



TEPELNÁ ČERPADLA

učební text

Sestavil kolektiv autorů při ISS Cheb

Vytvořeno v rámci grantového projektu
„Učíme správně technické obory“



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

1	Použití a princip tepelných čerpadel	4
1.1	Proč si pořídit tepelné čerpadlo?	4
1.2	Princip a činnost tepelných čerpadel	4
1.2.1	Jak pracuje tepelné čerpadlo?	5
1.3	Kompresorové tepelné čerpadlo	6
1.3.1	Činnost	6
1.3.2	Druhy kompresorů	7
1.4	Jiné typy tepelných čerpadel	8
1.5	Efektivita	9
1.6	Topný faktor	9
1.6.1	Skutečný topný faktor	10
1.6.2	Topný faktor tepelného čerpadla s plynovým pohonem	10
2	Zdroje tepla tepelných čerpadel	11
2.1	Přírodní podmínky	11
2.1.1	Teplo podloží	11
2.1.2	Zamrznutí vrtu	13
2.1.3	Ochlazování studny	13
2.1.4	Podzemní voda	14
2.2	Využití povrchové vody	15
2.3	Využití půdní vrstvy	15
2.4	Využití venkovního vzduchu	17
2.5	Jak je to s použitím vnitřního vzduchu?	18
2.6	Tepelné čerpadlo a klimatizace	19
	Vytápění	21
	Chladicí médium	21
	Zdravotní rizika	21
2.7	Tepelné čerpadlo a další zdroje tepla	22
3	Budova a tepelné čerpadlo	23
3.1	Tepelná ztráta objektu	23
3.2	Bivalentní provoz tepelného čerpadla	23
	Elektrokotle nejsou čistokrevným elektrickým topením. V systému teplovodního vytápění s trubkami, radiátory, čerpadlem je místo kotle s hořákem zařízení s elektrickými topnými patronami. Teplonosné médium (voda) proudí kolem topných patron a ohřívá se. Elektrokotel se užívá také jako doplňkový zdroj ve vytápěcí soustavě, kde základním topidlem je tradiční kotel na plyn nebo tuhá paliva. Ve zvláště chladných obdobích, kdy základní kotel nestíhá, zapojí se i elektrokotel. V období, kdy je třeba pouze přitápět a spuštění velkého kotle by nebylo efektivní, je možné topit pouze elektrokotlem.	23
3.3	Monovalentní provoz tepelného čerpadla	24
3.4	Vlastnosti budovy	24
3.5	Zateplení budovy	25
3.5.1	Pasivní budovy	25
3.5.2	Zateplení budovy	26
3.6	Vlastnosti tepelné soustavy	26
3.7	Akumulační nádrž	28

3.7.1 Akumulace energie	28
3.7.2. Akumulační nádrže	28
3.8 Ohřev teplé vody.....	29
4 Ekonomika provozu tepelných čerpadel	29
4.1 Náklady na energii v domácnosti	29
4.2 Sazby pro tepelná čerpadla	30
4.3 Zelená úsporám.....	31
4.3.1 Další možnosti dotací.....	31
5 Ekologie provozu.....	32
5.1 Emise z výroby energie	32
5.2 Vliv na ozónovou vrstvu	32
6 Postup při výběru tepelného čerpadla	33
6.1 Co je vhodné znát před rozhodnutím	34
6.2 Výhody vytápění tepelným čerpadlem	35
Literatura.....	36

1 Použití a princip tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo je stroj, který čerpá teplo z jednoho místa na jiné vynaložením vnější práce. Obvykle je to z chladnějšího místa na teplejší.

Princip tepelného čerpadla je základem řady strojů a zařízení:

- chladnička a mraznička
- klimatizace
- některé druhy vytápění

Tepelné čerpadlo je u nás stále využívanější zdroj tepla. Jde o vynález starý jeden a půl století a v Evropě se celkem běžně používá pro vytápění rodinných domů již padesát let. Zájem o tepelná čerpadla nyní roste i v České republice a to do značné míry i díky dotacím (dnes hlavně z programu Zelená, úsporám).

1.1 Proč si pořídit tepelné čerpadlo?

Pro rozhodnutí použít k vytápění tepelného čerpadla může být mnoho důvodů:

- chceme ušetřit za platbu za teplo
- požadujeme ekologické vytápění;
- rádi bychom využili příležitosti získat státní dotaci;
- chceme levně ohřívat vodu v bazénu;
- chceme vytápění nenáročné na obsluhu;
- v místě není zemní plyn a topení pevnými palivy je nepřijatelné;
- kapacita elektrické přípojky není dostatečná apod.

Na úvod je nutno poznamenat, že tepelné čerpadlo má ve srovnání s jinými zdroji výrazně vyšší pořizovací náklady. Provozní náklady jsou naopak velmi nízké, takže tepelné čerpadlo je v podstatě investice, o které lze říct, že se za několik let vrátí. Tepelné čerpadlo je a bude nejlevnějším topením na elektřinu. Dům vytápěný tepelným čerpadlem má ve srovnání s jinými systémy a palivy většinou nižší náklady na vytápění. Vytápění tepelným čerpadlem má samozřejmě také svá specifika a před rozhodnutím o útratě ne zrovna malé částky je potřebné zvážit všechna pro a proti.

1.2 Princip a činnost tepelných čerpadel

Je zapotřebí zde získat alespoň základní povědomí o funkci tepelného čerpadla, abychom lépe odhadli, co tepelné čerpadlo může a co už ne. Pomůže nám i lépe pochopit cesty k hospodárnému provozu a regulaci.

Nejčastějším typem je kompresorové tepelné čerpadlo. Pracuje na principu obráceného Carnotova cyklu (pozn. Přímý Carnotův cyklus se užívá u tepelných motorů). Chladivo v plynném stavu je stlačeno kompresorem a poté vpuštěno do kondenzátoru. Zde odevzdá své skupenské teplo. Zkondenzované chladivo projde expanzní tryskou do výparníku, kde skupenské teplo (při nižším tlaku a teplotě) přijme a odpaří se. Poté opět pokračuje do kompresoru a cyklus se opakuje.

Jednou z charakteristik práce tepelného čerpadla je topný faktor.

Charakteristikou tepelných čerpadel je jejich relativně omezený výkon, pokud mají zároveň zůstat ekonomická. Ještě před několika lety byla drtivá většina novostaveb energeticky až dvakrát náročnější na vytápění. S příchodem nových materiálů, zateplovacích technologií, úspornějších systémů hospodaření s teplem a především nástupem nízkoenergetických staveb dnes potřebují budovy ke svému provozu mnohem méně tepla než v minulosti. Technologie současných tepelných čerpadel sice zůstává od jejich objevu takřka stejná (princip je znám přes sto let), ale je možné navrhovat mnohem menší a levnější zařízení, jež dokážou běžný dům bez problémů zásobit. Navíc se stoupajícími cenami alternativních zdrojů energie role těchto zařízení díky zdatelné návratnosti investic roste.

1.2.1 Jak pracuje tepelné čerpadlo?

Pracuje v podstatě stejně jako chladnička. Tepelná čerpadla pracují úplně stejně, ale provedení je odlišné, uzpůsobené požadavkům na bydlení. Ochlazují venkovní vzduch, půdu v okolí domu nebo hluboko pod domem, někdy i podzemní vodu a jiné materiály, z nichž lze získat teplo za ekonomicky výhodných a ekologicky šetrných podmínek.

Tepelné čerpadlo neporušuje žádný fyzikální zákon, jak je někdy nesprávně uváděno. Fyzikální zákony totiž nelze měnit, i kdybychom chtěli. Zákony termodynamiky říkají, že teplo z chladného tělesa nikdy samovolně nepřejde na těleso teplejší. Jak se tedy můžeme ohrát od země s relativně nízkou teplotou? V uvedené větě je důležité slůvko samovolně. Pokud totiž dodáme nějakou vnější energii (v případě tepelného čerpadla je to elektřina pro pohon kompresoru), pak můžeme i teplo z relativně chladného tělesa převést na vyšší teplotní hladinu. Třeba na teplotu okolo 50 °C, kterou už použijeme v radiátorech ústředního topení.

Je to tedy podobné jako s vodou: samovolně teče voda vždy jen shora dolů, stejně jako teplo. Dodáme-li jí ale energii pomocí vodního čerpadla, můžeme vodu dopravovat i do výšky. Z podoby s vodním čerpadlem vznikl i název tepelné čerpadlo, někdy nevhodně překládaný jako tepelná pumpa.

1.3 Kompresorové tepelné čerpadlo

Čerpadlo je mechanický stroj, který dodává kinetickou, potenciální, nebo tlakovou energii tekutině, která skrz něj protéká. Poháněno bývá obvykle jiným strojem – zpravidla nějakým motorem. V praxi se však běžně vyskytují i malá čerpadla na pohon lidskou, dříve i zvířecí silou.

V přeneseném významu slova se používá i výraz tepelné čerpadlo, což je zvláštní technické zařízení určené pro transport tepelné energie prostřednictvím teplotně nosného média. První čerpadla jsou známa již ze starověku. Sloužila převážně k dopravě vody a byla většinou poháněna lidskou nebo zvířecí silou.

Tepelné čerpadlo využívá skutečnosti, že bod varu a kondenzace různých látek závisí na tlaku. Například čpavek (NH_3) se vaří při atmosférickém tlaku (0,1 MPa) již při $-33\text{ }^\circ\text{C}$. Pokud ho ale stlačíme na tlak 2 MPa (tj. dvacetinásobek atmosférického tlaku), začne vřít či kondenzovat až při $50\text{ }^\circ\text{C}$. Čpavek se tedy dá dobře využít jako chladidlo i pro tepelná čerpadla, používají se ale jiné typy chladících prvků (především freony, ale například i uhlovodíky - propan nebo oxid uhličitý - CO_2).

Čpavek se používá ve starších průmyslových zařízeních, lze se s ním setkat například u chlazení zimních stadionů. Velkou nevýhodou je to, že je jedovatý. Nejvíce rozšířeným chladivem jsou v současnosti freony. Na trhu existuje mnoho typů a v tepelných čerpadlech se nejčastěji setkáme s chladivými tvořenými směsí řízených typů freonů. Výhodou freonů jsou vhodné fyzikální vlastnosti, nehořlavost a nejedovatost. Bohužel poškozují ozónovou vrstvu. Jako alternativa se proto někdy používá propan (označení chladiva R 290), který nepoškozují ozónovou vrstvu Země. Ten je ovšem hořlavý. Tepelných čerpadel s tímto chladivem je používáno minimum. Důvodem může být to, že se zákazníci obávají rizika požáru.

Již řadu let se hovoří o možnosti používat jako chladivo CO_2 (označení chladiva R 744). Tepelná čerpadla s CO_2 jsou zatím na trhu vzácná. Důvodem může být to, že CO_2 vyžaduje ve srovnání s běžně užívanými freony vyšší tlaky, a tím i bytelnější kompresory. To je pro firmy zavedené na freonová chladivá komplikace. Tepelná čerpadla s CO_2 , by ovšem měla pracovat hospodárněji a dosahovat vyšších výstupních teplot. To může být výhodné při rekonstrukcích, kdy tepelné čerpadlo zřídka dokáže spolupracovat se starším vytápěcím systémem, dimenzovaným na vyšší teplotní spád.

1.3.1 Činnost

Ve výparníku se chladivo vypaří za nízké teploty, protože je zde nižší tlak. Tím, že se změní z kapaliny na páru, spotřebuje teplo Q . Toto teplo je tím,

keré odebere ochlazované látce (např. vzduchu v okolí domu). Následně je chladivo ve formě plynu stlačeno kompresorem na vyšší tlak. Kompresor stlačením dodá chladicí látce další energii formou konané práce. energii pro tuto práci dodává motor, nejčastěji elektrický. Spotřeba kompresoru je jedinou energií, která se musí zaplatit. V kondenzátoru se stlačená chladicí látka ochladí tak, že zkondenzuje, avšak má stále vysoký tlak. Tím, že páry zkondenzují, vznikne teplo, které odvádí ohřívaná látka. Tou je nejčastěji voda ústředního topení. Teplo je energie, kterou z tepelného čerpadla získáme. Ve škrticím ventilu se pak sníží tlak chladiva na původní hodnotu a cyklus se opakuje.

