměrná teplota topné sezóny na území české republiky se pohybuje od 3,5 do 4,5 °C. Je zde tedy poměrně málo dnů, kdy kvůli extrémním mrazům musí tepelné čerpadlo spolupracovat se záložním zdrojem tepla. V těchto mrazivých dnech mají lepší parametry čerpadla zemní. V severských zemích, jako je například Švédsko, je převážná většina tepelných čerpadel zemních s teplem odebíraným z vrtů. Zde se vzduchová čerpadla nevyplácí, protože jsou zde často dlouhotrvající velké mrazy. U nás ale nebývají tak tuhé zimy, a proto zde výhody zemního tepelného čerpadla nevyužijeme. Daleko lepších výsledků dosahují tepelná čerpadla vzduchová, která si ve velkých mrazech dotápí bivalentním zdrojem a při teplotách vyšších než 0 °C už mívají parametry lepší než čerpadla zemní, neboť i když je venku kolem 12 °C, potřebujeme pořád topit. U vzduchových čerpadel se nám také nemůže stát, že při nadměrném odběru tepla nám zamrzne vrt nebo plošné kolektory. Náklady na jeho pořízení jsou nižší a také jeho instalace je jednodušší. Obecně panuje obava, že tepelné čerpadlo vzduchové je nepřiměřeně hlučné a může někoho obtěžovat, zvláště při venkovní instalaci. Tyto údaje se liší podle výrobce a už dnes existují značky, které se hlučností podobají běžící ledniče a jsou velmi tiché.

Velice zřídka používaným typem jsou tepelná čerpadla odebírající teplo z vody. Málodce se vyskytuje spodní voda s dostatečnou vydatností, aby mohla být použita jako zdroj tepla. Další podmínkou je, aby se voda stačila také rychle vsakovat zpět do půdy, což také není často splněno a chemické složení vody není ještě poslední úskalí instalace tohoto typu tepelného čerpadla. Pro provedení vrtu je zapotřebí specializovaná firma, která má povolení od Báňského úřadu provádět tyto práce. V některých oblastech platí absolutní zákaz provádět vrty, aby se neporušila hladina spodní vody. Ačkoli tepelná čerpadla typu voda/voda dosahují nejlepších topných faktorů, je jejich vyžití velice omezená a v praxi vzácné. Podobné problémy přináší i instalace vodního tepelného čerpadla odebírajícího teplo z povrchové vody. Je to vlastně podobné jako u zemního čerpadla s plošnými kolektory, jenom s tím rozdílem, že zde nejsou trubky uloženy v zemi, ale ve vodě. Pro odběr tepla z vody musíme mít povolení správce, který nám ho ze zásady nedá, protože v případě povodní nebo podobných extrémních situací je tu možnost poškození našich kolektorů a s tím spojené náklady na opravu, které z něj můžeme později vymáhat. Jako nejvhodnější se tedy jeví tepelná čerpadla vzduchová.

Nemají žádné požadavky na geografickou polohu, nepotřebujeme žádné povolení pro instalaci ani žádné dodatečné práce v podobě výstavby primárního okruhu.

Tepelná čerpadla se obvykle navrhnou tak, aby pokryla okolo 90 % celkové roční potřeby energie. Zbylých 10 % zajišťuje bivalentní zdroj, který pracuje v nejméně chladnějších dnech. Ušetří nám to pořizovací náklady ať už na pořízení tepelného čerpadla vzduchového s vyšším výkonem nebo potřeby hlubšího vrtu či delšího zemního kolektoru u čerpadel zemních. Životnost tepelného čerpadla je 20–25 let, podle způsobu, jak pracuje.

Velmi vhodná je instalace tepelného čerpadla pro vytápění v kombinaci s menším tepelným čerpadlem, které ohřívá užitkovou vodu z odpadního vzduchu. Je neekonomické, aby tepelné čerpadlo v letních měsících spínalo jen kvůli ohřevu teplé vody, protože s každým sepnutím se opotřebovává. Mimo topnou sezónu tedy tepelné čerpadlo stojí, tím zvyšujeme jeho životnost, a o ohřev teplé užitkové vody se stará malé tepelné čerpadlo, které odvádí odpadní vzduch z místností jako je koupelna, WC nebo kuchyně, které se stejně musí často větrat. Teplo předává do zásobníku teplé vody, který má zabudovaný v sobě. Cena takovéto jednotky se pohybuje okolo 60 000 Kč, což je vzhledem k výraznému zvýšení životnosti tepelného čerpadla určeného pro topení velice dobrá investice. Při využití tepelného čerpadla zemního je také v době odstávky přes léto dostatek času na regeneraci vrtu či půdy okolo plošného kolektoru.

