

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TEPELNÉ ČERPADLO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN KLÍMA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. ZDENĚK KAPLAN, CSC

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Klíma Martin

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:

Tepelné čerpadlo

v anglickém jazyce:

Heat pump

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsahem práce je studium problematiky tepelných čerpadel světových výrobců s cílem vytvořit ucelený přehled moderních trendů ve vývoji tepelných čerpadel.

Cíle bakalářské práce:

Zpracovat přehled moderních trendů ve vývoji tepelných čerpadel.

Seznam odborné literatury:

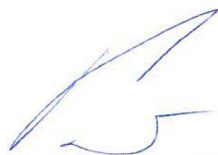
Billy C. Langley: Heat Pump Technology

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

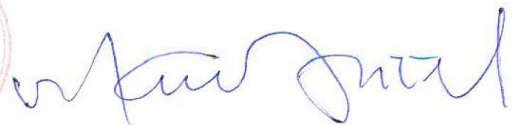
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 27.11.2009

L.S.



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce popisuje a charakterizuje tepelné čerpadlo. Obsahuje souhrn jednotlivých druhů tepelných čerpadel z hlediska získávání energie, princip jejich funkce a popis odlišností mezi jednotlivými druhy kompresorů, použití pracovní látky a její vývin do budoucna. Závěrem je zde uveden můj vlastní názor na tepelné čerpadlo, které bych preferoval.

KLÍČOVÁ SLOVA

tepelné čerpadlo, kondenzátor, výparník

ABSTRACT

Bachelor thesis describes and characterizes the heat pump. Summarizes the various types of heat pumps in terms of energy production, principles of their function and description of the differences between different types of compressors, use of refrigerant and its future development. Finally, here is my own view given the heat pump, which I prefer.

KEY WORDS

heat pump, condenser, evaporator

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KLÍMA, M. *TEPELNÉ ČERPADLO*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 26 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, Csc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **TEPELNÉ ČERPADLO** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a parametrů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne:.....

.....

Martin Klíma

1. OBSAH	1
2. ÚVOD	2
1. STRUČNÝ POHLED DO HISTORIE	3
2. FYZIKÁLÍ PRINCIPY TEPELNÝCH STROJŮ	4
2.1 PRINCIP FUNKCE TEPELNÉHO ČERPADLA	
2.2 SCHÉMA TEPELNÉHO ČERPADLA	
3. TEPELNÉ STROJE	6
3.1 CARNOTŮV MODEL TEPELNÉHO STROJE	
3.2 PRACOVNÍ CYKLUS TEPELNÉHO ČERPADLA	
3.3 ÚČINOST	
3.4 TOPNÝ FAKTOR	
4. DRUHY KOMPRESORŮ	10
4.1 HERMETICKÝ PÍSTOVÝ KOMPRESOR	
4.2 ROUBOVÝ KOMPRESOR	
4.3 ROTAČNÍ KOMPRESOR	
4.4 SPIRÁLOVÝ KOMPRESOR	
5. POROVNÁNÍ PRACOVNÍCH LÁTEK	16
6. DRUHY TEPELNÝCH ČERPADEL	18
5.1 TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH - VODA	
5.2 TEPELNÉ ČERPADLO VODA-VODA	
5.3 TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ-VODA	
7. ZÁVĚR	23
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	24
9. SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	25
10. SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN	26

2. ÚVOD

Moderní člověk spotřebovává stále více energie, a proto v dnešní době mluvíme o obnovitelných zdrojích energie častěji než v minulých letech. Mezi ně můžeme zahrnout např.: sluneční kolektory, větrné elektrárny, ve vytápění a ohřevu teplé užitkové vody se začínají prosazovat tepelná čerpadla. Z uvedených zdrojů se tepelné čerpadlo jeví jako nejméně závislé na počasí (sluneční kolektory jsou závislé na slunci a větrné elektrárny na větru).

Tepelná čerpadla se neustále vyvíjejí a výrobci do vývoje investují nemalé částky hlavně v konstrukční části, která je složitější. Každý výrobce musí vyhovět všem legislativním normám a zároveň se snaží nabídnout zákazníkovi něco navíc a být krok napřed před konkurencí.

1. STRUČNÝ POHLED DO HISTORIE

Principem tepelného čerpadla je paroplynový cyklus, který byl popsán již v 19. století anglickým fyzikem Wiliamem Thomsonem. Za své zásluhy byl povýšený do šlechtického stavu pod jménem lord Wiliam Kelvin[2].

Lord Kelvin vytvořil absolutní termodynamickou teplotní stupnici s dolní hranicí ochlazení těles to je tzv. Absolutní nula. Dále v roce 1851 vyslovil druhé pravidlo termodynamiky: „V přírodě není možný proces, jehož jediným výsledkem by byla mechanická práce vykonaná na účet ochlazení tepelného zdroje“. Stal se spoluobjevitelem jevu nazvaného Jouleův-Thomsonův jev. Tato zkušenost ho přivedla na základní princip tepelného čerpadla[7].

První plně fungující tepelné čerpadlo bylo sestaveno Robertem Webberem. na konci čtyřicátých let minulého století. Tento vynález objevil, když prováděl pokusy s hlubokým zamrazením. Při své práci se nechtěně dotkl výstupního potrubí mrazícího systému a následně si popálil dlaň. Tato zkušenost ho přivedla na základní princip tepelného čerpadla. Svou myšlenku zrealizoval na vlastním domě, který byl vytápěn tepelným čerpadlem. V experimentu propojil výstup z mrazáku s bojlerem na teplou vodu a jelikož měl stále přebytek tepla, napojil teplou vodu na potrubní smyčku a pomocí větráku začal vhánět teplý vzduch do domu. Následně se pokoušel úspěšně čerpat teplo z půdy[8].

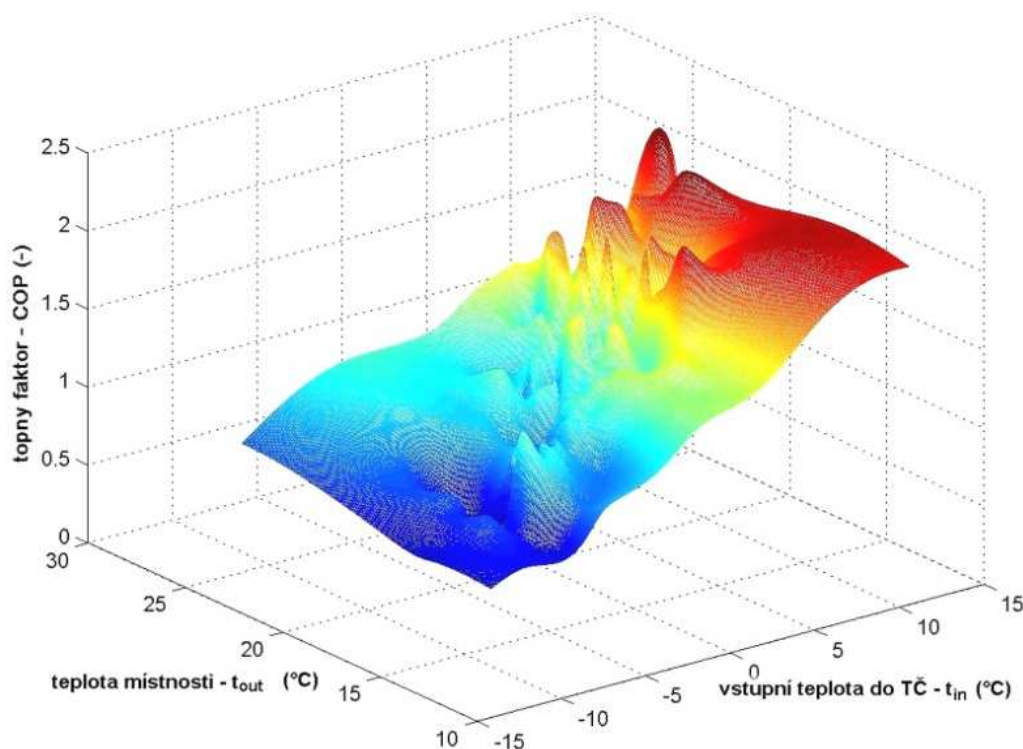
2. FYZIKÁLNÍ PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA

2.1 PRINCIP FUNKCE TEPELNÉHO ČERPADLA

Většinou je každému jasné, že při ochlazení vody v topném systému se část tepla předá do vzduchu, který se tím ohřeje. I mrazivý vzduch se dá ochladit a získat z něho teplo. Fyzikální zákony platí při všech teplotách.