1.3.2 Druhy kompresorů

Kompresor je stroj určený ke stlačování (kompresi) plynů a par.

Vzhledem k tomu, že kompresor má v technice mnohostranné použití, existuje mnoho druhů kompresorů. Podle způsobu zvyšování tlaku je dělíme na:

1. Objemové, kde zvýšení tlaku probíhá zmenšováním objemu pracovního prostoru, v němž je stlačovaný plyn uzavřen.
2. Rychlostní, kde se dosahuje zvýšení tlaku zrychlením proudícího plynu a po něm následující přeměnou kinetické energie v tlak. Typickým příkladem je turbokompresor.

Kompresory objemové se dále dělí podle konstrukce na:

- A. Pístový kompresor - dosahuje se v něm změny objemu plynu přímočarým vratným pohybem pístu ve válci. Při pohybu pístu dolů se plyn sacím ventilem nasává, při pohybu vzhůru se plyn stlačuje a pak vytlačuje výtlačným ventilem z válce. Písty mohou být buď poháněny otáčením klikové hřídele, nebo přímo jiným oscilujícím pístovým strojem (například parní kompresor)
- B. Rotační kompresor - u něj se dosahuje změny objemu pístem, nebo písty otáčejícími se kolem osy rovnoběžně s osou válce
 - lamelový - rotující píst má lamely uložené v podélných drážkách pístu tak, že jsou přitlačovány odstředivou silou ke stěně válce. Plyn se nasává otvorem a vytlačuje se jiným otvorem.
 - dvourotorový - dva rotační písty se po sobě odvalují a dopravují plyn v komorách vytvořených stěnami rotoru a statoru, ze sacího otvoru do výtlačného.
 - vodokružný - plyn se dopravuje v komůrkách vytvořenými pevnými křídly výstředně uloženého rotoru a vodním prstencem, který obíhá ve statoru. Plyn vstupuje sacím otvorem a odchází výtlačným otvorem v čelní stěně rotoru.
 - šroubový - podobný dvourotorovému, ale používají se dva do sebe zapadající šrouby

C. Scroll kompresor - „spirálový“ kompresor. Skládá se z jednoho pohyblivého scrollu (spirály) a jednoho scrollu upevněného k tělu kompresoru. Pohyblivý scroll obíhá po dráze v pevném scrollu, čímž se vytváří plynové kapsy přemísťující se mezi oběma scrolly do jejich středu. Kapsy se cestou do středu zmenšují, čímž je dosaženo zvýšení teploty i tlaku na potřebnou hodnotu.

Existují i další konstrukce, které v tomto přehledu nejsou uvedeny.

Kompresory rychlostní se dále dělí na:

1. Kompresor axiální
2. Kompresor radiální

Kompresor je důležitým a nejdražším článkem tepelného čerpadla. Většinou je hermeticky uzavřen v ocelové nádobě, takže ho v tepelném čerpadle neuvidíme. Můžeme se setkat s těmito nejčastějšími typy:

a) Tepelné čerpadlo s pístovými kompresory

jsou levné, mají horší topný faktor a jsou hlučnější. Životnost pístového kompresoru je přibližně 15 roků, za dobu životnosti tepelného čerpadla je třeba počítat s jednou jeho výměnou (případně s výměnou celé strojní části tepelného čerpadla). Rovněž většina starších zařízení má pístový kompresor.

b) Tepelné čerpadlo se spirálovými kompresory (SCROLL)

jsou dražší, dosahují však dobrých topných faktorů. V současnosti je to nejpoužívanější typ. Je běžné, že tepelná čerpadla různých firem používají kompresor téhož výrobce. Životnost těchto kompresorů se udává 80-100 tis. provozních hodin, což znamená životnost přibližně 20 let.

c) Tepelné čerpadlo s rotačními kompresory

lze se s nimi setkat jen zřídka, využívají se spíše v klimatizačních jednotkách. Hodí se pro malé výkony. Nedosahují vysokých topných faktorů.

d) Tepelné čerpadlo se šroubovými kompresory

používají se v průmyslových a speciálních aplikacích, zejména tam, kde je potřeba velký výkon. Důvodem je vysoká cena kompresoru.

1.4 Jiné typy tepelných čerpadel

Jsou i tepelná čerpadla, kde oběh chladiva nezajišťuje kompresor. Jsou to především různé typy sorpčních čerpadel. Chladicí látka je v okruhu nesena další látkou, která ho vstřebává a uvolňuje za přestupu tepla. Poháněčem energií je teplo, většinou s vyšší teplotou, než je výstupní teplota z tepelného čerpadla, získané nejčastěji z elektřiny, někdy i z jiného zdroje. Výhodou je naprosto tichý a velmi spolehlivý chod, protože zde nejsou žádné pohyblivé součásti.

Pozoruhodných výsledků dosahují tepelná čerpadla hybridní, která kombinují sorpční a kompresorový oběh. Jsou však konstrukčně náročná, takže se uplatňují ve speciálních případech. Pro vytápění se běžně nenabízejí.

Další, zatím ovšem teoretickou možností, je tepelné čerpadlo poháněné Stirlingovým motorem. Je to motor, který je poháněn teplem o poměrně nízké

teplotě, může využívat i teplo okolního prostředí či teplo odpadní. Motor ale doposud není ve fázi dostupných výrobků, jde zatím o prototypy či malé série.

1.5 Efektivita

Energetickou efektivitu většiny zařízení posuzujeme podle jejich účinnosti. To je poměr mezi energií přivedenou (např. ve formě paliva) a energií získanou (např. ve formě tepla z radiátorů). Každý stroj má určité ztráty, proto je účinnost vždy nižší než 1 (resp. 100 %).

U tepelného čerpadla se efektivita vyjadřuje topným faktorem e_T (značí se také COP, z anglického Coefficient of Performance). Udává spotřebu vstupní energie (elektriny pro pohon kompresoru) k množství získaného tepla. Teplo získané z okolí se neuvažuje, takže topný faktor je vždy větší než 1 (obvykle 2-5). Lze tedy říci, že „účinnost“ tepelného čerpadla je vyšší než 100%. Z toho pramení některá tvrzení, že tepelné čerpadlo je jakési perpetuum mobile nebo že obchází fyzikální zákony. Jde samozřejmě o nadsázku. Pokud bychom chtěli zjistit skutečnou účinnost tepelného čerpadla, museli bychom do vstupní energie zahrnout i teplo odebírané z okolního prostředí; takto stanovená účinnost by byla nižší než 100%.

Při hodnocení efektivity je třeba si uvědomit, že se obvykle porovnávají různé druhy energií. Elektřina je univerzální energie, nenahraditelná pro provoz mnoha spotřebičů a strojů. Naproti tomu teplo lze získat mnoha různými způsoby, zejména spalováním dřeva či fosilních paliv. Tepelné čerpadlo je tedy plně srovnatelné jen s elektrickým vytápěním. Při srovnání tepelného čerpadla a třeba tepla ze zemního plynu je třeba zvážit nejen prostou úsporu energie, ale i produkci emisí nebo jiné zatížení životního prostředí.

1.6 Topný faktor

Topný faktor je jeden z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla. Udává spotřebu elektriny na produkci tepla.

$$E_T = Q/E$$

Q teplo dodané do vytápění [kWh]

E energie pro pohon tepelného čerpadla

Podle okolních podmínek se topný faktor mění. Tepelné čerpadlo spotřebovává více energie při velkém rozdílu teplotních hladin. Teplota zdroje (vzduch, voda, půda) během kolísá v průběhu ročního období, mírně může kolísat i výstupní teplota z tepelného čerpadla.

Pro nízkoteplotní vytápěcí systémy v domech je požadována teplota 30-50 °C. Zdroje tepla pro tepelná čerpadla mají teploty různé. Aby byl rozdíl hladin co nejmenší, je tedy žádoucí ochlazovat co nejteplejší látku. Teoreticky

můžeme ochlazovat cokoli až k absolutní nule ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), pro běžnou praxi se teploty ochlazovaných látek pohybují kolem $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Topný faktor tepelného čerpadla je hlavní argument prodejců. Pro porovnání dvou tepelných čerpadel podle topného faktoru je vždy nutné znát podmínky, za kterých je uvedený topný faktor dosažen, tedy teplota vstupního média a teplotu výstupního média. Například takto: topný faktor je 3,4 při teplotě vody vstup/výstup $0/45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Samotný údaj topného faktoru je zcela bezcenný. Podobně nelze říci, že tepelné čerpadlo s topným faktorem 4 při teplotě vody vstup/výstup $10/45\text{ }^{\circ}\text{C}$ je lepší než tepelné čerpadlo s topným faktorem 3,2 při teplotě vody vstup/výstup $0/50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Opak může být pravdou.

Seriózní dodavatelé tepelných čerpadel tyto podmínky vždy uvádějí. V ideálním případě jsou parametry uváděny podle požadavků normy ČSN EN 255. Pak jsou tepelná čerpadla vzájemně velmi dobře srovnatelná. U komerčně dodávaných tepelných čerpadel udávají výrobci topný faktor v několika provozních stavech, někdy i formou grafu. Protože teplota ochlazované látky během roku často kolísá, je třeba správně odhadnout celoroční topný faktor. Jinak budeme očekávat úspory, které se nedostaví.

1.6.1 Skutečný topný faktor

V praxi zjistíme, že tepelné čerpadlo potřebuje elektřinu nejen na pohon kompresoru, ale i pro oběhová čerpadla, případně ventilátory. Spotřeba oběhových čerpadel u tepelného čerpadla se zemním kolektorem nebo hlubinnými vrty je relativně malá, ale nelze ji zanedbat. Spotřeba ventilátorů u systémů ochlazujejících venkovní nebo vnitřní vzduch je ještě vyšší. Pokud ji pomineme, může nás později nemile překvapit, že účty za elektřinu jsou vyšší, než jsme čekali. Rovněž u dotačních programů, kdy je vyžadován určitý minimální topný faktor, může být rozdíl mezi teoretickým a skutečným topným faktorem rozhodující.

Spotřeba oběhového čerpadla vlastního ústředního topení je obvykle zanedbatelná (100-300 kWh), navíc by systém nejspíš potřeboval oběhové čerpadlo i v případě použití jiného zdroje, např. plynové kotle. Proto se jeho spotřeba do celkového topného faktoru obvykle nezapočítává.

1.6.2 Topný faktor tepelného čerpadla s plynovým pohonem

V principu lze kompresor tepelného čerpadla pohánět jakýmkoli motorem. Na trhu se proto občas objeví tepelná čerpadla poháněná spalovacím motorem, který spaluje zemní plyn. Odpadní teplo z motoru a teplo spalin se v tepelném čerpadle pochopitelně využívá (spolu s teplem okolního prostředí).

Topný faktor plynových tepelných čerpadel je pak malý (okolo 1,3) ve srovnání s tepelnými čerpadly elektrickými. To je logický důsledek toho, že u elektrických tepelných čerpadel se do výpočtu topného faktoru nezahrnuje

účinnost výroby elektřiny. Elektřina se v ČR vyrábí a distribuuje s účinností cca 29 %, převážně v uhelných a jaderných elektrárnách. Pokud tuto účinnost zahrneme, pak by byl topný faktor elektrických tepelných čerpadel pouze 0,6-1,2.

2 Zdroje tepla tepelných čerpadel

2.1 Přírodní podmínky

Primárními zdroji tepla pro využití energie prostředí a geotermální energie mohou být:

- zemské teplo hornin;
- podzemní voda;
- povrchová voda;
- půdní vrstva;
- venkovní vzduch;
- vnitřní vzduch.