U nízkoenergetických a pasivních domů s celkovou tepelnou ztrátou do 5 kW se vyplácí tepelné čerpadlo s přímým odparem, dosahující topného faktoru 3–4. Pořizovací cena zařízení je okolo 100 000 Kč, což z něj dělá nejlevnější tepelné čerpadlo na trhu. Ohřev vody v tomto případě musí být řešen jiným způsobem, protože půda rozhodně potřebuje mimo topné období mít čas na regeneraci.

Tepelné čerpadlo se nejvíce vyplácí s podlahovým topným systémem, kde je schopno ve srovnání s plynovým vytápěním snížit roční náklady na vytápění až o 70 %, kdežto s radiátory budou náklady nižší "jen" asi o 50 %. Zde je potřeba zvážit návratnost investice. Pokud je dům vytápěn radiátory a má malou tepelnou ztrátu, může být návratnost velice vysoká. Pokud se však jedná o velký objekt nebo špatně izolovaný objekt, návratnost investice může být do pěti let i navzdory radiátorovému topnému systému. Hlavní výhodou podlahového vytápění je nízká teplota otopné vody. Je to z důvodů hygienických, kdy teplota podlahy nesmí přesáhnout uvedenou mez a také při vytápění podlahou je v objektu jiný způsob proudění tepla než u radiátorů, kde nám teplo "uteče" ke stropu. Tepelné čerpadlo tedy nemusí překonávat tak velký teplotní spád a dosahuje mnohem lepšího topného faktoru a výkonu. Jako nejlepší se tedy jeví při stavění nových domů zkombinovat podlahové vytápění a tepelné čerpadlo. Není tedy nutné zavádět plyn, což by byly další náklady, které tímto můžeme odečíst od pořizovací ceny tepelného čerpadla.

Při výběru tepelného čerpadla je potřeba pečlivě vybírat, jak výrobce, tak firmu, která instalace provádí, aby se u nás neopakovaly chyby z minulosti zaznamenané v jiných státech západní Evropy a tepelné čerpadlo se zbytečně nestalo zatracovaným způsobem vytápění. Podle odhadů bude instalací stále přibývat, především z důvodu zvyšujících se cen energií.

7. ZÁVĚR

V úvodní části práce je popsán princip funkce tepelných čerpadel, zdroje tepla a krátce shrnuta historie tepelných čerpadel a jejich vznik. Dále je popsán vývoj počtu instalací v Evropě a v České republice, hlavní důvody jejich úspěchu a neúspěchu, výhody a nevýhody.

Hlavní část práce se zabývá realizovanými projekty tepelných čerpadel typu země/voda, vzduch/voda, voda/voda a projekty s netradičními zdroji tepla. Nejčastěji jsou instalována tepelná čerpadla země/voda a vzduch/voda, ale nepodařilo se určit, který typ v dnešní době převládá, protože oba typy jsou přibližně stejně časté. Nejčastěji bylo tepelné čerpadlo instalováno do rodinných domů a to bez ohledu na typ. V rodinných domech s nižší tepelnou ztrátou jsou umístěna převážně vzduchová tepelná čerpadla s výkonem kolem 10 kW pracující v bivalentním provozu, většinou s elektrickým záložním zdrojem.

Pro větší výkony se častěji instalují tepelná čerpadla zemní, avšak výjimky jsou na obou stranách. Pro větší objekty, například při vytápění průmyslových objektů, hotelů a větších obytných souborů, jsou užitá tepelná čerpadla typu země/voda z důvodu většího a stabilnějšího výkonu. Při velkých instalacích již také zemní práce nepředstavují tak velké procento z celkové ceny a vyplatí se je provést.

Tepelná čerpadla typu vzduch/voda byla v drtivé většině určena pro rodinné domy a pracovala s malými výkony. Vzduchová tepelná čerpadla s vysokým celkovým výkonem byla například vhodně zvolena u projektu 11. Frenštát pod Radhoštěm – letní koupaliště, kde se využijí jejich přednosti v letních měsících a v zimě pracují minimálně.

Tepelná čerpadla typu voda/voda se vyskytují v zanedbatelném množství, ale pokud podmínky umožňují jeho užití, je jednoznačně nejlevnějším zdrojem tepla. Jak ukazují oba uvedené projekty, tepelná čerpadla voda/voda dosahují velice vysokých topných faktorů nesrovnatelných s ostatními typy.