Tepelné čerpadlo je zařízení, které odebírá teplo o relativně nízké teplotě (tzv. nízkopotencionální tepelné energie) z venkovního prostředí, která je kolem nás v obrovském množství a přečerpává je na teploty vhodné pro vytápění objektů (odtud jeho název). Čerpání energie je možno provádět několika způsoby (např. absorpčním způsobem), ale v této práci

jsem se zaměřil na nejvíce používaný způsob, kterým jsou kompresory. Pro pohon kompresorů je použita elektrická energie, která je při tomto způsobu vytápění hospodárně využívána. Zapojují se také fyzikální vlastnosti pracovní látky - chladiva, která se odpařují i při nízkých venkovních teplotách. Jde tedy o proces transformace tepla, při kterém je dodaná elektrická práce několikanásobně menší, než je hodnota získané tepelné energie. Nevyužitým nezůstane ani teplo vzniklé prací kompresoru tepelného čerpadla, to se započítá do celkem získané tepelné energie. Efektivita čerpadla je přímo závislá na teplotě vytápěné místnosti vstupní teplotě do tepelného čerpadla viz obr. 2.1.1[1].



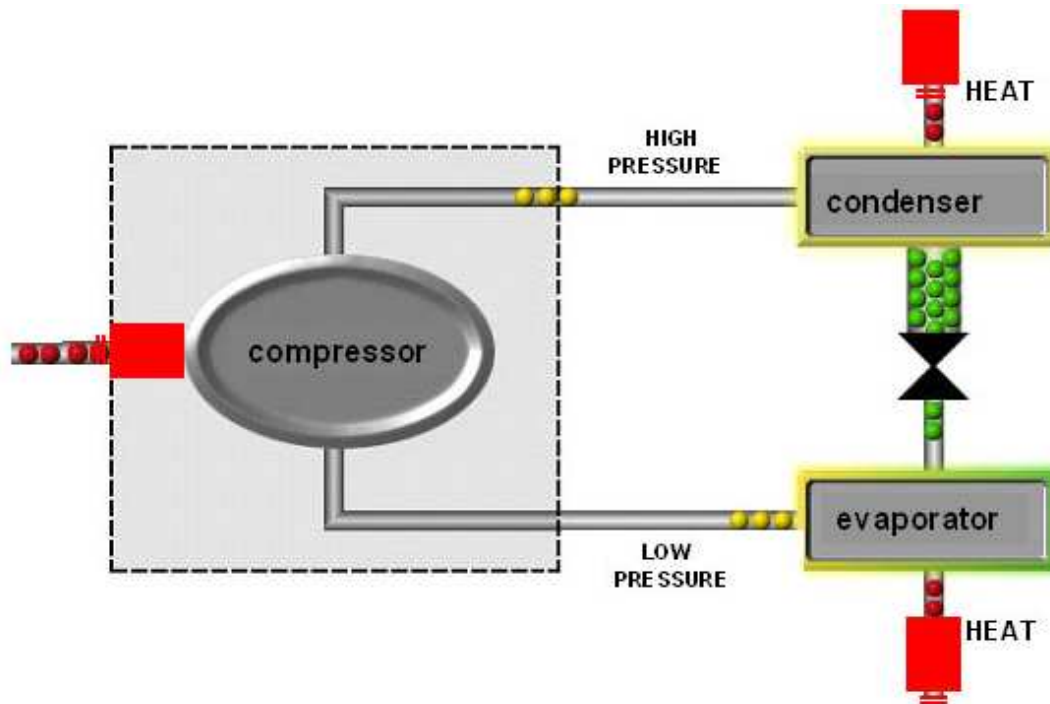
Obr. 2.1.1 Závislost teploty místnosti a vstupní teploty do TČ na topném faktoru [6]

Chladnička odebírá teplo z ochlazovaného prostoru a předává ji při vyšší teplotě do místnosti. Tepelné čerpadlo teplo odebírá z venkovního chladného prostředí (z vody, z půdy, ze vzduchu), toto prostředí také ochlazuje a předává jej při vyšší teplotě do topného systému. Zde platí oba zákony termodynamiky. Odebraná energie z přírody bývá obvykle vyšší než vlastní spotřeba energie pro pohon. Poměr těchto energií vyjadřuje topný faktor (COP) [1].

2.2 SCHÉMA TEPELNÉHO ČERPADLA

Systém tepelného čerpadla je tvořen kompresorem, expanzním ventilem a dvěma tepelnými výměníky, které se nazývají kondenzátor a výparník. Všechny tyto čtyři složky jsou spojeny do uzavřeného okruhu, jak je vidět z obr. 2.2.1.

Kompresor (compressor) poháněný elektrickým motorem vhání stlačené chladivo (dříve používaný neekologický freon, dnes již ekologická bez freonové pracovní látky např. R407c, R22 nebo solanku) v plynném skupenství o teplotě asi 75°C do kondenzátoru (condenser).



Obr. 2.2.1 Schéma tepelného čerpadla[?]

Horké a stlačené páry vstoupí do kondenzátoru, kde zkapalní a předají své teplo do otopného okruhu soustavy a tím jsou ochlazeny na teplotu asi 35°C. Pracovní látka vystupující z kondenzátoru se již nachází v kapalném stavu. Odtud následně prochází expanzním (škrťicím) ventilem, který slouží jako omezovač průtoku mezi vysokotlakou a nízkotlakou stranou systému, kde teplota pracovní látky je asi -15°C. Řídí tedy přívod správného množství kapaliny do výparníku (evaporator). Ve výparníku dochází k předání energie ze zdroje (země, voda, vzduch) do pracovní látky, která získá teplotu asi 0°C a zároveň se změní v plyn (odpaří se). Pracovní látka po opuštění výparníku je tedy v plynném stavu a následně putuje znovu do kompresoru. Tím je oběh pracovní látky uzavřen. Teploty v jednotlivých dějích jsou přibližné a platí pouze pro pracovní látku R22 [1] ,[11].

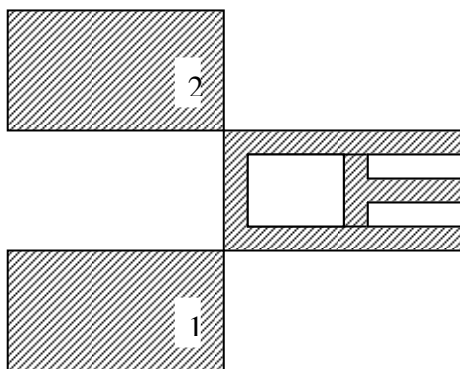
3. TEPELNÉ STROJE

3.1 CARNOTŮV MODEL TEPELNÉHO STROJE

Nicolas Léonard Sadi Carnot francouzský vědec a inženýr, známý především svými teoretickými pracemi o tepelných strojích. V roce 1821 se seznámil s parním strojem v Magdeburgu. Pokusil se popsat fyzikální model takového stroje. Své závěry publikoval v roce 1824 v díle Úvahy o hybné síle ohně. Popsal v něm Carnotův (ideální) cyklus stroje, své úvahy zveřejnil dříve, než byly známy pojmy jako první zákon termodynamiky a hlavně známá entropie[10].

Jelikož teplo na práci nemůžeme měnit izotermicky, protože každý tepelný stroj musí mít zdroj tepla a chladič. Kdyby se nám povedlo sestavit tepelný stroj bez zdroje tepla nebo chladiče jednalo by se o perpetuum mobile. Přeměna tepla se uskuteční tak, že pracovní látka odebere teplo ze zásobníku s vyšší teplotou. Část tepla přemění na práci s největší možnou účinností a zbytek odevzdá chladiči, aby tepelný stroj mohl soustavně měnit teplo na práci, musí se po určitých etapách vracet do původního stavu. To znamená, že vykonává cyklický děj, který představuje pravidelné opakování cyklů. Termodynamický cyklus nastane pokaždé, když systém přejde ze série stavů na stav původní[3].