Tepelná čerpadla mohou využívat jako primární zdroj tepla také třeba vzduch ze sklepních či důlních prostor, z tunelů, podzemních kolektorů, z větrání budov a výrobních procesů apod.

2.1.1 Teplo podloží

Zemský plášť

je jedna z vrstev Země, shora vymezená zemskou kůrou a zespodu zemským jádrem. Z geofyzikálního i geochemického hlediska může být rozdělen na svrchní a spodní plášť a přechodovou zónu, která se nachází mezi nimi. Většinu současných poznatků o plášti se podařilo získat během 20. století podrobnou analýzou příchodů seismických vln. V plášti probíhá neustále plášťová konvekce, která souvisí s deskovou tektonikou a jejíž obraz můžeme získat pomocí seismické tomografie.

Zemský plášť jako celé těleso tvoří přibližně 69 % zemské hmotnosti a 84 % celkového objemu. Předpokládá se, že jeho svrchní část je tvořena převážně z křemičitanů železa a hořčíků a spodní část převážně z oxidů a sulfidů železa, hořčíku a dalších kovů. Hmota pláště je ve velmi pozvolném pohybu, čímž dochází k výměně tepla a materiálu mezi jednotlivými oblastmi. Teplo se nejspíše získává z rozpadu radioaktivních látek jako je draslík.

Zemská kůra

Tloušťka zemské kůry kolísá od 5 do 70 km v závislosti na místě, kde se nachází. Nejtenčí částí je oceánská kůra na dně oceánů složená z mafických hornin bohatých na křemík, železo a hořčík. Silnější je kontinentální kůra, která má menší hustotu a obsahuje především vrstvu složenou z felsických hornin bohatých na křemík, sodík, draslík a hliník. Za rozhraní mezi kůrou a pláštěm lze označit dva fyzikálně odlišné jevy. Především existuje diskontinuita v rychlosti seismických vln, která je známá jako Mohorovičičova diskontinuita. Za příčinu této diskontinuity je považována změna ve složení hornin od hornin obsahující plagioklasy (nahore) až po horniny, které žádné živce neobsahují (dole). Jiným jevem je chemická diskontinuita mezi ultramafickými horninami a natavenými harzburgity, jak ji lze pozorovat v hlubokých částech oceánské kůry, které byly obdukovány do kontinentální kůry a uchovány jako ofiolitické sekvence.

V nitru Země stále probíhá nukleární rozpad prvků. Zemské jádro je žhavé a energie zde vznikající prostupuje na povrch ve formě tepla. S rostoucí hloubkou pod povrchem roste i teplota hornin. Obvykle se každých 30 m zvýší teplota o 1 °C. V hloubce 100 m je teplota okolo 10 °C.

Průměrný tepelný tok (množství tepla, které projde jednotkovou plochou na zemském povrchu) na Zemi je $60 \pm 10 \text{ mW/m}^2$. Lokality s nejvyšší hustotou zemského tepla v ČR mají až 90 mW/m^2 (např. Ostravsko, okolí obce Boží Dar v Krušných horách). Pro posouzení konkrétní lokality je důležitým parametrem tepelná vodivost hornin. Teplo se z podloží čerpá pomocí vrtu (resp. několika vrtů) o hloubce od 50 do 150 m. Pokud je potřeba více vrtů, měly by mít od sebe odstup minimálně 10 m (resp. 10 % hloubky vrtu), aby se vzájemně neovlivňovaly. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12-18 m hloubky vrtu podle geologických podmínek. Tepelné čerpadlo o výkonu 10 kW vyžaduje tedy přibližně 140m vrt (nebo dva 70m). Obecně je však lépe zvolit jeden hlubší než dva kratší vrty. Prvních 10 m vrtu má totiž poměrně malý energetický přínos. Skutečná délka vrtu závisí na konkrétních geologických podmínkách v místě a jeho návrh by měl zpracovat odborník. Teplota v zemině do hloubky cca 5 m je ovlivněna i venkovní teplotou. Proto se někdy s prvními 10 m hloubky vrtu nepočítá pro energetické využití. Znamená to, když je například potřeba 140 m hloubky vrtu, skutečná hloubka bude 150 m. Takový vrt také nemůžeme nahradit třemi vrty po 50 m, ale po 57 m. Pokud se tato zásada nerespektuje, hrozí promrznutí horní vrstvy zeminy. Vlastní vrt má obvykle průměr 130-220 mm. Ihned po odvrtání se do vrtu zasune polyetylenová (LDPE) hadice kolektoru. Někdy je kolektor tvořen čtyřmi hadicemi namísto běžných dvou. V hadici kolektoru proudí

nemrznoucí směs, nejčastěji vodní roztok monopropylenglykolu nebo monoethylenglykolu. Vrt se pak musí utěsnit cementovou nebo jílocementovou směsí. Naprosto nevhodné je zasypání pískem nebo vytěženým materiálem. Důvodem je riziko, že vrt narazí na zásobárnu podzemní vody, do níž by se neutěsněným vrtem mohla dostat znečištěná voda povrchová, případně že vrt spojí oblasti v různých hloubkách a naruší tak hydrogeologické poměry. Pozor: vrt pro tepelné čerpadlo je z výše uvedených důvodů považován za vodní dílo (podle zákona č. 245/2001 Sb.), i když se z něj voda neodebírání. Musí jej povolit příslušný stavební a vodoprávní úřad. Tepelné čerpadlo s hlubinnými vrty má velmi dobrý topný faktor, který se během roku téměř nemění.

2.1.2 Zamrznutí vrtu

Ano, vzhledem k tomu, že ve vrtu prochází nemrznoucí směs ochlazená pod nulu. Zamrznutí hrozí v případě, že vrt je příliš malý k požadovanému odběru tepla. Tepelný tok z okolí vrtu nepokryje teplo. Někdy čas pak tepelné čerpadlo využívá skupenské teplo vody horních hornin, po jeho spotřebování hornina okolo vrtu zamrzne. Tepelné čerpadlo pak přestává pracovat a trvá velmi dlouho, než vrt opět rozmrzne. Z tohoto důvodu je třeba vrt dostatečně dimenzovat. Pokud je teplo odebíráno sezónně pro vytápění, může být vrt kratší, protože okolí vrtu se v době mimo topný sezónu regeneruje. Pokud je ale vrt využíván celoročně (ohřev bazénu, teplé vody), musí být délka dostatečná.

Do vrtu je možné energii také vracet. Typicky se doporučuje dotovat vrt během léta ze solárních kolektorů. V praxi je však toto řešení silně neekonomické, lepší je provést dostatečně hluboký vrt. Jedinou přijatelnou alternativou je dotovat vrt teplem z letního chlazení budovy.

2.1.3 Ochlazování studny

Jde o častý dotaz, ale bohužel to možné není. Je třeba si uvědomit, že do hloubky 10-15 m se ještě projevuje kolísání teplot, způsobené kolísáním teplot venkovního vzduchu. Půda i v této hloubce prochladá směrem k povrchu. Při návrhu vrtů se k potřebné délce vrtů někdy právě z tohoto důvodu prvních 10 m nepočítá. U studny by tedy byl skutečný efekt přestupu tepla z podloží potlačen chladnutím směrem k povrchu. Pokud bychom vodu ve studni ochlazovali pomocí tepelného čerpadla, brzy bychom asi získali válec ledu. V 1 m³ vody teplé 8-10 ° C je skryto asi 100 kWh. Takové množství by stačilo pro provoz tepelného čerpadla s výkonem 10 kW po dobu pouhých 15 hodin. Studna tedy v zásadě nemůže vrt nahradit.

2.1.4 Podzemní voda

Podzemní voda zahrnuje všechnu vodu, která se nachází pod zemským povrchem, zejména v pórech mezi částicemi půdy a v místech, kde je narušena kontinuita hornin. Výzkumem podzemní vody se zabývá hydrogeologie. Podzemní voda tvoří okolo 20 % světových zásob sladké vody, využívá se často jako zdroj vody.

Voda pod zemským povrchem může být přítomna ve formách:

- Adsorpční – voda, kterou pomocí slabých vazebných interakcí adsorbují částice horniny.
- Kapilární – voda, jejíž pohyb určují převážně kapilární jevy. Nachází se v *kapilárním pásmu* mezi hladinou podzemní vody a zemským povrchem.
- Gravitační – voda, jejíž pohyb určují hlavně účinky gravitační síly. Pokud se jednotlivé kapky vody spojují a tvoří dlouhodobé nebo trvalé těleso, nazývá se toto těleso *zvoďeň*.

Většina vody pod zemským povrchem pochází ze vsaku povrchové vody, ta se nazývá *vadózní* podzemní voda. Část této vody může být po dlouhá geologická období uzavřena mezi nepropustnými vrstvami a tuto podzemní vodu pak označujeme jako *fosilní*. Pokud vystupuje z nitra Země, jedná se o *juvenilní* podzemní vodu. Ta může vyvěrat například ve vulkanických oblastech a v tektonických zlomech. Voda, která zůstane v sedimentu, který se do ní ukládal, se nazývá *konátní*. Organického původu je tzv. naftová voda.

V praxi se jen zřídka vyskytne dostatečně vydatný zdroj poblíž vytápěného objektu. Pokud chceme provést vrt pro čerpání podzemní vody, musíme provést odborný hydrogeologický průzkum. Na jeho základě dostaneme od vodoprávního úřadu (součást krajských úřadů) povolení k provedení vrtu a povolení k čerpání a vypouštění podzemních vod. Může se pochopitelně stát, že úřad vrt nepovolí, například kvůli riziku ohrožení zdrojů pitné vody. Čerpání podzemních vod je obvykle zpoplatněné, čerpání pro účely ochlazení v tepelném čerpadle však zpoplatněno není.

Lokality ležící v I. ochranném pásmu lázní a minerálních vod mají absolutní zákaz provádět vrty a čerpat podzemní vody, např. Karlovy Vary. Ve II. ochranném pásmu lázní a minerálních vod lze vrtat pouze s písemným povolením Inspektorátu lázní a zřidel (ČIL) při ministerstvu zdravotnictví ČR. Ve III. ochranném pásmu je ohlašovací povinnost ČIL při vrtu do hloubky nad 30 m. V těchto lokalitách je využití zemského tepla hlubinnými vrty nemožné nebo obtížné. Vlastní vrt je podle zákona o vodách (č. 254/2001 Sb.) považován za vodní dílo, provádět ho může jen firma s patřičným oprávněním Báňského úřadu. Vodní dílo (tedy i vrt pro tepelné čerpadlo) vyžaduje územní rozhodnutí i stavební povolení příslušného stavebního úřadu. U novostaveb může být správní řízení související s vrtem spojeno se stavebním povolením pro stavbu domu. Vzhledem k novému stavebnímu zákonu, kdy je povolování staveb

rodinných domů jednodušší, může být výhodnější obě řízení spíše oddělit, aby stavba domu nebyla bržděna složitějším řízením. Stavební úřad obvykle vyžaduje hydrogeologický průzkum, který však lze nahradit vyjádřením osoby s odbornou způsobilostí. Pro provoz vrtu je nezbytné povolení k nakládání s vodami, které vydává příslušný vodoprávní úřad. Odběr vody z vrtu není zpoplatněn, pokud jde o vrt k účelu získání tepelné energie. Vydatnost vrtu je nutné ověřit dlouhodobou čerpací zkouškou. Je zřejmé, že přírodní podmínky omezují využití tohoto systému, pro někoho může být překážkou i administrativa spojená s prováděním vrtu a nakládáním s vodami. K problémům přispívá někdy i obava sousedů - účastníků stavebního řízení - z toho, že dojde k ovlivnění hladiny spodní vody.

2.2 Využití povrchové vody

Povrchová voda, je voda všech vodních povrchových zdrojů (moře, řeky, rybníky, potoky).