V posledním oddílu instalací je vidět, že pomocí tepelného čerpadla lze velice výhodně využívat odpadního tepla ať už z vody nebo ze vzduchu, které by se jinak využít nepodařilo.

U většiny instalací lze pozorovat, že pokud už se používá tepelné čerpadlo pro vytápění objektu, rozhodně se vyplatí ho mít i na ohřev teplé vody, případně vody v bazénu. Znamená to potom ještě vyšší úspory a počáteční investice, která je vysoká, se vrátí dříve. Celkový přehled ukazuje, že díky své vysoké životnosti a rostoucím cenám energií se použití tepelných čerpadel vyplácí stále častěji a počet jejich instalací se bude pravděpodobně stále rychleji zvyšovat.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PZP KOMPLET. *Zkušenosti našich zákazníků* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.pzp.cz/cz/produkty/tepelna-cerpadla/zkusenosti-nasich-zakazniku>>.
- [2] SUPERFROST. *Reference* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.tepelnacerpadla-klimatizace.cz/Reference.aspx>>.
- [3] PZP KOMPLET. *Tepelná čerpadla: Tepelná čerpadla vzduch–voda: Reference* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.pzp.cz/cz/produkty/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/reference>>.
- [4] PZP KOMPLET. *Tepelná čerpadla: Tepelná čerpadla vzduch–voda: Speciální reference* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.pzp.cz/cz/produkty/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/reference-specialni>>.
- [5] PZP KOMPLET. *Tepelná čerpadla: Tepelná čerpadla voda–voda: Reference* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.pzp.cz/cz/produkty/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-voda-voda/reference>>.
- [6] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference: Top 10 nejzajímavějších instalací: Golf resort Kunětická hora* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/golf-resort-kuneticka-hora>>.
- [7] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference: Top 10 nejzajímavějších instalací: Obytný soubor v Lukách* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/obytny-soubor-v-lukach>>.
- [8] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference: Top 10 nejzajímavějších instalací: ZOO Ústí nad Labem* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/zoo-usti-nad-labem>>.
- [9] TZB INFO. *Tepelná čerpadla v ZOO v Ústí nad Labem* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.tzb-info.cz/t.py?i=3350&t=2>>.
- [10] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference: Top 10 nejzajímavějších instalací: Aula vysoké školy báňské v Ostravě* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/aula-vysoke-skoly-banske-v-ostrove>>.
- [11] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference: Top 10 nejzajímavějších instalací: Strahovský klášter* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/strahovsky-klaster>>.
- [12] SIEMENS TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.siemens-tepelnacerpadla.cz/de/reference.html>>.
- [13] BOMA MILEVSKO. *Netradiční instalace* [online]. [citováno 2010-04-20]. <http://www.bomamilevsko.cz/tepelna_cerpadla.php>.
- [14] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference: Top 10 nejzajímavějších instalací: Zámecký hotel s restaurací Sychrov* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/zamecky-hotel-s-restauraci-sychrov>>.

- [15] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference: Top 10 nejzajímavějších instalací: Hotel Svatý Tomáš* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/hotel-svaty-tomas>>.
- [16] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Reference: Top 10 nejzajímavějších instalací: Nízkoenergetický rodinný dům Říčany* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/nizkoenergeticky-rodinny-dum-ricany>>.
- [17] TEPELNÁ ČERPADLA. *Ukázky instalací tepelných čerpadel* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.tepelna-cerpadla.cz/cz/ukazky-instalaci-tepelnych-cerpadel>>.
- [18] HENNLICH. *Rodinné domy – tepelná čerpadla* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.hennlich.cz/index.php?dokument=1806>>.
- [19] HENNLICH. *Administrativní budovy – tepelná čerpadla* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.hennlich.cz/index.php?dokument=1007>>.
- [20] SLOVÁČEK, J. *Tepelná čerpadla v ČR* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.avtc.cz/?page=6.tepelna-cerpadla-v-cr>>.
- [21] Srdečný, K., Truxa, J.: *Tepelná čerpadla*. ERA Group, Brno, 2005. [citováno 2010-04-20].
- [22] Karlík, R.: *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Grada Publ., 2009. [citováno 2010-04-20].
- [23] EKOSERVER. *Tepelná čerpadla* [online]. [citováno 2010-04-20]. <<http://www.ekoserver.cz/index.php/write/clanek/303>>.