Carnot se zabýval problémem účinnosti. Postavil myšlenkově model tepelného stroje, který je schematicky znázorněn na obrázku. Jedná se o ideální motor, kde všechny děje jsou vratné.



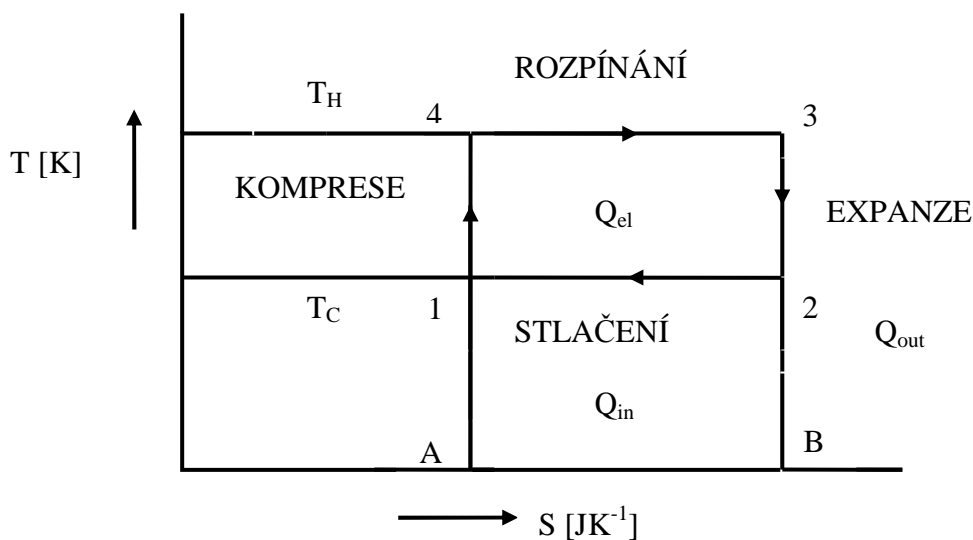
Obr. 3.1.1 Schematické znázornění Carnotova stroje

Na obrázku je znázorněn nejjednodušší model tepelného stroje, kde uvnitř válce uzavřeného pístem, jehož pohyb je uskutečněn bez tření, je jeden mol ideálního plynu. Válec je třeba tepelně izolovat, nebo spojit s tepelnými zásobníky (1) a (2), které mají velkou

tepelnou kapacitu. Teplota zásobníku (2), nazvaný ohřívač, je větší než teplota zásobníku (1), nazvaný chladič.

3.2 PRACOVNÍ CYKLUS TEPELNÉHO ČERPADLA

Na obrázku je znázorněn T-S diagram pracovního cyklu tepelného čerpadla, nazvaný též Carnotův cyklus stroje. Ideální pracovní cyklus probíhá podle zakreslených šipek. Při popisu vycházíme z toho, že výměna tepla mezi pracovní látkou a zásobníky je uskutečněna tehdy, nastane-li izotermický děj, na obr. 3.2.1 je to znázorněno body 43 a 21. Body označené na obrázku jako body 32 a 14 jsou adiabatické děje, při nichž nedochází k přenosu žádné energie formou tepla. Během adiabatická expanze a izotermického rozpínání jak napovídají názvy se pracovní látka rozpíná, což má za následek zvedání pístu. Tato práce je označena jako Q_{out} znázorňující energii, kterou tepelné čerpadlo dodává do topného systému. Při izotermickém stlačení a adiabatickém stlačení se pracovní látka stlačuje, koná zápornou práci na své okolí zároveň, ale okolí koná kladnou práci tím, že píst stlačuje. Tato práce je označena jako Q_{in} úměrná množství energie získané z nízkopotenciálního zdroje tepla. Výsledná práce je dána rozdílem těchto dvou prací, je označena jako Q_{el} úměrná energii dodané ze sítě do pracovního cyklu při kompresy[3].



Obr. 3.2.1 T-S diagram ideálního pracovního cyklu tepelného čerpadla [1]

T teplota
S entropie

Pracovní cyklus se skládá z těchto fází:

2-1 izotermické stlačení (při konstantní teplotě)

- 3-2 adiabatické stlačení (při stálém tlaku)
- 4-3 izotermické rozpínání (při konstantní teplotě)
- 1-4 adiabatická expanze (při stálém tlaku)

3.3 ÚČINNOST

Tepelná účinnost nám vyjadřuje jakou schopností lze změnit teplo na práci [3].

$$\eta = \frac{\text{energie}_{\text{získaná}}}{\text{privedene}_{\text{teplo}}} \quad \eta = [-] \quad \text{Účinnost jakéhokoliv motoru}$$

$$\eta_{ct} = 1 - \frac{T_C}{T_H} \quad \eta_{ct} = [-] \quad \text{Tepelná účinnost Carnotova Oběhu}$$

Z této rovnice dostáváme tepelnou účinnost vždy menší než 1 neboli menší než 100%. To je způsobeno tím, že teplo ze zásobníku s vyšší teplotou se celé nepřemění na práci, ale nezužitkovaný zbytek putuje do zásobníku o nižší teplotě. Z tohoto plyne, že žádný stroj pracující mezi dvěma zásobníky nemůže mít větší účinnost vyšší než Carnotův motor a vůbec ne 100% účinnost, která je známá pod názvem perpetuum mobile, o kterou se neustále snaží vymyslet stále mnoho lidí. Takové perpetuum mobile by u tepelného čerpadla mohlo vypadat tak, že část tepla odebraného z teplejšího zdroje by bylo znovu použito k pohonu kompresoru[3].

3.4 TOPNÝ FAKTOR

Při návrhu tepelného čerpadla se snažíme odebrat co možná nejvíce tepla z okolí a převést jej do zdroje pro vytápění s co možná nejmenší spotřebovanou prací. Takto nadefinovanou veličinu nazýváme topný faktor označující se řeckým písmenem ϵ nebo zkratkou **COP** z anglického sousloví Coefficient of performance. Jedná se o bezrozměrné číslo a jeho velikost se pohybuje podle druhu tepelného čerpadla a provozních podmínek běžně v mezích (2-5) [3].

$$\epsilon = \frac{T_H}{T_H - T_C} = \frac{Q_{in} + Q_{el}}{Q_{el}} = \frac{Q_{out}}{Q_{el}} \quad \epsilon = [-] \quad \text{Topný faktor s max. účinností - ideální}$$

$$\epsilon_{t,c} = \frac{T_H}{T_H - T_C} \cdot \eta_{ct} \quad \epsilon_{t,c} = [-] \quad \text{Topný faktor skutečný}$$

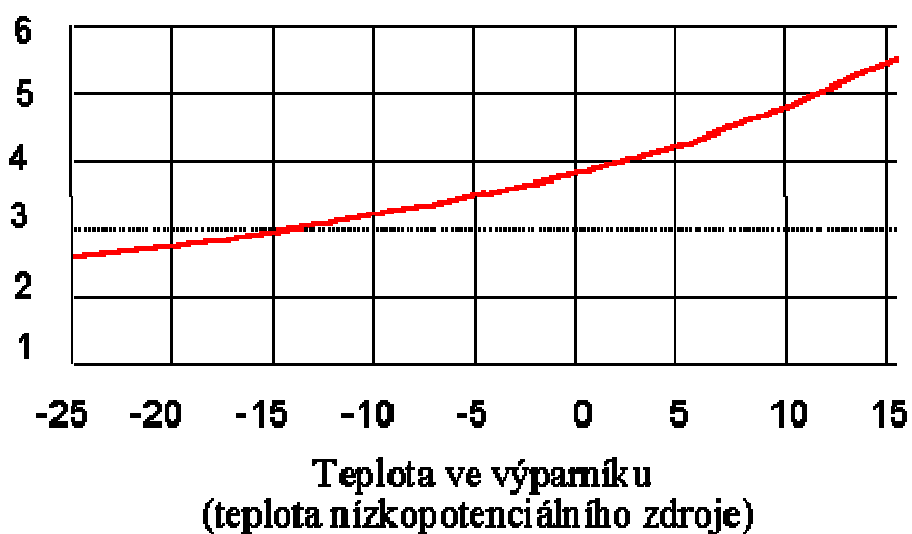
T_H	je teplota zdroje tepla [K]
T_C	je teplota na výstupu [K]
Q_{in}	je energie získaná z venku při teplotě T_{in} [J]
Q_{el}	je energie ze sítě potřebná pro pohon kompresoru [J]
$Q_{out} = Q_{in} + Q_{el}$	je výsledná energie při vyšší teplotě T_{out} [J]