Rozdělení:

- stojatá voda (lentická)
- tekoucí voda (lotická)

Povrchová voda se pro využití v tepelném čerpadle příliš nehodí, neboť její teplota je poměrně nízká, zamrzá a obvykle je znečištěná. Do dna vodoteče nebo vodní nádrže lze umístit kolektor, který by vodu ochlazoval. Malé, zamrzající potoky využívat nelze. Vhodnější jsou trvale tekoucí vody. Ideální je např. náhon malé vodní elektrárny, kam lze bez problémů umístit výměník pro tepelné čerpadlo. Jen málo domů se nachází přímo na břehu rybníka nebo vodoteče. S uložení potrubí přes cizí pozemky nemusí jejich majitelé souhlasit. S uložení kolektoru do dna vodního toku musí také souhlasit správce toku, resp. majitel rybníka.

Teoreticky je také možné vodu přivádět potrubím přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou vypouštět zpět. V tom případě se však platí poplatky správci toku za odběr vody. Zásadní překážkou je ovšem znečištění povrchové vody a její mineralizace, která způsobuje zanášení výměníků a potrubí. Při větší vzdálenosti objektu od potenciálního zdroje se může stavba potrubí neúnosně prodražit. Ze všeho výše uvedeného vyplývá, že jde spíše o teoretickou možnost. V praxi na využití povrchové vody narazíme výjimečně.

Vzhledem k nízkým teplotám vody v zimě (okolo 4 °C) je možno ochladit ji jen o několik stupňů. Výměníky jsou proto potřeba poměrně velké a tím i nákladné.

2.3 Využití půdní vrstvy

Dalším možným způsobem je využití půdního kolektoru. Půda se ochlazuje

tepelným výměníkem z polyetylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí a uloženého pod terén v hloubce 1,5-1,2 m. Jedná se o poměrně rozšířený systém, který má oproti hlubinným vrtům nižší pořizovací náklady za cenu mírně horšího průměrného ročního topného faktoru. Na novostavbě lze zemní práce spojit s ostatními výkopovými pracemi na staveništi. Lze je provádět i svépomocí. Teplota v zemině kolísá během roku podle průměrné venkovní teploty. Vlivem toho se topný faktor během roku mírně mění, nejhorší je koncem topné sezóny, kdy už je půda vychlazená. Pokud je tepelné čerpadlo využíváno jen pro vytápění, může být kolektor menší, neboť se přes léto regeneruje přestupem tepla z okolních vrstev zeminy, slunečním zářením a teplem z venkovního vzduchu. Pokud je využíván celoročně (např. pro bazén), je nutno plochu kolektoru zvětšit. Vždy platí, že je lepší pokrýt co největší plochu.

- Má smysl půdní kolektor vyhřívat během léta? Správně dimenzovaný kolektor letní vyhřívání nepotřebuje. Vracet do kolektoru teplo má smysl jen v případě, že tepelné čerpadlo během léta dům chladí, a teplo je tedy odpadem. Pořizovat kvůli půdnímu kolektoru např. solární systém je ekonomický nesmysl. Výhodnější by bylo např. snížit potřebu tepla v budově větracím systémem s rekuperací tepla, čímž se sníží i odběr tepla z půdního kolektoru. Plošný půdní kolektor se umísťuje vedle objektu v hloubce 1,5-2 m, dostatečně daleko od základů, aby nehrozilo jejich promrznutí. Trubky půdního kolektoru z polyetylénu, v nichž proudí nemrznoucí směs, se mohou ukládat na souvisle odkrytou plochu, nejméně 0,6 m od sebe (doporučuje se 1 m). Jiným řešením je ukládání trubek do výkopu potřebné délky, s šířkou 0,6-1 m. V Německu se lze setkat s řešením, kdy jsou trubky kolektoru stočeny tak, že tvoří jakýsi „koš“, který je uložen do výkopu poblíž budovy.

Je také možné použít kolektor typu slinky. Ten je tvořen smyčkami potrubí, které vzniknou jen roztažením svinutého kola hadice. Jedno kolo má délku 200 m. Slinky je možné ukládat vodorovně do širšího výkopu šířky 0,9 m a hloubky cca 1,5 m, délky 15-20 m. Lze je ukládat i „na stojato“ do úzkého výkopu (0,3-0,4 m); hloubka musí být větší, aby byly vrcholy slinek v hloubce cca 1,5 m. Výkopové rýhy by od sebe měly být vzdáleny alespoň 5 m. Slinky se obtížněji od vzdušňují, zabírají však na pozemku méně místa.

- Nezpůsobí kolektor zmrznutí rostlin na zahradě? Z praxe vyplývá, že na pozemcích s půdním kolektorem se drží sníh o něco déle. Kvůli nižší teplotě je pozemek trochu vlhčí. Je tedy lepší uložit kolektor na slunný pozemek. Jak kolektor omezí využití pozemku? Nad kolektorem a ani v jeho blízkosti pochopitelně nelze stavět stavby, které potřebují základy, neboť půda v oblasti kolektoru bude silněji promrzat. Rovněž sem není vhodné umísťovat bazén, skleník a podobně. Nad kolektorem by se neměly

ani pěstovat vyšší stromy, aby svými kořeny nepoškodily kolektor.

2.4 Využití venkovního vzduchu

Vzduch je směs plynů tvořící plynný obal Země - atmosféru - sahající až do výše asi 10 000 km. Má vliv na všechny chemické proměny jak v nerostné přírodě respektive v neživé přírodě, tak i v živých organismech. Prakticky všechny živé organismy (živá příroda) by bez kyslíku z ovzduší nemohly vůbec existovat. Má i své významné fyzikálně chemické vlastnosti, jedná se zejména o transport vody neboli koloběh vody v ovzduší. Kromě toho tepelná kapacita vzduchu udržuje na Zemi teplotu přijatelnou pro život, jinak by na noční straně naší planety byl mráz několika desítek stupňů, kdežto na denní straně by bylo více než stostupňové horko. Je také důležitou průmyslovou surovinou. Mimo jiné vzduch (resp. kyslík v něm obsažený) také slouží k oxidaci paliva ve všech běžných spalovacích motorech, k oxidaci paliva při výrobě elektrické energie v tepelných elektrárnách, dále při vytápění či ohřevu vody atd. Vzduch tedy slouží coby druhá (prakticky neviditelná) složka každého běžného fosilního paliva.

Nízkopotenciálním zdrojem tepla může být také okolní vzduch. V poslední době se využívá intenzivněji, neboť tepelná čerpadla dosahují dobrých parametrů zejména, v klimaticky mírnějším pásmu s menším počtem mrazových dnů. Protože nepotřebují vrty ani zemní kolektory, jsou pořizovací náklady nižší a instalace jednodušší. V ČR se setkáme nejčastěji s řešením typu „split“, kdy je tepelné čerpadlo rozděleno na venkovní a vnitřní část. Venkovní vzduch je ve venkovní části tepelného čerpadla nasáván pomaloběžným ventilátorem a ochlazován.

Jsou i tepelná čerpadla, která nemají venkovní část, ale výměník pro ochlazování vzduchu je integrován uvnitř. Tepelné čerpadlo je pak umístěno v objektu, např. ve sklepě, vzduch nasává a vypouští přes otvory ve stěně. Nejméně častým řešením je případ, kdy je tepelné čerpadlo celé mimo objekt a do domu se vede jen potrubí s topnou vodou. Nezabírá se sice místo v domě, ale roste riziko poškození či krádeže zařízení.

Obsah energie ve vzduchu silně závisí na jeho vlhkosti. Je-li vzduch chladný, je v něm i málo vody. Na rozdíl od ostatních látek (voda, horniny) není množství energie ve vzduchu přímo úměrné teplotě, ale klesá rychleji. Z toho vyplývá, že v době nejnižších venkovních teplot, kdy je potřeba tepla v objektu nejvyšší, pracuje tepelné čerpadlo s nejnižším topným faktorem a obvykle i s nižším výkonem. Současná vzduchová tepelná čerpadla jsou schopna pracovat až do teplot -12 až -15 °C, lze se setkat i se stroji schopnými ochlazovat vzduch i při venkovní teplotě -20 °C. Pro dny, kdy je venkovní teplota nižší, než je tepelné čerpadlo schopno zpracovat, je nutné vybavit systém vytápění ještě dalším zdrojem, např. elektrokotlem. Na venkovním výměníku dochází ke vzniku námrazy. Různí výrobci mají různé

systemy pro automatické odtávání námrazy. Energeticky nejhorší je tzv. reverzní chod, kdy tepelné čerpadlo ohřívá výměník. Zvyšuje se spotřeba elektřiny a klesá efektivita tepelného čerpadla. Z hlediska spotřeby výhodnější, ale investičně nákladnější je systém dvou venkovních výměníků, které se při provozu střídají. Pro hodnocení skutečného topného faktoru je tedy nutné do spotřeby tepelného čerpadla zahrnout nejen spotřebu ventilátoru venkovní jednotky, ale i vliv odtávání námrazy na výparníku.

- Kam umístit venkovní jednotku? Venkovní jednotka produkuje chladný vzduch, který má tendenci hromadit se u země. Z toho důvodu není vhodné dávat jednotku do malých uzavřených dvorečků, závětrných severních koutů a podobně. Kvůli hluku by neměla být ani blízko okna. Je potřeba počítat s odkapáváním, protože na vnějším výměníku kondenzuje voda, která stéká pod jednotku. V zimě může vnikat námraza.
- Není venkovní jednotka příliš hlučná? Ventilátor jistý hluk produkuje. Hygienické normy vyžadují, aby hluk během dne nebyl vyšší než 50 dB, v noci 40 dB. Vnímání hluku je však silně individuální, takže se může stát, že i jednotka, která předpisům vyhovuje, bude např. vadit sousedům. Během dne je hluk jednotky obvykle neslyšitelný, neboť ho přehluší jiné zvuky (hudba z rádia, hovor, provoz na ulici, vítr atd.). V noci však mohou nastat potíže, zejména, v tichých místech. Hluk 40 dB lze přirovnat k vnějšmu hluku auta běžícího na volnoběh.
- Lze hluk venkovní jednotky omezit? Je možné umístit jednotku tak, aby byla obklopena prostředím pohlcujícím hluk (trávou, keři apod.). Naopak asfaltové plochy, betonové stěny, zdi atd. hluk odrážejí, takže se může snadno šířit. Jinou možností je použít tepelné čerpadlo, které je celé umístěno v domě a vzduch si nasává otvorem na fasádě. Výdechový otvor je třeba umístit tak, aby se ochlazený vzduch nemíchal s nasávaným vzduchem a aby se z výdechového otvoru nešířil hluk. V domě lze tepelné čerpadlo snáze hlukově odizolovat.

2.5 Jak je to s použitím vnitřního vzduchu?

Pokud je dům vybaven nuceným (strojním) větráním, lze teplý odváděný vzduch využít tepelným čerpadlem. Důvod je zřejmý - potřeba tepla na ohřev větracího vzduchu tvoří třetinu až polovinu celkové spotřeby tepla na vytápění.

Vnitřní vzduch má vždy relativně vysokou teplotu (18-24 °C). Tepelné čerpadlo může pracovat efektivně i za podmínek, kdy běžně užívané systémy zpětného získávání tepla (rekuperace) nelze použít. Teplo může být použito pro topnou vodu ústředního topení, nebo výhodněji pro ohřev vzduchu, je-li vytápění objektu teplovzdušné.

Zásadní nevýhodou je, že větracího vzduchu je k dispozici jen omezené množství, takže bývá potřeba další zdroj nízkopotenciálního tepla (např. půdní kolektor). Nebo je nutné smířit se s tím, že tepelné čerpadlo nikdy nepokryje celou spotřebu, a dům trvale dotápět dalším zdrojem. Pozor: u dobře izolovaných domů jsou významným zdrojem i obyvatelé domu a jejich spotřebiče.

Na trhu jsou tepelná čerpadla s integrovanými ventilátory, které lze použít jako centrální větrací jednotku domu.