Pro dosažení minimální spotřeby pohonné energie a dosažení vysoké hodnoty topného faktoru je potřeba:

- Aby teplota nízkopotenciálního zdroje tepla byla co nejvyšší, nesmí však přesáhnout maximální teplotu povolenou výrobcem pro daný typ tepelného čerpadla.
- Použití tepelného čerpadla je vhodné pro nízkoteplotní systém vytápění (např. podlahové vytápění). Čím menší rozdíl hladin teplot tepelné čerpadlo musí překonat, tím méně energie spotřebuje.

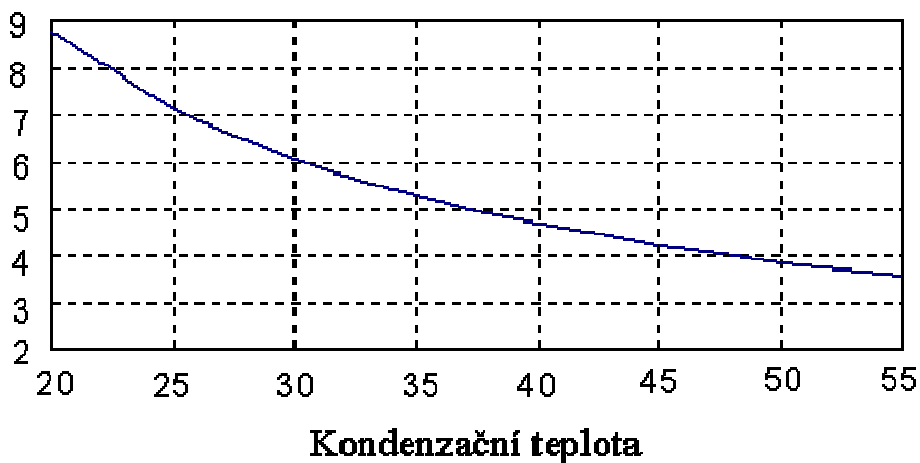
Topný faktor během roku kolísá v závislosti na vstupní a výstupní teplotě tepelného čerpadla. Z hlediska vyšší účinnosti je vhodné používat tepelné čerpadlo, tam kde nám nedochází k velkým výkyvům teplot během roku. Průměrný roční topný faktor je poměr celoroční spotřeby energie a celoroční výroby tepla. Používají se pro vyhodnocení provozu. Běžně tepelná čerpadla dodají třikrát až čtyřikrát více tepla než spotřebují elektřiny.

Topný faktor



Obr. 3.4.1 Vliv výparné teploty (nízkopotenciálního zdroje) na topný faktor při konstantní kondenzační teplotě[?]

Topný faktor



Obr. 3.4.2 Vliv kondenzační teploty (topného média) na topný faktor při konstantní teplotě nízkopotenciálního zdroje[?]

4. KOMPRESORY

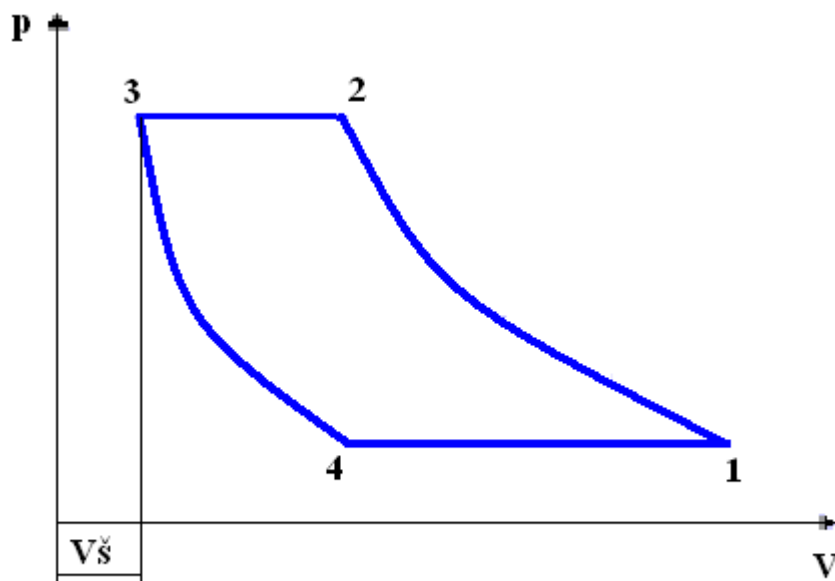
Kompresor je velmi staré zařízení, což dokazují archeologické nálezy. Kolem roku 400 až 350 př. n. l. byl sestaven přístroj na dodávání vzduchu pro potápěče. Na jeho tvorbě se měli podílet Platon a Aristoteles v Řecku.

Kompresor můžeme považovat za srdce tepelného čerpadla. Jeho úkolem je stlačování par pracovní látky, které vnikají ve výparníku a velmi zahřáté vstupují do kondenzátoru. V současnosti se pro vytápění rodinných domů používají téměř výhradně tepelná čerpadla s kompresorem, který je poháněn elektromotorem. Lze ho samozřejmě pohánět i jakýmkoli jiným pohonem. Pokud se však budeme pohybovat v oblasti tepelných čerpadel pro rodinné domy a nikoli průmyslové komplexy, tak můžeme říci, že elektrické jsou nejvýhodnější. Elektromotor je levný a palivo - elektřina v nižším tarifu - rovněž[13].

Nejnámější používané druhy kompresorů v tepelných čerpadlech jsou pístové, rotační šroubové a scroll (spirálové).

4.1 HERMETICKÝ PÍSTOVÝ KOMPRESOR

Slovo hermetický znamená, že elektromotor i kompresor jsou nasazeny na stejné hřídeli a v společné nádobě. Výhodou je těsnost, která brání úniku chladiva do okolí. Je to nejvíce rozšířený druh, používá se téměř ve všech rodinách, kde ho můžeme najít hlavně v chladničkách. Tyto typy jsou vyráběny již po několik desítek let. U tohoto typu nastává stlačení nasávané pracovní látky z tlaku sacího na konečný tlak při jednom pracovním zdvihu pístu a v jedné pracovní komoře[13].



Obr.4.1.1 p-V diagram pístového kompresoru se škodným prostorem

Popis činnosti:

Při pohybu pístu 4-1 proudí do válce pracovní látka, během níž je otevřený sací ventil. Po skončení sání v bodě 1 se píst začne pohybovat opačným směrem a nastane stlačování až do bodu 2. Dochází k narůstání tlaku. Komprese je ukončena až při dosažení výtlačného tlaku v bodě 2 a při otevřeném výtlačném ventilu, kde dochází k vytlačování stlačeného chladiva. Po výtlačném zdvihu zůstává ve škodném prostoru $V_{\text{š}}$ chladivo o výtlačném tlaku. Bereme v úvahu expanzi pracovní látky až na sací tlak a až poté otevření sacího ventilu. Tímto se zkracuje sání a současně i objemová využitelnost pístového kompresoru[4].

Tato čerpadla jsou levnější, hlučnější a mají horší topný faktor. Jejich životnost je poměrně dostačující, vydrží dobu provozu větší než 15 let.

Výhody: U většiny pístových kompresorů nezáleží na smyslu otáčení motoru.

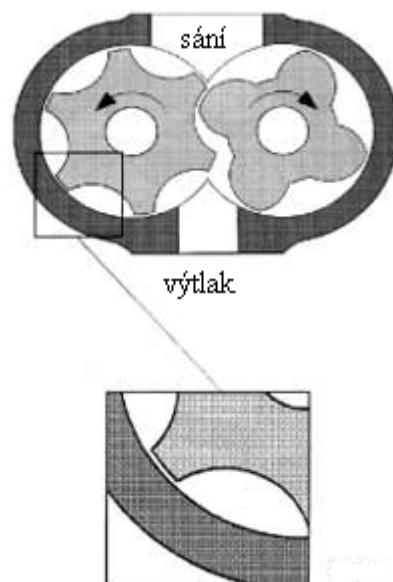
Nevýhodou pístových kompresorů je při nechtěném nasátí kapalného chladiva, které vede k poškození kompresoru.

4.2 ŠROUBOVÝ KOMPRESOR

Šroubovité kompresory mají dva šroubovitě rovnoběžně uspořádané rotory. Oba se otáčejí v kompresorové skříni, ale v protiběžném smyslu. Rotory jsou vytvořeny jako šroubovitá tělesa se závitem o velkém stoupání a nestejném počtu zubů. Hnací rotor má obvykle čtyři zuby s vypouklými boky, naopak hnáný rotor má nejčastěji šest zubů s vydutými boky. Některé dnešní stroje se mohou počtem zubů odlišovat. Při opačném otáčení je dosaženo toho, že na sací straně objem nasávaného plynu vyplní mezery mezi zuby. Otáčející se rotory uzavřou sací otvor, čímž začne stlačování pracovní látky. Při vzájemném odvalování boků zubů po sobě dochází ke zmenšování mezery mezi zuby. Stlačování se děje do té doby, až zmenšující zubová mezera dosáhne výtlakového otvoru. Po jeho dosažení následuje vytlačení pracovní látky ven[13].

Pro stlačování vzduchu se používají kompresory bezmazné nebo mazné. V chladicí technice se používají kompresory mazné, u kterých je vstříknut olej mezi rotorem a obvodovou skříní, při stlačování. Olej slouží k mazání a zároveň ke chlazení. Utěsňuje mezery mezi skříní a rotory a zároveň brání kovovému styku mezi rotory[13].

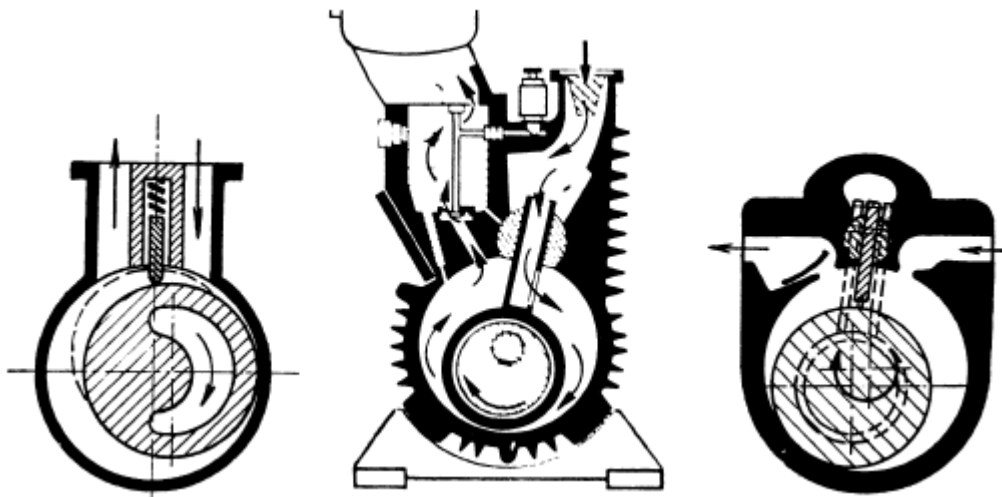
Jde o technicky i výrobně velice náročné a drahé zařízení, které se používá jen pro vysoké výkony.



Obr. 4.2.1 Šroubový kompresor [11]

4.3 ROTAČNÍ KOMPRESOR

Rotační kompresor má rotující píst kruhového tvaru, odvalující se po vnitřní straně v kruhovém válci. Ve válci tak vzniká srpovitá část. Dělicí deskou je pak rozdělena srpovitá část na sací a výtlakovou část. Dělicí deska se vysouvá či zasouvá podle polohy pístu ve válci[13].



Obr. 4.3.1 Rotační kompresory s kroužícím pístem [13]

Konstrukce dělicí desky a pístu můžeme rozdělit na tři typy.

1. Typ: Deska vložená do radiálního řezu ve stěně, která je přitlačována k pístu pružinou.
2. Typ: Deska je pevně spojena s pístem, na který je stále kolmá. Její pohyb je umožněn vedením, ve kterém klouže a naklání se podle pohybu desky.
3. Typ: Deska je nakloněna pod určitým úhlem ke kroužícímu pístu.

S těmito typy kompresorů se můžeme většinou setkat u klimatizačních zařízení. Pro tepelná čerpadla se moc nehodí. Mají totiž nižší topný faktor ve srovnání s kompresory scroll. Jejich horší objemová účinnost a poměrně značná tepelná vazba mezi sacím a výtlakovým potrubím se pro použití v tepelných čerpadlech moc nedoporučuje. Vyrábějí se pro menší výkony.

Ne příliš dobrý topný faktor tomuto typu levnějších kompresorů příliš nepomáhá, jeho životnost je na stejné úrovni jako u pístového typu.

4.4 SPIRÁLOVÝ KOMPRESOR

Hlavními částmi tohoto typu kompresoru jsou dvě spirály, které jsou v sobě zasunuté. Horní ze spirál je pevně spojena s tělesem a uprostřed najdeme otvor, spojený s výtlačným otvorem. Vnitřní je pevně a excentricky spojena s hnanou hřídelí. Dolní spirála krouží v horním dílu. Jednotlivé plochy spirál s různým zakřivením se po sobě odvalují. Nasáté chladivo postupně zmenšuje svůj objem, jako důsledek odvalování spirál. Uprostřed spirály pracovní látka je vytlačena ven pomocí výtlačného ventilu. Kompresory scroll se vyrábějí ve variantě bez možnosti regulace chladicího výkonu, tak i s možností změny chladicího výkonu regulací chladicího výkonu obtokem horkých par zpět do sání kompresoru[1].



Obr. 4.4.1 Spirálový (SCROLL) kompresor [14]

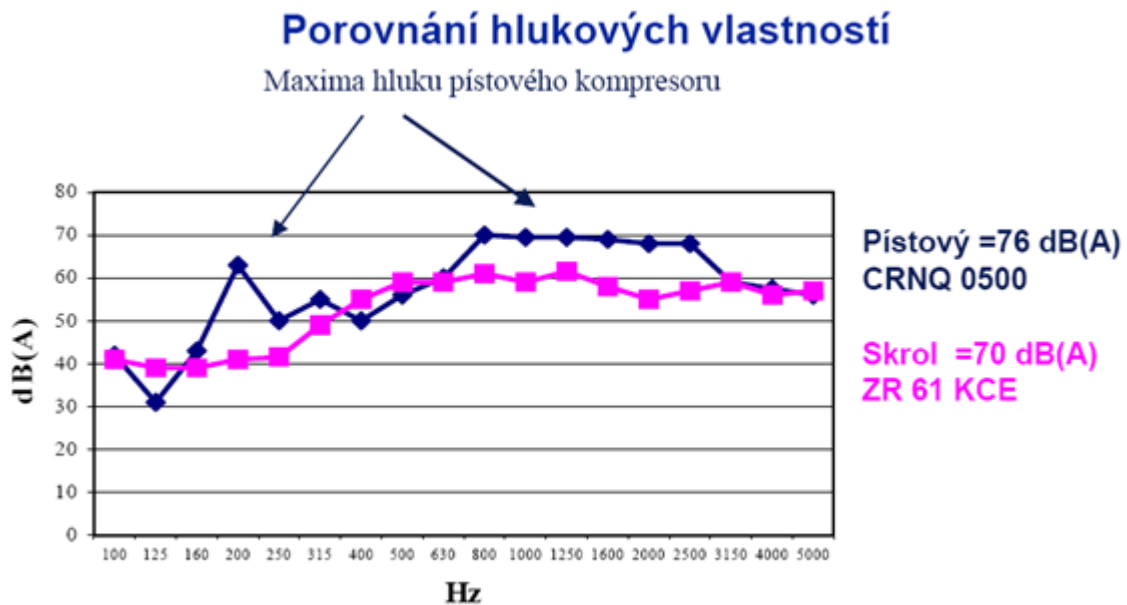
Cena těchto kompresorů v porovnání s pístovými o stejném výkonu jsou asi o 1,4 krát dražší.