- Mohu ochlazovat vzduch ve sklepech? Toto řešení rozhodně *nelze* pro běžné domy doporučit. Ochlazováním sklepa by se pouze zvýšily tepelné ztráty přilehlých místností. Pokud by byl sklep od vytápěných místností dobře tepelně izolován, bude teplota v něm nižší. V každém případě nelze čekat, že půda přilehlá ke sklepu ho bude vyhřívat natolik, aby bylo dost energie pro tepelné čerpadlo. Pokud by byl do sklepa přiváděn venkovní vzduch (takže by šlo vlastně o tepelné čerpadlo využívající teplo vně domu, nikoli uvnitř), hrozilo by v zimě promrzání konstrukcí a základů. Přívod vzduchu je tedy potřeba provést tepelně izolovaným potrubím.
- Je lepší tepelné čerpadlo, nebo rekuperační jednotka? Tepelná čerpadla ochlazující vnitřní vzduch jsou konkurencí pro běžné rekuperační jednotky. Uplatní se zejména v případech, že jsou v objektu velké vnitřní zisky, které nelze rekuperační využít. Pokud jde o tepelné čerpadlo vzduch/voda, pak je možné teplo z odpadního vzduchu využít i mimo topení, např. pro přípravu teplé vody.

Vhodným zapojením vzduchotechnických rozvodů lze zajistit, že tepelné čerpadlo bude v létě chladit přicházející vzduch. To rekuperační jednotka neumí. Existují i kombinace tepelného čerpadla a rekuperačního, ochlazuje vzduch vystupující z rekuperační jednotky.

2.6 Tepelné čerpadlo a klimatizace

Úvodem je třeba poznamenat, že technici pod pojmem klimatizace chápou nejen chlazení, ale i zvlhčování (případně vysoušení) a filtraci vzduchu. Obchodníci to ale vidí jinak. Pod názvem klimatizace vám prodají zařízení, které umí vzduch pouze ochladit.

Klimatizace

Je to zařízení pro úpravu vzduchu v celých budovách či jednotlivých místnostech a v dopravních prostředcích (auta, lodě, letadla). Pracuje tak, že

nasává venkovní vzduch (minimálně musí přivádět 10% čerstvého vzduchu), který filtruje, upravuje teplotu, vlhkost na požadované hodnoty a pomocí ventilátorů je dopravuje na příslušná místa.

- V našich podmínkách se klimatizace používá především pro průmyslové účely, v chirurgických sálech, inkubátorech, v laboratořích, ve výpočetních střediscích (serverovna) a v dnešní době i ve velkých nákupních centrech. V teplých tropických a subtropických oblastech světa (zejména kolem rovníku resp. v okolí obou obratníků) jsou klimatizovány všechny typy budov i dopravních prostředků prakticky neustále - platí to ale jen pro bohaté země světa, neboť klimatizace je energeticky i materiálově poměrně nákladná záležitost
- Velká klimatizační zařízení používají k odjímání tepla cirkulující vodu.
- Klimatizace automaticky udržuje stálé podmínky (především teplotu) bez ohledu na venkovní prostředí.
- Jedno z 1. klimatizačních zařízení v Československu bylo instalováno v budově Elektrických podniků hlavního města Prahy v roce 1932 v Praze.

Klimatizační zařízení pro vytvoření tepelné pohody v místnosti využívá několika fyzikálních principů, konkrétně pak:

1. Komprese (stlačování plynů)
2. Kondenzace (zkapalnění plynů)
3. Vypařování

V 1. fázi jsou *páry* chladicí látky přivedeny do kompresoru kde jsou *stlačovány* (a důsledkem stlačování i *zahřívány*). Teplý vzduch je ventilátorem hnán do venkovního prostoru.

Ve 2. fázi je chladicí médium o vysoké teplotě a tlaku přivedeno do výměníku — kondenzátoru, kde je ochlazováno (médium kondenzuje). Uvolněné odpadní teplo je ventilátorem odváděno do venkovního prostoru.

Ve 3. fázi je kapalina transportována pod tlakem přes kapiláru nebo expanzní ventil do výměníku — výparníku (místa s nižším tlakem a vyšší teplotou), kde se rozpíná (expanduje) a tím i prudce ochlazuje. *Kapalina se začne odpařovat*, ohřívá se a tím odebírá teplo z prostoru výparníku. Výparník je ochlazován. Pro distribuci studeného vzduchu do místnosti slouží ventilátor, který je umístěn kolem výparníku. Poté je chladivo v plynném skupenství přiváděno do kompresoru a cyklus se opakuje.

Klimatizace, stejně jako kompresorová lednička, chlad nevytváří přímo (negenerují ho), ale odebírají a odvádí teplo? Klimatizace oproti lednici teplo

odvádí zcela mimo ochlazovanou místnost. Lednice teplo odvádí do okolního prostoru (do místnosti).

Vytápění

Klimatizace umožňuje pracovat i v opačném režimu – vytápěcím. Z jednotky se stane tepelné čerpadlo, kdy se odpadní teplo přivádí zpět do místnosti. Z kondenzátoru se stává výparník a z výparníku kondenzátor. Vnější jednotka je tak ochlazována a vnitřní naopak topí. Tohoto způsobu ohřevu vzduchu v místnosti se však využívá pouze příležitostně v období podzimu a velmi mírné zimy (při teplotách 4-13 °C). Při nižších teplotách je ohřev pomocí AC jednotky neefektivní.

Chladicí médium

Chladicí médium je tekutina, která proudí skrz zařízení, aby ho ochránila před přehřátím a přenášela teplo produkované tímto zařízením do jiného zařízení, kde se využije nebo rozptýlí. Ideální médium má velkou tepelnou kapacitu, nízkou viskozitu, je levné, chemicky inertní, nehořlavé a nezpůsobuje ani nepodporuje korozi chladicího systému. Některé aplikace navíc vyžadují, aby bylo chladicí médium elektrickým izolantem.

Typ chladicího média se liší od použití pro konkrétní aplikaci. Běžnými chladivými jsou amoniak, CO₂, fluorovodíky a fluoruhlovodíky (HFC). Použití chladiv na bázi freonů (CFC) je na základě Vídeňské úmluvy na ochranu ozonové vrstvy a Montrealského protokolu regulováno a postupně vylučováno.

Zdravotní rizika

Možnost onemocnění angíny, nachlazení krku a podobně vlivem cirkulujícího vzduchu nastaveného mnohdy na extrémně nízké teploty oproti vnějšímu prostředí. Dále špatnou údržbou klimatizačních zařízení (minimální ventilace vzduchu v místnosti) může dojít k přemnožení a rozšíření choroboplodných mikroorganismů, zejména pak Legionelly (Legionářské nemoci). Ovšem pokud je prováděn pravidelný servis jednotky, lze se rizikům šíření mikroorganismů zcela vyhnout. Naopak klimatizační jednotky, včetně filtrace, zvlhčovače, apod. bývají s výhodou používány v místech se zvýšenými nároky na čisté a hypoalergenní prostředí jako jsou operační sály, nemocniční prostředí, atd.

Využití tepelného čerpadla

Protože je tepelné čerpadlo v principu chladicí zařízení, je možné ho zapojit tak, aby v zimě topilo a v létě chladilo, v tzv. reverzním chodu. Nejčastěji se takto nabízí tepelná čerpadla vzduch/voda, popřípadě vzduch/vzduch. Teplo získané z chlazení je možné vrátit do půdního kolektoru nebo zemních vrtů. U vzduchových tepelných čerpadel se teplo odvádí venkovní jednotkou do prostoru a zvyšuje se tak teplota v okolí domu.

Většina malých klimatizací nabízí rovněž reverzní chod, tedy topení v zimě. Jejich výkon však bývá příliš malý, než aby stačily místnost vytopit, navíc topný faktor bývá malý, okolo 2. Rozteč žebér výměníku venkovní jednotky bývá u klimatizací menší, a tak hrozí větší problémy s námrazou. Levné jednotky navíc nemusí mít reverzní chod pro její odstranění.

Pro chlazení lze nejnázve využít tepelná čerpadla vzduch/vzduch, která primárně využívají teplo z vnitřního odpadního vzduchu. V reverzním režimu pak přiváděný vzduch ochlazuje.

Tepelná čerpadla, která během topné sezóny ohřívají vodu pro systém ústředního topení, lze využít pro chlazení jen velmi omezeně. Pro chlazení se nejlépe hodí vytápění uložené ve stropě, což je ovšem systém, který se u nás v běžné výstavbě využívá velice zřídka.

Naopak lze pro chlazení velmi dobře použít tepelná čerpadla pracující s vnitřním větracím vzduchem, která jsou popsána v předchozí části.

Naštěstí by měl dobře navržený a postavený dům potřebovat letní chlazení pouze minimálně.

2.7 Tepelné čerpadlo a další zdroje tepla

Ve speciálních případech můžeme mít k dispozici neobvyklý zdroj tepla, např. odpadní vodu z technologických procesů nebo teplo z chlazení. Tyto případy je nutné posuzovat individuálně. Tepelné čerpadlo nemusí být jedinou, ani nejvýhodnější cestou k využití takového tepla.

- Lze pro tepelné čerpadlo využít odpadní vodu z domu? V zásadě ano, pokud se smíříme s tím, že nepůjde o hlavní zdroj tepla a že budeme muset zajistit ještě jiný zdroj, např. půdní kolektor. Dále je třeba počítat s tím, že ochlazením odcházející vody bude docházet k usazování mastnot ve výměníku, resp. v navazujícím potrubí. Důležité je ovšem zajistit, aby voda nemohla zamrznout.
- Lze pro tepelné čerpadlo využít teplo ze septiku? Raději ne. Biologické procesy, které v septiku probíhají, vyžadují určitou teplotu a za nízkých teplot by se *zastavily*. Septik by tak ztratil svou funkci a zakrátko by nejspíš zamrznul.
- Lze tepelné čerpadlo kombinovat se solárním systémem? Samozřejmě ano! Je to energeticky dobré řešení. energii ze solárních kolektorů lze využívat přímo pro vytápění nebo přípravu teplé vody, pokud má dostatečnou teplotu. Pokud ne, využije se v tepelném čerpadle. Náklady na solární systém a tepelné čerpadlo jsou však vysoké, takže z ryze ekonomického pohledu je to příliš nákladné a zhorší se ekonomická návratnost.

3 Budova a tepelné čerpadlo

Budova je stavba prostorově soustředěná a navenek převážně uzavřená obvodovými stěnami a střešními konstrukcemi, s jedním nebo více ohraničenými užitkovými prostory. Budovy mohou být rozličných typů – od jednoduchých přístřešků poskytujících pouze ochranu před deštěm, až po složité komplexy, jako je například nemocnice. V takto složitých budovách se může např. regulovat teplota, klimatizace, světlo, vzduch, pohyb bakterií a částic, tlak a nebo pohyb a aktivity lidí. Tvorba budov a jejich návrh jsou stejně staré jako lidstvo samo. Architekti dnes navrhuji většinu větších budov za pomoci týmu složeného z mnoha specializovaných stavebních inženýrů. Menší a středně velké obytné domy ale obvykle nevyžadují nákladnou práci architektů a inženýrů.

3.1 Tepelná ztráta objektu

Výkon tepelné soustavy i zdroje tepla se dimenzuje tak, aby v domě byla vnitřní teplota 20 °C i tehdy, je-li venkovní teplota rovna výpočtové, tj. -15 °C (resp. -12 °C v klimaticky mírnějších oblastech nebo -18 °C v oblastech drsnějších). Dnů, kdy teplota klesá pod -15 °C, je v roce poměrně málo. Ještě méně je dnů, kdy pod tuto hranici klesne průměrná denní teplota. Obvykle se uvažuje s tím, že stoupne-li průměrná denní teplota nad 13 °C, topení se již vypíná. V rodinných domech s vlastním zdrojem tepla ovšem záleží jen na obyvatelích domu, kdy skutečně topení zapnou a vypnou. Tepelné čerpadlo se pak dimenzuje na výkon, který odpovídá 50-80 % tepelné ztráty, nebo i 100 % tepelné ztráty. Pokud tepelné čerpadlo připravuje také teplou vodu nebo ohřívá bazén, může být jeho výkon vyšší.

3.2 Bivalentní provoz tepelného čerpadla

Potřeba výkonu pro vytápění se během roku mění. Dimenzovat tepelné čerpadlo pro maximální výkon je obvykle neekonomické, protože je nutno pořídit nejen dražší tepelné čerpadlo, ale především nízkoteplotní zdroj. Větší tepelné čerpadlo a delší vrty či větší zemní kolektor výrazně zvyšují pořizovací náklady.

Proto se systém doplňuje dalším, obvykle elektrokotlem. Tento zdroj slouží i jako záloha pro případ výpadku tepelného čerpadla. Některá tepelná čerpadla už mají elektrokotel vestavěný. Zásadní nevýhoda tohoto řešení spočívá v tom, že elektrokotel zvyšuje potřebnou kapacitu elektrické přípojky.

Elektrokotle nejsou čistokrevným elektrickým topením. V systému teplovodního vytápění s trubkami, radiátory, čerpadlem je místo kotle s hořákem zařízení s elektrickými topnými patronami. Teplonosné médium (voda) proudí kolem topných patron a ohřívá se. Elektrokotel se užívá také jako doplňkový zdroj ve

vytápěcí soustavě, kde základním topidlem je tradiční kotel na plyn nebo tuhá paliva. Ve zvláště chladných obdobích, kdy základní kotel nestíhá, zapojí se i elektrokotel. V období, kdy je třeba pouze přitápnout a spuštění velkého kotle by nebylo efektivní, je možné topit pouze elektrokotlem.

V principu může tepelné čerpadlo spolupracovat s libovolným zdrojem. Problémem je však zajistit, aby regulace obou zdrojů spolupracovaly. Mnoho tepelných čerpadel na našem trhu je vybaveno pouze poměrně jednoduchou regulací, která neumí spolupracovat s nadřazeným regulátorem. V některých případech je pak nutno navrhnout regulaci na míru konkrétnímu domu, což je ale nákladnější záležitost.

Jako bivalentní a záložní zdroj mohou ovšem sloužit i interiérová kamna či krb, které nejsou napojeny na tepelnou soustavu. Topí-li se v těchto kamnech či krbu, může vytápěcí systém dodávat nižší výkon. V praxi z těchto důvodů většina systémů pracuje v tzv. bivalentním provozu, kdy po určitou dobu, v mrazových dnech, běží kromě tepelného čerpadla druhý zdroj tepla - elektrokotel. Instalovaný tepelný výkon tepelného čerpadla je v tomto provozu nižší, než je maximální potřebný (obvykle 50-80 %). U správně navrženého systému druhý zdroj dodává pouze 5-10 % celkové roční spotřeby tepla.

3.3 Monovalentní provoz tepelného čerpadla

U moderních, dobře izolovaných rodinných domů se tepelná ztráta pohybuje do 10 kW. V takovém případě lze uvažovat i o monovalentním provozu tepelného čerpadla. Zvýšení investičních nákladů už není tak výrazné. Výhodou je to, že systém nemusí spolupracovat s dalším zdrojem. Úspora za elektrokotel je zanedbatelná. Mírné předimenzování zdroje není na závadu, naopak zvyšuje jeho spolehlivost. Monovalentní provoz tepelného čerpadla není pochopitelně možný u tepelného čerpadla typu vzduch/voda, respektive vzduch/vzduch, pokud pracuje třeba jen do venkovní teploty $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ a dům stojí v oblasti, kde je několik dní v roce průměrná venkovní teplota $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo méně. Navíc výkon těchto tepelných čerpadel klesá s venkovní teplotou, takže pro monovalentní provoz je zapotřebí výrazně větší tepelné čerpadlo než pro provoz bivalentní.

3.4 Vlastnosti budovy

Často se uvádí, že starší budova by se měla před instalací tepelného čerpadla zateplit. Nejdůležitějším důvodem je snaha o snížení investice do tepelného čerpadla. Nejde jen o to, že vlastní strojní část tepelného čerpadla musí mít vyšší výkon, což zvyšuje její cenu. Významnější bývají náklady na zdroj (hlubinné vrty nebo půdní kolektor). Zanedbatelné nejsou ani prostorové nároky na zdroj tepla (zejména u plošných kolektorů). U vzduchových

tepelných čerpadel je také třeba větších venkovních jednotek, zde ale nárůst ceny není tak vysoký. S velikostí zdroje roste pochopitelně spotřeba energií na pohon oběhových čerpadel nemrznoucí směsi, respektive ventilátorů u čerpadel vzduch/voda. Je zřejmé, že čím víc energie dům spotřebovává, tím větší a tím dražší musejí být tepelné čerpadlo i zdroj tepla. V některých případech může dojít i k tomu, že elektrická přípojka nemá dostatečnou kapacitu. Posílení přípojky je obvykle dosti nákladné, někdy technicky nemožné.

3.5 Zateplení budovy

3.5.1 Pasivní budovy

Pasivní dům je stavba, která splňuje dobrovolná, ale přísná kritéria energetických úspor při provozu domu. Koncepce pasivního domu není architektonický styl nebo stavební systém, ale dílčí kapitola při navrhování a projektování novostaveb nebo rekonstrukcí.

Méně přísná kritéria úspor energií na provoz, která předcházela standardu pasivního domu, platí pro nízkoenergetický dům. Technologiemi zdokonalenou variantou pasivního domu je energeticky nulový dům, dům, který své energetické potřeby plně saturuje z místních zdrojů.

Vzniku staveb, označovaných dnes jako pasivní domy, předcházela výstavba s koncepcí solárních domů. Domy byly navrhovány s velkými zásobníky tepla (voda, kámen, zdivo), které akumulovalo teplo ze slunce skrze vodu nebo vzduch. Menší důraz byl kladen na tepelnou ochranu budovy a vhodné větrání.

Takové domy se objevily jako experimenty univerzity MIT v USA poprvé v roce 1939 a další desítkou regulérních staveb především v severní Americe postavených do konce 20. století. Jistou stimulací v USA byla také ropná krize v roce 1973. Tradice solárních domů odkazuje do starověkého Řecka a Číny, kde jsou pro ně vhodné klimatické podmínky.

Standard pasivního domu vznikl v diskuzi mezi profesorem Bo Adamsonem z Lund University (Švédsko) a Wolfgangem Feistem z Institut für Wohnen und Umwelt (Německo) v roce 1988. Projekt byl následně vyvíjen jako mnoho jiných výzkumných záměrů. Podobnou koncepcí se také zabývali např. Martin Treberspurg a Georg W. Reinberg.

Skutečný návrh a realizaci čtyř řadových domů vytvořili pro soukromé klienty architekti Bott, Ridder a Westemeyer. Byly postaveny v německém městě Darmstadt v roce 1990. Další byly realizovány v roce 1993 ve městě Stuttgart a 1997 v Naumburgu, Hessenu, Wiesbadenu.

Po ověření funkčnosti konceptu pasivního domu byla v roce 1996 založena nadace Passivhauss-Institut pro propagaci a kontrolu standardu pro pasivní domy. Dále byla založena pracovní skupina pro projektování pasivních staveb, vývoj technologií (především oken a větracích systémů).

Koncept byl od roku 1998 financován skrze Evropský projekt CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards), který oslovil pět evropských zemích, kde byla provedena výstavba 250 staveb v pasivním standardu. V Rakousku také vznikl národní program klima:aktive v roce 2004, který také propaguje pasivní domy, ve Švýcarsku pak národní standard MINERGIE-P. Osvětovou činnost v České republice zajišťuje cca od roku 2000 Ekologický institut Veronica, přibližně od roku 2005 funguje občanské sdružení Centrum pasivního domu, které mezi roky 2006 a 2008 zaštiťovalo „Síť center pasivního domu“ skrze přednášky, publikace a odborné konference.

Od doby prvních prototypů byly postaveny již tisíce pasivních domů, převážně v německy mluvících zemích a Skandinávii. V severní Americe byl postaven první pasivní dům v roce 2003 ve státě Illinois, další, již certifikovaný, v Minesotě v roce 2006. V České republice byl první pasivní dům postaven v roce 2004, do roku 2008 jich byly uvedeny do provozu desítky. V roce 2008 byl postaven sériový soubor 13 pasivních domů v obci Koberovy u Turnova.

V roce 2010 EU svou směrnicí stanovila požadavek na novostavby od roku 2020 de facto na úroveň pasivního domu.

3.5.2 Zateplení budovy

I když náklady na zateplení jsou vždy vyšší, než by byla cena za silnější tepelné čerpadlo, jedna výhoda je jasná: zateplený dům potřebuje méně energie. Náklady na zateplení se budou postupně vracet, peníze za výkonnější tepelné čerpadlo se nevrátí nikdy.

Dalším důvodem pro zateplení je zvýšení tepelné pohody v domě. Nezateplené obvodové stěny mají nižší povrchovou teplotu, která se kompenzuje vyšší teplotou radiátorů. Při použití nízkoteplotní tepelné soustavy hrozí, že topení nebude schopno zajistit v místnostech dostatečnou teplotu. Pokud v nezatepleném domě použijeme například nové podlahové topení, hrozí, že jeho výkon bude nedostatečný. Buď bude v místnosti chladno, nebo bude mít podlaha nezdravě vysokou teplotu.

3.6 Vlastnosti tepelné soustavy

Aby tepelné čerpadlo pracovalo co nejefektivněji, měla by být výstupní teplota topné vody co nejnižší. Většina tepelných čerpadel dodává do tepelné soustavy vodu o teplotě max. 55 °C. Připomeňme si, že čím nižší je výstupní teplota z tepelného čerpadla, tím efektivněji pracuje. Nejlépe tedy

spolupracuje s tzv. nízkoteplotními systémy, kde teplota vstupní vody nepřesahuje 40 °C. To může být problém, chceme-li tepelné čerpadlo osadit do starší budovy. V minulosti se tepelné soustavy dimenzovaly na teplotu přívodu 90 °C a 70 °C odvod (spád 90/70 °C). Při tomto spádu postačuje poměrně malá plocha těles (radiátorů). Má-li mít tepelná soustava spád 55/45 °C, je nutno plochu radiátorů více než zdvojnásobit. To znamená nejen další útratu, ale zásah do interiéru domu, jisté zmenšení obytného prostoru i jisté nepohodlí pro obyvatele domu. Je faktem, že starší vytápěcí soustavy jsou často předimenzovány. Běžné je zvýšení velikosti těles o 10 %, jako tzv. přírážka na zátop. V době, kdy byl zdrojem tepla kotel na uhlí s ruční obsluhou a tím pádem noční přestávkou vytápění, bylo díky větší ploše těles možné snadněji vytopit dům po pauze. O kolik je nutné zvětšit velikost těles, je proto potřebné vždy určit výpočtem pro konkrétní objekt. Leckdy jsou tělesa natolik předimenzována, že jejich plochu není nutno zvětšovat vůbec. Jiným, lepším, ale nákladnějším řešením je budovu zateplit a snížit tak tepelné ztráty. Pak už lze i původní tepelnou soustavu provozovat s nižším spádem, protože tělesa nemusí dávat tak velký výkon.

Při napojení tepelného čerpadla na starší vytápěcí systém je vždy velmi žádoucí nechat tepelnou soustavu přepočítat specialistou, který nejen zkontroluje velikost těles a navrhne případně jejich zvětšení, ale současně spočte hydraulické poměry v systému a navrhne odpovídající regulaci. Po montáži tepelného čerpadla je pak pochopitelně nezbytné podle tohoto návrhu soustavu nově vyregulovat, což ovšem každý instalatér nemusí umět. Při topné zkoušce je potřeba důkladně zkontrolovat, jak systém doopravdy funguje.