Výhody: V porovnání s pístovými kompresory mají vyšší objemovou účinnost, která se blíží ke 100% viz obr. 4.4.3. To je zapříčiněno tím, že scroll kompresory nemají žádné vratné pohyby. Pístový kompresor totiž nevytlačí úplně všechnu nasátou, následně stlačenou pracovní látku do výstupní části. Část pracovní látky již ve válci zůstává při nasávání nového chladiva a následně znovu expanduje ve válci. To vede ke snížení energetické účinnosti kompresoru.

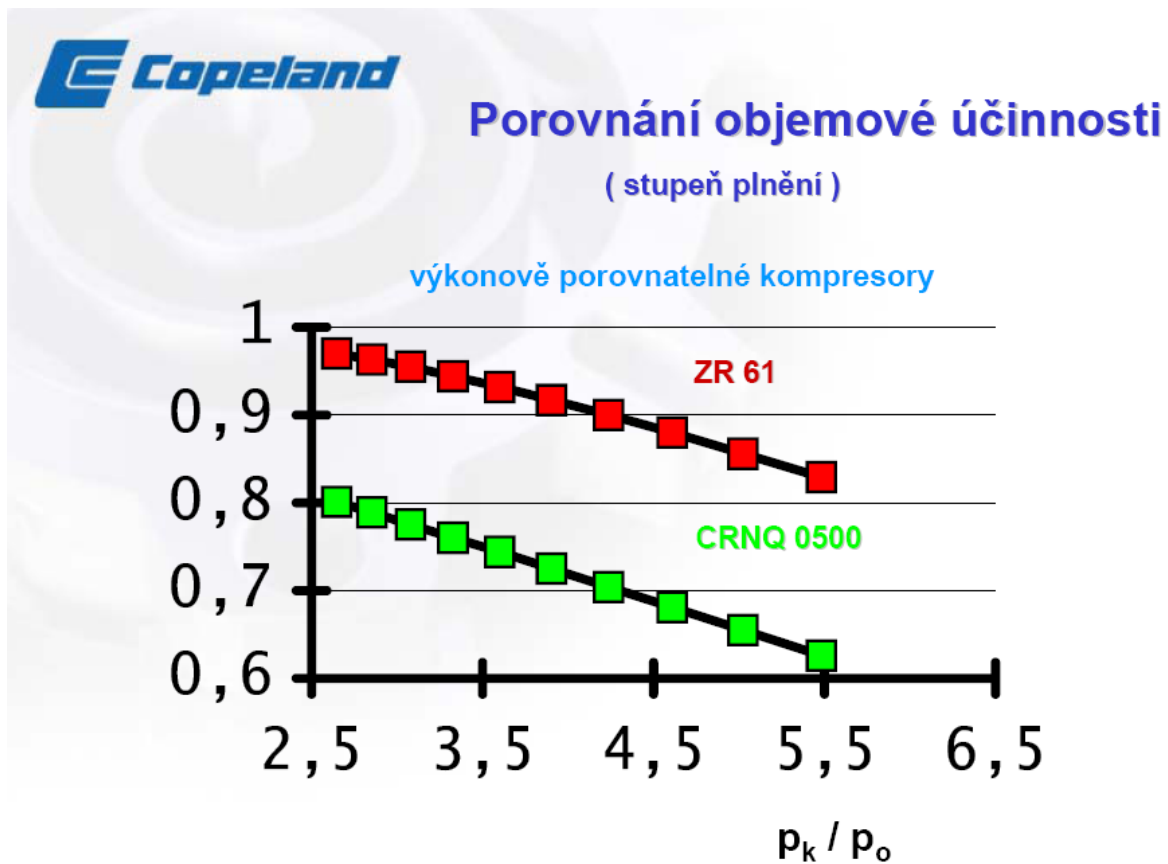
Další nespornou výhodou jsou nižší vibrace, které vedou i k tiššímu chodu. Hlučnost pístových kompresorů se pohybuje od 80 dB a výše. V dnešní době se tato hlučnost redukuje použitím tlumícího krytu, který slouží současně i jako tepelná izolace. Pro srovnání hlučnost spirálových kompresorů se pohybuje od 60 dB a výše obr. 4.4.2.

Nevýhodou u kompresorů scroll je nutnost dodržování smyslu otáčení. Při obráceném chodu kompresor nevytváří žádný tlak ve výtlačné části. Během opačného smyslu otáčení hrozí i

následné poškození. Každý výrobce připouští chod v obráceném smyslu jen pár vteřin, během nichž si například manometrem zjistíme, jestli je na výstupní části nějaký tlak[1].



Obr. 4.4.2 Porovnání hlukových vlastností pístového a scroll kompresoru [16]



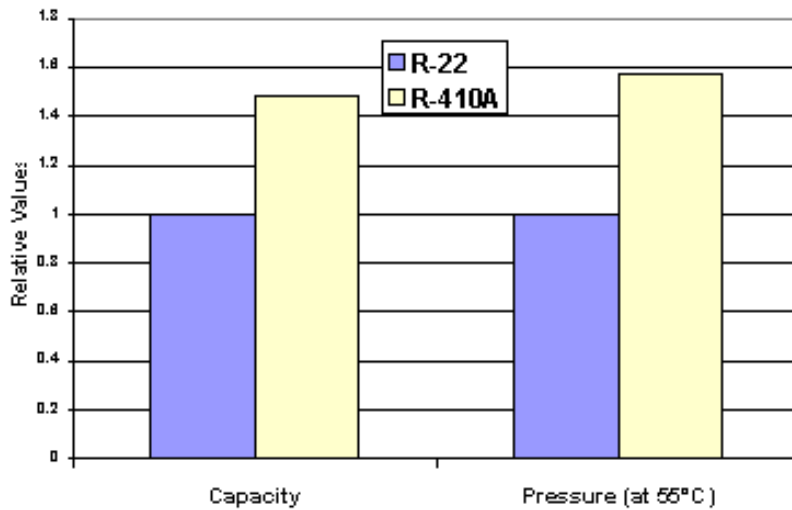
Obr. 4.4.3 Porovnání objemové účinnosti na stupni plnění u pístového (CRNQ 0500) a scroll (ZR 61) kompresorů[16]

V současnosti je spirálový kompresor nejpoužívanější a nejlepší typ kompresoru. I přes svou vyšší cenu dosahuje nejlepších výsledků v topném faktoru. Použití těchto kompresorů s nízkoteplotními chladivými pak umožňuje řešit tepelná čerpadla odebírající teplo ze vzduchu, tj. tepelná čerpadla „vzduch-voda“, která pracují efektivně v průběhu celého roku, respektive i při extrémně nízkých teplotách okolního vzduchu -20°C až -25°C . Použitá chladiva jsou přitom ekologicky zcela nezávadná, to znamená, že nenarušují ozónovou vrstvu Země. Z Obr. 4.4.2 vidíme, že Scroll má rovnoměrnější hladinu zvuku i při nižších kmitočtech.

5. POROVNÁNÍ PRACOVNÍCH LÁTEK

Pracovní látky podle vlastností rozdělujeme do dvou skupin dle ISO 817 – jednosložková chladiva (R22) a směsi (R-410A, složení R32/R125/R134a(20/40/40 hmot. %)).

Chladicí médium neboli pracovní látka je tekutina používaná pro dosažení nízkých teplot pomocí fázové přeměny mezi kapalinou a plynem. Do doby než vznikly obavy z ozónové díry, byla nejrozšířenější pracovní látka R-22(chlordifluormethan). Používaná v bytových klimatizacích, ledničkách nebo v mrazničkách. Postupný zákaz používání R22 pro údržbu a pro nové zboží platí od 1. 1. 2010, a od 1. 1. 2015 pro recyklované chladivo R-22, ústředním bodem Nařízení EG 2037/2000. Toto Nařízení má přímou působnost a všechny členské státy EU je musí ihned závazně aplikovat a následně plnit. Nástupcem chladiva R-22 je R-410A(haloalkan), i když nejde o plnohodnotnou náhradu, jak vidíme z obr. 5.1, kde tlak kapaliny u R-410A je mnohem větší než u R-22. Jeho hlavním přínosem je, že neobsahuje chlor, tudíž nepoškozuje ozónovou díru[24], [25].



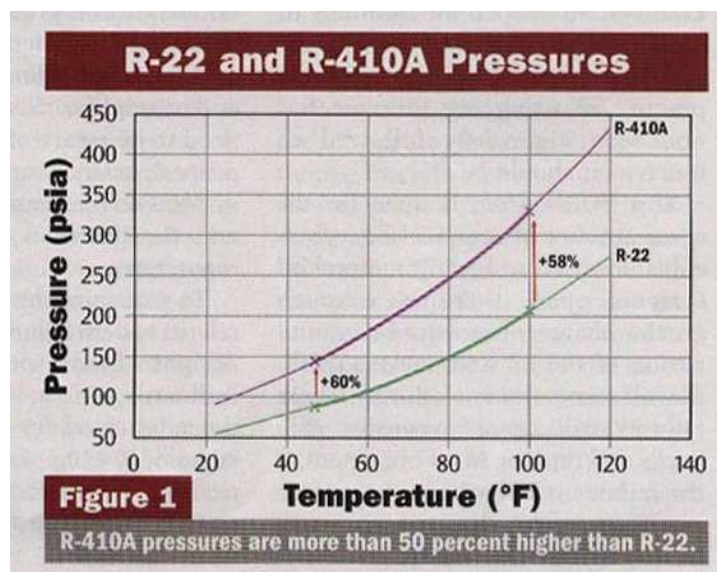
Obr. 5.1 Porovnání tlaku R-22 a R-410A při 55°C [24]

Jedny z nejdůležitějších vlastností chladiv jsou objemová chladivost a kondenzační teplota. Na obr. 5.2. je vidět, že R-410A má vyšší kondenzační teploty při daném tlaku než R-22. Hlavní výhodou pracovní látky R410A je její objemová chladivost, která je o cca 50% vyšší než u chladiva R22. Chladicí zařízení s tímto chladivem jsou pak podstatně menší[24].

Při nízkých teplotách prostředí by pracovní látka měla splňovat tyto obecné požadavky:

- Nízký kompresní poměr,
- Co nejmenší přehřátí par na výtlaku,
- Vysoká objemová chladivost,
- Nízký výtláčový (kondenzační) tlak.

Do budoucna se počítá s pracovními látkami bez halogenů, které významně zvyšují atmosférický skleníkový efekt. Termín zavedení chladiv bez halogenů je zatím v nedohlednu.



6. DRUHY TEPELNÝCH ČERPADEL

6.1 TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH -VODA

Venkovní vzduch je nejdostupnějším zdrojem nízkopotenciálního tepla. Princip je stejný jako u tepelného čerpadla země-voda jen s tím rozdílem, že teplo okolního vzduchu je odebíráno přímo pomocí pracovní látky, která koluje ve venkovním výparníku tepelného čerpadla, a ne pomocnou pracovní látkou jako u systému země-voda. Venkovní vzduch je vháněn ventilátorem přímo do výparníku. Průměrná teplota vzduchu v topném období je kolem 4°C [2] [1].



Obr. 6.1.1 Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch-voda [17]

U systému vzduch-voda se teplo dodané tepelným čerpadlem předává do topné vody, která dále proudí do radiátorů nebo podlahového topení[2].



Obr. 5.1.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda [18]

U systému vzduch-vzduch se teplo předává přímo do vnitřního prostoru místnosti. Výhodou tohoto způsobu je skutečnost, že v letním období můžeme objekt reverzním chodem chladit (klimatizovat).

Tepelné čerpadlo se většinou umísťuje vedle objektu na zahradu, v případě půdní vestavby na střechu objektu[2].

Z hlediska instalace a finanční náročnosti je tento systém jednoznačně nejvýhodnější.

6.2 TEPELNÉ ČERPADLO VODA-VODA

Tepelné čerpadlo se systémem voda-voda je nejefektivnější, ale zároveň nejrizikovější způsob získávání nízkopotenciálního tepla.

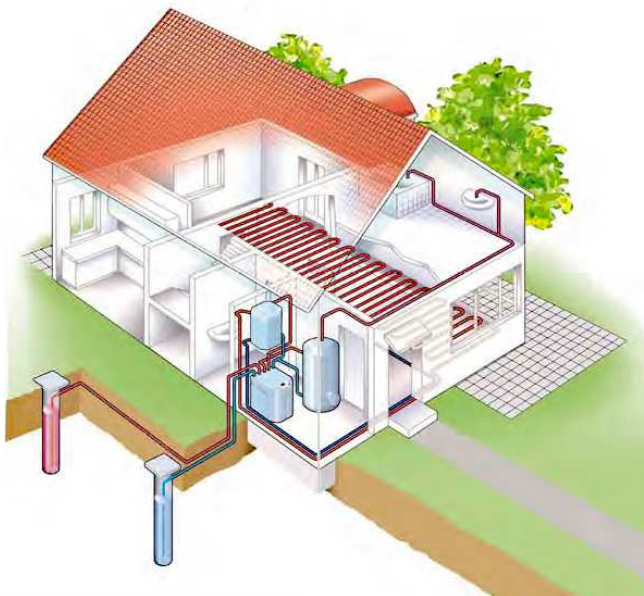


Obr. 6.2.1 Tepelné čerpadlo voda-voda [9]

Podzemní voda

Zdrojem tepla u tohoto systému je podzemní voda, čerpaná většinou z vrtané studně. Teplota je celý rok konstantní a pohybuje se od 8-12 °C. Chod tepelného čerpadla je u tohoto

systému přímo závislý na průtoku studniční vody výměníkem. Vydatnost studně musí být min. 0,2-0,4 l/s, a to po celou dobu plánované životnosti tepelného čerpadla, aby nedocházelo k nadměrnému ochlazení a tím zamrznutí výměníku. Teplota studniční vody by neměla být nižší než 9 °C. Studniční voda, která je po průchodu tepelným čerpadlem ochlazována o zhruba 7 °C, se musí vypouštět do vsakovací studny a vracet tak zpět do původního prostředí. V sakovací studni by měla být od zdrojové vzdálena min. 15 m. Studniční voda musí splňovat přísné limity obsahu chemických a minerálních sloučenin, které by mohly být příčinou zanášení, zarůstání a koroze výměníku tepelného čerpadla. Hodnota pH zdrojové vody by měla být v rozmezích 6-9. Hloubka studně se pohybuje mezi 5-15 m. Průměr vrtu studně je obvykle kolem 22 cm. Tento systém vyžaduje povolení příslušného vodoprávního úřadu[2].



Obr. 6.2.2 Schéma instalace tepelného čerpadla pro podzemní vodu[19]

Povrchová voda

Soustava polyetylenových trubek, odebírajících nízkopotenciální teplo pro tepelné čerpadlo, lze umístit např. i do potoka, řeky nebo rybníka, ovšem vždy je nutné povolení vodoprávního úřadu. Teplota říční vody je v zimních měsících tak nízká, že ve výměníku musí proudit nemrznoucí směs. Celý systém pak pracuje podobně jako tepelné čerpadlo země-voda[2].