S problémem výkonu souvisí i použití podlahového topení. Podlahové topení s tepelným čerpadlem dobře spolupracuje, protože pracuje v nízkém spádu, obvykle 40/35 °C a nižším. Teplota podlahy by z hygienických důvodů neměla překročit 29 °C, pro rodinné domy by měla být 23-25 °C (pouze v koupelnách a na chodbách může být až 32 °C). Ve starších, nezateplených budovách je někdy podlahové topení navrženo nesprávně, takže během zimy je nutné provozovat ho na vyšší teplotě, aby dodalo do místnosti dost tepla. Pak je ale teplota podlahy příliš vysoká, což může vést k nepříjemným pocitům i zdravotním problémům. Nelze-li z podlahového topení získat dostatečný výkon, je nutné osadit do místnosti ještě topná tělesa. Zvyšování výkonu tím, že se zvýší povrchová teplota, je krajně nevhodné. Výkon tepelné soustavy, a tím i zdroje tepla, pochopitelně závisí na vnější teplotě. Není samozřejmě nutné, aby tepelná soustava se spádem 90/70 °C měla tento spád celoročně. Naopak, během většiny roku může být tento spád nižší, což snižuje ztráty zdroje a v rozvodech. Kolik dní skutečně bude tepelné čerpadlo v provozu, záleží zejména na tom, jak je soustava

předimenzovaná. Potíž totiž nastává v době, kdy je do radiátorů nutné pouštět vodu s teplotou vyšší, než je výstup z tepelného čerpadla (obvykle 55 °C). V tu chvíli je nutné tepelné čerpadlo zcela odstavit a krýt ztrátu jiným zdrojem, např. elektrokotlem. Někteří výrobci proto nabízejí i tepelná čerpadla schopná dodávat topnou vodu o teplotě 65 °C, ovšem za cenu zhoršení topného faktoru. Je tedy zřejmé, proč je důležité, aby tepelné čerpadlo spolupracovalo s nízkoteplotním vytápěcím systémem.

Další možností je použít tepelná čerpadla, která mohou dodávat vodu s teplotou až 75 °C. Zvýšení výstupní teploty se obvykle děje za cenu zhoršení topného faktoru. Přesto může být použití tohoto tepelného čerpadla výhodné, chceme-li se třeba vyhnout topenářským pracím v interiéru.

Pozor na kombinaci podlahového vytápění a radiátorů! I kdyby byl v domě jediný radiátor, který vyžaduje teplotu vstupní vody 55 °C, musí tepelné čerpadlo ohřívat vodu na tuto teplotu, i když bude zbytek domu vybaven podlahovým vytápěním. To zhoršuje topný faktor a zvyšuje spotřebu elektřiny. Podobně je potřeba dávat pozor na teplotu, kterou vyžaduje ohřívač vody. Je proto znovu třeba zdůraznit nutnost zásahu specialisty a ověření skutečného fungování systému. Regulace tepelného čerpadla obvykle vyžaduje konstantní průtok kondenzátorem.

3.7 Akumulační nádrž

3.7.1 Akumulace energie

Akumulátory elektrické energie pracují na různých principech například tepelná, chemická či jiná akumulace energie. Nejznámější je průmyslový princip akumulace energie do potenciální energie vody v přečerpávacích elektrárnách. V případě, že elektřina slouží k výrobě tepla, dá se akumulovat i vytvořené teplo. Na tomto principu jsou založena akumulární kamna nebo bojler.

3.7.2. Akumulační nádrže

Jsou-li radiátory osazeny termostatickými ventily nebo je použita jiná regulace snižující průtok tělesy, je nutné do systému zařadit menší akumulární nádrž. Ta umožní konstantní průtok topné vody z tepelného čerpadla do nádrže. Tělesa si pak z nádrže odebírají vodu v množství podle okamžité potřeby. Akumulační nádrž je vhodná i proto, že tepelnému čerpadlu nesvědčí časté vypínání a zapínání, kdy se zkracuje se životnost kompresoru. Moderní tělesa mají malý vodní objem, což je výhodné z hlediska regulace. Pokud by v systému akumulární nádrž nebyla, tepelné čerpadlo by vodu v tělesech rychle ohřálo a pak se vypnulo. Tělesa však rychle chladnou, takže tepelné čerpadlo by muselo zase brzy sepnout. U

špatně izolovaných domů, které rychle chladnou, pomůže akumulární nádrž překonat i dva hodinové výseky dodávky elektřiny, kdy musí být tepelné čerpadlo vypnuto, což je podmínka zvýhodněné sazby pro tepelná čerpadla.

3.8 Ohřev teplé vody

Tepelné čerpadlo je možné využít i pro ohřev užitkové vody. Pro běžné použití v domě stačí voda s teplotou do 45-50°C, což tepelné čerpadlo zvládne bez potíží. Nastává však problém s předpisy. Česká norma vyžaduje, aby teplota vody byla nejméně 50 °C, harmonizovaná evropská norma vyžaduje teplotu nejméně 60 °C. To vychází ze snahy zabránit rozmnožení bakterií v teplé vodě, pro tepelnou dezinfekci se bojler někdy nahřívá jednou týdně až na 70 °C. Řešením může být použití kombinovaného bojleru, kdy se voda ve spodní části ohřívá tepelným čerpadlem a v horní části, před výstupem do potrubí, se dohřívá elektrickým topným tělesem na požadovanou vyšší teplotu.

Při instalaci tepelného čerpadla je výhodné zachovat technickou možnost dodatečné instalace ohřevu teplé vody pro případ zvýšení cen energií, větší odběr teplé vody apod. Ohřev teplé vody pomocí tepelného čerpadla lze snadněji a obvykle levněji realizovat u novostaveb. Při rekonstrukcích je nutné pečlivěji zvažovat ekonomickou stránku věci. Samozřejmě platí, že čím je spotřeba teplé vody větší, tím spíše bude výhodnější použití tepelného čerpadla.

Vícenáklady na ohřev teplé vody se u různých firem a tepelných čerpadel velmi liší. Některá tepelná čerpadla mají ohřev teplé vody již integrovaný. Vícenáklady je tedy třeba stanovovat velmi pečlivě.

4 Ekonomika provozu tepelných čerpadel

4.1 Náklady na energii v domácnosti

Tak jako ostatní elektrická vytápění, umožňuje i tepelné čerpadlo využívat výhody nízkého tarifu. V sazbě pro tepelná čerpadla (D 56) má spotřebitel k dispozici levnější noční proud po dobu 22 hodin denně. To znamená, že většina spotřeby domácnosti připadá na dobu nízkého tarifu.

U ostatních elektrických vytápění je doba nízkého tarifu kratší. Tím roste i podíl ostatní spotřeby v domě, která bude placena za vyšší ceny vysokého tarifu. Některé spotřebiče lze nastavit tak, aby běžely pouze v době nízkého tarifu. U osvětlení, televize a jiných spotřebičů by to bylo absurdní. Pokud je dům vytápěn jinak než elektřinou, je veškerá spotřeba pouze ve vysokém tarifu. Spotřeba běžné domácnosti se pohybuje od 3 do 5 tis. kWh. Rozdíl v nákladech je značný. Cena jedné kWh je od cca 1,80 Kč/kWh v nízkém tarifu u sazeb pro vytápění až po 5,20 Kč/kWh u sazeb pro

domácnosti. Ceny se liší podle distribuční společnosti. Zákazník si dále může zvolit různý tarif pro odběr silové elektřiny.

Je patrné, že při použití tepelného čerpadla mohou náklady na domácnost klesnout o několik tisíc Kč, což je velmi významné. Maloodběratelé, kteří vytápějí tepelným čerpadlem, mají již dnes dva elektroměry. Jeden pro zdroj tepla a druhý pro ostatní spotřebu v objektu. Pokud se toto opatření v budoucnu rozšíří i na domácnosti, ztratila by se podstatná výhoda levné elektřiny pro provoz domácnosti při pořízení tepelného čerpadla.

4.2 Sazby pro tepelná čerpadla

Od roku 2006 si domácnosti mohou vybrat svého dodavatele silové elektřiny. Distributor pochopitelně zůstává stejný. Cena elektřiny se skládá z plateb za distribuci (ty reguluje stát) a za tzv. silovou elektřinu. Silovou elektřinu je možné koupit na volném trhu. Náklady na ni tvoří cca třetinu celkových nákladů. Při změně dodavatele silové elektřiny je roční úspora nanejvýš několik stokorun. Příznivci obnovitelných zdrojů energie mohou využít službu, kdy dodavatel nabízí elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů.

Cena pro konečného zákazníka se skládá ze tří hlavních položek, které se dále člení:

- Cena silové elektřiny - cena za dodávku ve vysokém tarifu, cena za dodávku v nízkém tarifu, poplatky za připojení (měsíčně za odběrné místo).
- Cena za distribuci elektřiny (podle územně příslušného distributora)
- Daň z elektřiny;

Tepelné čerpadlo je ve srovnání s jinými způsoby elektrického vytápění dvakrát až čtyřikrát efektivnější. To znamená, že i jeho provoz je levnější. Pozor ale při porovnávání s jinými způsoby vytápění.

Chceme-li vyčíslit úsporu nákladů při použití tepelného čerpadla, je třeba správně zvolit referenční hodnoty. V místech, kde není zaveden zemní plyn, by bylo absurdní porovnávat náklady vytápění tepelným čerpadlem a plynem. Podobné nelze porovnávat třeba tepelné čerpadlo s vytápěním polenovým dřevem, jestliže je pro nás nepřijatelný systém, který vyžaduje určitou obsluhu (příkládání, příprava paliva, vybírání popela). Tepelné čerpadlo nelze pokaždé jednoduše srovnávat ani s elektrickým topením, není-li v místě dostatečně kapacitní elektrická přípojka, nepřipadá přímotopné vytápění v úvahu.

Relativně nejjednodušší je tedy situace u stávajících objektů, kde jsou známy náklady na vytápění v minulých letech. Pořízení tepelného čerpadla je ale často chápáno jako zvýšení komfortu, což se penězi obtížně vyčísluje.

Ceny energií se liší nejen podle druhu, ale i regionálně. Ceny zemního plynu

a elektřiny lze zjistit u příslušného dodavatele. Na území republiky se příliš neliší. Pro uhlí nebo propan lze využít různé sezónní slevy. Zejména ceny dřeva pak velmi kolísají podle místní situace. Nelze však seriózně předvídat ceny energií na 20, nebo dokonce 50 roků dopředu. Přitom ale právě růst cen bývá jedním z hlavních přesvědčovacích argumentů. Pro zhodnocení návratnosti však není důležitý absolutní růst. Důležitý je relativní nárůst, tedy zdražení vzhledem k růstu ostatních cen, případně vzhledem k inflaci.

4.3 Zelená úsporám

Státní fond životního prostředí poskytuje dotace na tepelná čerpadla z programu Zelená úsporám, který běží v letech 2009-2012. Dotaci lze získat jak na náhradu neekologického zdroje tepelným čerpadlem, tak na instalaci tepelného čerpadla do novostavby. Žadatel o dotaci může žádat jak dopředu na tepelné čerpadlo, které teprve pořídí, tak zpětně na tepelné čerpadlo, které již instaloval (instalace musela proběhnout po vyhlášení programu Zelená úsporám v dubnu 2009). Dotace se každopádně vyplácí vždy zpětně, po předložení faktur a dalších dokladů. Základní podmínkou je, že tepelné čerpadlo musí být zapsáno na Seznamu výrobků a technologií. Musí ho také namontovat firma zapsaná na Seznamu odborných dodavatelů. Tepelná čerpadla zapsaná na tomto seznamu musejí mít mimo jiné minimální topný faktor, dotace se tedy neuděluje na nekvalitní zařízení s nízkým topným faktorem. To je výhodné i pro koncového zákazníka. Dotace je vyšší pro tepelná čerpadla země/voda a voda/voda oproti tepelným čerpadlům vzduch/voda. Důvodem jsou nižší investiční náklady a větší spotřeba elektřiny u vzduchových tepelných čerpadel.

Pokud tepelné čerpadlo zkombinujeme se solárním systémem, lze jednak získat dotaci na solární systém (až 80 tisíc Kč), a jednak speciální dotační bonus ve výši 20 tisíc Kč. Dotace není nároková, avšak pokud žadatel splní všechny podmínky, dotaci získá.

4.3.1 Další možnosti dotací

Kraje, města a obce mohou zřídit dotační tituly pro obnovitelné zdroje. Na úrovni krajů a některých měst mohou dotace vycházet z energetických koncepcí. Je třeba informovat se na územně příslušném krajském úřadě, ev. městském či obecním úřadě.

Pro tepelná čerpadla lze využít i některé programy Evropské unie, zejména Operační program Životní prostředí a Operační program Podnikání a inovace, program EKO-ENERGIE. Tyto programy nejsou určeny fyzickým osobám. Operační program Životní prostředí je určen zejména obcím a neziskovým subjektům, Operační program Podnikání a inovace je určen podnikatelským subjektům. Oba programy poběží do roku 2013 a žádosti o dotaci lze předkládat vždy po vyhlášení výzvy, přičemž podmínky každé výzvy jsou jiné.

5 Ekologie provozu

5.1 Emise z výroby energie

Pokud porovnáme spotřebu primární energie (energie obsažené v palivu) pro výrobu elektřiny v tepelné elektrárně se spotřebou kotle v rodinného domku, lze dokázat, že tepelné čerpadlo poháněné elektrickou energií snižuje spotřebu primární energie již od průměrného ročního topného faktoru asi 2,2. Tím také dochází ke snížení produkce emisí v elektrárně (úvaha platí za předpokladu, že účinnost výroby a přenosu elektrické energie je 29 % - veškeré ztráty při výrobě, přenosu a transformaci elektřiny dosahují 71 % - a průměrná roční účinnost spalování uhlí v kotli je 60 %).

Porovnání vypouštěných emisí bude ještě příznivější, neboť elektrárny jsou na rozdíl od kotle v rodinném domku vybaveny odsiřovacími a odprašovacími jednotkami. Měrné emise (vztažené na spálení 1 kg paliva) vypouštěné z komínu elektrárny tedy budou podstatně nižší než měrné emise vypouštěné z komína běžného rodinného domku.

Výše uvedené platí pro případ, kdy je elektřina pro tepelná čerpadla vyráběna výhradně v uhelných elektrárnách. Ve skutečnosti se elektřina vyrábí i z jiných zdrojů - zejména v atomových elektrárnách a z malé části z obnovitelných zdrojů. Nezanedbatelná část elektřiny pochází z fosilních paliv (uhlí, plyn), ze zdrojů pracujících v tzv. teplárenském cyklu. Jsou to různé městské a podnikové zdroje, kde je elektřina odpadním produktem z produkce tepla. To je jeden z nejlepších způsobů produkce elektřiny, neboť je zde palivo využíváno mnohem efektivněji.

Stanovit tedy skutečné emise připadající na elektřinu pro tepelné čerpadlo není jednoduché. Navíc zhruba pětina tuzemské produkce elektřiny se vyváží. Je otázkou, zda do bilancí započítat i emise z vyvezené produkce. Tepelná čerpadla se jako všechny typy elektrických vytápění podílejí na těžbě uhlí a produkci CO₂, i když výrazně méně.

5.2 Vliv na ozónovou vrstvu

Pracovní látkou ve většině tepelných čerpadel jsou freony. Ty lze rozdělit na tzv. tvrdé a měkké.

- Tvrdé freony (CFC) velmi účinně ničí ozónovou vrstvu. Tvrdé freony se v ČR vyskytují prakticky jen ve starších tepelných čerpadlech a chladicích zařízeních. Zde je důležité, aby freony neunikly při opravách nebo likvidaci stroje. V moderních zařízeních se s nimi nesetkáme, jejich dovoz je zakázán.
- Měkké freony můžeme rozdělit na dvě skupiny. První (HCFC) poškozují

ozónovou vrstvu také, ale mnohem méně - asi o 95 % méně ve srovnání s tvrdými freony. Druhá (HFC) je pro ozón zcela neškodná. Patří však mezi skleníkové plyny.

Lze se setkat s tepelnými čerpadly (i chladničkami), kde je pracovní látkou propan. Tento plyn rovněž nepoškozuje ozónovou vrstvu, je však hořlavý a patří mezi skleníkové plyny.

Nejvhodnějším chladivem je z tohoto hlediska CO₂, který ozónovou vrstvu nepoškozuje. Jde sice také o skleníkový plyn, ale vzhledem k malému obsahu náplně v tepelném čerpadle to lze zanedbat.

I když je v tepelném čerpadle pro rodinný domek obsah chladiva poměrně malý, je vždy potřeba dbát při opravách a likvidaci na to, aby chladivo neuniklo do atmosféry. Servisní firmy proto freony odsávají speciálním zařízením a předávají k likvidaci nebo k recyklaci.

6 Postup při výběru tepelného čerpadla

Investice do tepelného čerpadla je dlouhodobá a poměrně vysoká. Podle toho by také měl být proveden výběr. Různá úsporná řešení se po několika letech mohou ukázat jako nejdražší úspora. Kdo chce sázet na jistotu, měl by sáhnout po osvědčeném tepelném čerpadle, které dodává firma s dlouholetou působností na trhu a skýtá určité záruky serióznosti. Zákazník by se měl zajímat o referenční list, majetkové zabezpečení firmy, dobu, po kterou se uvedené činnosti věnuje, poskytovaným garancím, zárukám apod.

Tato jistější cesta je samozřejmě dražší. Ti, kteří vyberou tepelné čerpadlo malé firmy s krátkým působením na trhu, mohou sice výrazně ušetřit a koupený stroj může být kvalitní, ovšem za cenu rizik. Co s porouchaným tepelným čerpadlem, když firma na trhu již nepůsobí? Od konkurence lze spíše než servis očekávat nabídku jejich tepelného čerpadla. Náhrada pak často vyjde přes 100 tis. Kč.

Při výběru tepelného čerpadla i jeho dodavatele je vhodné ptát se na několik otázek:

- Je tepelné čerpadlo na seznamu výrobků, na něž je možno žádat o dotaci z programu Zelená úsporám?
- Je montážní firma na seznamu dodavatelů, kteří mohou montovat tepelná čerpadla podporovaná z programu Zelená úsporám?
- Provádí dodavatelská firma i montáž a zapojení tepelného čerpadla, včetně hydraulického vyvážení systému a nastavení regulace?
- Jakou záruku poskytuje dodavatel na výrobky a práci?
- Má firma evropský certifikát pro montáž tepelných čerpadel? Certifikát

není povinný, ale vypovídá o snaze firmy udržet si odbornou kvalitu.

- Má tepelné čerpadlo českou, evropskou nebo jinou značku pro ekologicky šetrný výrobek? Výrobky s touto značkou jsou k životnímu prostředí šetrnější a obvykle jsou i kvalitnější.

6.1 Co je vhodné znát před rozhodnutím

Před rozhodnutím o typu tepelného čerpadla bychom měli znát odpovědi na následující otázky:

- Lze snížit tepelnou ztrátu objektu?
- Je stávající tepelná soustava vhodná pro nízkoteplotní provoz? Lze ji pro tento provoz upravit?
- Jaká je skutečná tepelná ztráta domu?
- Jaká je spotřeba tepla na vytápění?
- Jaké jsou náklady na teplo?
- Jaká je spotřeba teplé vody (lze odhadnout i podle počtu osob) a jak je připravována? Bude možno připravovat teplou vodu pomocí tepelného čerpadla?
- Jaká je spotřeba elektřiny pro domácnost a kolik tato elektřina stojí?
- Je v místě dostatečná kapacita elektrické přípojky?
- Požadujeme letní chlazení? Jestliže ano, musíme zvolit tepelné čerpadlo s možností reverzního chodu.
- Má dům strojní větrání? Jestliže ano, můžeme uvažovat o tepelném čerpadle ochlazujícím vnitřní vzduch.
- Je u domu vhodné místo pro venkovní jednotku tepelného čerpadla ochlazující venkovní vzduch?
- Nemůže rušit hlukem nás nebo sousedy? Bude na dostatečně větraném místě? Jestliže ano, můžeme uvažovat o tepelném čerpadle ochlazujícím venkovní vzduch.
- Je u domu pozemek pro půdní kolektor? Neohrozí půdní kolektor jiné stavby nebo vegetaci na pozemku (např. kořeny stromů)? Můžeme pozemek dlouhodobě použít pro kolektor tepelného čerpadla? Jestliže ano, můžeme uvažovat o tepelném čerpadle půda/voda.
- Je možné využít podzemní vodu? Není v místě nějaké omezení pro využití vody nebo vrtací práce? Je k dispozici dostatečně vydatný zdroj? Má voda vhodné složení a teplotu? Jestliže ano, můžeme uvažovat o tepelném čerpadle voda/voda.
- Je možné využít povrchové vody? Je dostatečný přístup k nezamrzající vodě? Bude možné získat svolení k instalaci kolektoru (výměníku) odběru vody? Jestliže ano, můžeme uvažovat o tepelném čerpadle voda/voda.
- Je u domu prostor pro zemní vrty? Není v místě nějaké omezení vrtacích prací? Je pozemek přístupný technice? Jestliže ano, můžeme uvažovat o tepelném čerpadle země/voda.

- Je tepelná ztráta domu dostatečně malá, aby mělo smysl uvažovat o monovalentním provozu?

Před rozhodnutím je vhodné stanovit investiční a provozní náklady pro různé typy tepelných čerpadel. Teprve pak získáme jistotu, že své peníze vynakládáme účelně.

Tady nám může pomoci i dobrý energetický audit. Ten provede srovnání a výpočty nákladů za nás. Hodí se i při žádosti o dotaci z programu Zelená úsporám. Na základě auditu lze snadno zpracovat posudek nezbytný pro dotaci. Posudek by měl zhodnotit, není-li instalace tepelného čerpadla v konkrétním objektu nesmyslná, aby byly státní prostředky vynakládány efektivně. V praxi je ale audit chápán jako formalita, která má posvětit obvykle již realizovanou stavbu. Žadatelé o dotaci chápou někdy honorář auditora jako výpalné, nutné k získání dotace, někteří auditoři bohužel také.

Pokud je audit zpracován před realizací a kvalitně, může posloužit jako vodítko při rozhodnutí.

6.2 Výhody vytápění tepelným čerpadlem

- Dodá mnohonásobně více energie, než spotřebuje - až trojnásobek.
- Má plně automatický provoz s vynikající regulací.
- Ekologicky čistý provoz v místě - neprodukuje žádné emise.
- Snížení ekologické zátěže v důsledku snížení spotřeby elektřiny vůči klasickému elektrickému vytápění.
- Menší požadavky na instalovaný příkon.
- Snadno dostupná energie pro pohon - elektrickou přípojku má téměř každý objekt.

Literatura

- BEAZLEY, Mitchell. Anatomie Země. Překlad Jaroslav Sládek. Praha: Albatros, 1981
- Leccos - špalíček moudrosti a poučení - zemský plášť
Přírodní obraz Země pro I. ročník gymnázia
- FARNDON, John. Planeta Země. Překlad Kamila Šírová. Havlíčkův Brod: Fragment, 2002
- MEADOWSOVÁ, D., RANDERS, J.: Překročení mezí, Argo, 1992
- Z. IBLER a kol. Energetika technický průvodce, 2002
- JAROSLAV CHYSKÝ, KAREL HEMZAL. Větrání a klimatizace. Bolit - B press, 1993
- Jakub VRÁNA. Technická zařízení budov v praxi. GRADA 2007
- Jan HOLLAN. Co je to standardní dům? Domy, normy a realita, Fakulta stavební, VUT Brno, 2008
- Ing. Karel SRDEČNÝ, Ing. Jan TRUXA. Tepelná čerpadla, EkoWATT, 2009
- Dieter BRANDT. Ekologické pasivní domy veřejných a soukromých stavitelů, 2005