V tomto případě je nutné si uvědomit, že množství vody v potoce či rybníku musí být po celou dobu životnosti tepelného čerpadla dostatečné, ale zároveň musí být polyetylenové trubky pod hladinou zajištěny proti povodni, i proti případnému poškození jinými vlivy[1].



Obr. 6.2.3 Schéma instalace tepelného čerpadla pro povrchovou vodu[20]

6.3 TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ-VODA

Zemní kolektory

Trubky se pokládají do výkopů tak, že trubka je v celé délce vedena samostatně a je možné trubku stočit do spirály a založit ji v této formě. Trubky se pokládají do hloubky 1-1,5 m na souvisle odkrytou plochu v rozteči 0,6 až 1 m. V prvním případě je nutné počítat s plochou pozemku přibližně 3 x větší než je vytápěná plocha objektu. Pro předběžné délky trubek lze počítat s energetickým ziskem 20 až 25 W na metr trubky. Pro tepelné čerpadlo o výkonu 10 kW je třeba přibližně 250-350 m² plochy pozemku. V druhém případě je potřebná plocha pozemku mnohem menší, ale energetický zisk je také nižší. Pozemek, pod kterým je zemní vrt uložen, má být co nejvíce přístupný slunečnímu záření i dešťovým srážkám[2].



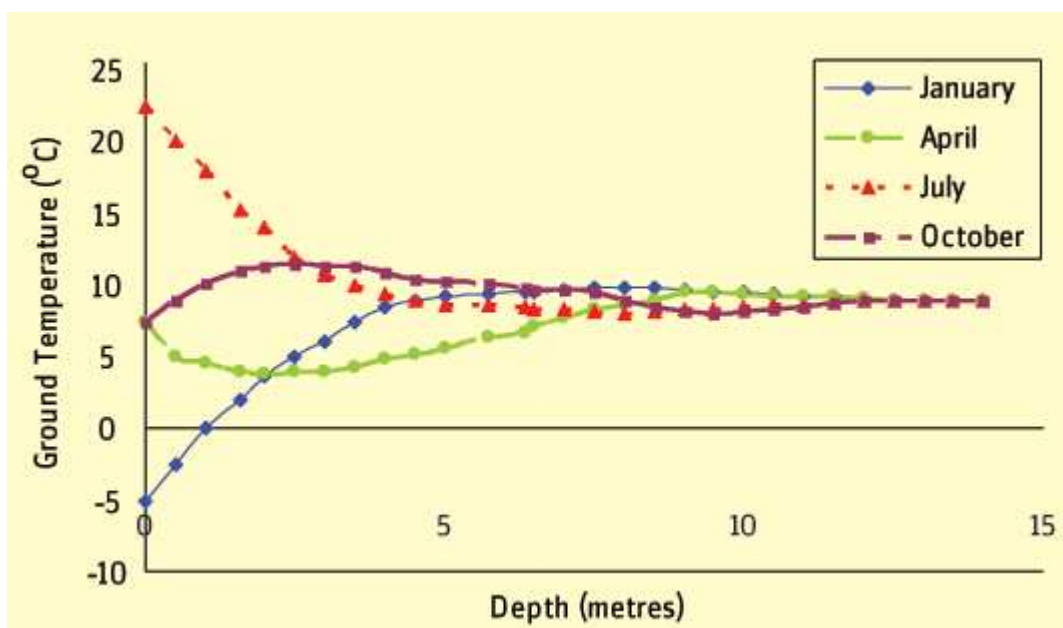
Obr. 6.3.1 Schéma zapojení tepelného čerpadla pro zemní kolektory[21]

Zemní vrtý

Jsou finančně i realizačně nejnáročnější. Složení zeminy např. skála, může ceny vrtů značně zvýšit. Polyetylenové trubky jsou do zemních vrtů zakládány ve tvaru zdvojeného písmene **U** a po provedení tlakové zkoušky založených trubek se celý vrt opět zasype. Průměr vrtu je od 110 do 150 mm. Je-li požadavek na vyšší výkon, je provedeno více vrtů. Teplota v zemi v hloubce pod 10 m je během roku téměř stabilní a pohybuje se kolem 10-12°C viz obr. 5.3.3. Energetický zisk se podle složení půdy pohybuje v rozmezích 30-100 W na metr hloubky. Tento systém vyžaduje povolení příslušného vodoprávního úřadu. Je-li hloubka vrtu větší než 30 m je potřeba i souhlas příslušného báňského úřadu. Pro tepelné čerpadlo o výkonu 10 kW je třeba přibližně 120-180 m vrtů. Vzdálenost vrtů nesmí být menší než 10 m, aby nedošlo k vzájemnému ovlivnění[2].



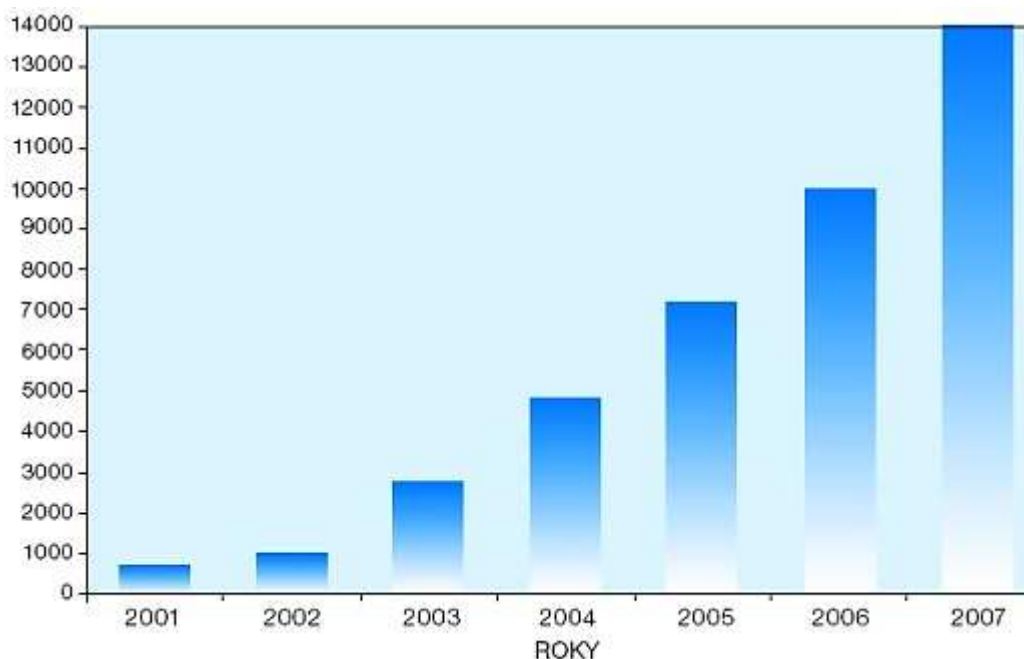
Obr. 6.3.2 Schéma zapojení tepelného čerpadla pro zemní vrtý[22]



7. ZÁVĚR

Po přečtení této práce bychom si měli položit otázku: „Proč tepelné čerpadlo není nejrozšířenějším způsobem vytápění?“ Odpověď není jednoduchá. Tepelné čerpadlo má sice nejlevnější provoz z dosud používaných zdrojů vytápění, ale obrovskou nevýhodou je vysoká pořizovací cena, která jistě odradí mnohé uživatele. Tento způsob vytápění neškodí životnímu prostředí. Cílem je snížení skleníkových plynů, o které dnes usiluje i Evropská unie. Mezi další výhody patří bez obslužný provoz a levný nákup elektrické energie 22 hodin denně.

Z obr. 6.1 Vidíme exponenciální nárůst tepelných čerpadel za období 2001 až 2007, domnívám se, že do budoucna počet tepelných čerpadel velice rychle poroste.



Obr.7.1 Počet instalovaných tepelných čerpadel v období 2001-2007[5]

Pokud bych si vybíral tepelné čerpadlo, volil bych se spirálovým kompresorem, jehož objemová účinnost se blíží jedné, životností je srovnatelná s pístovým kompresorem, ale je dražší. Toto čerpadlo by bylo výhodnější ve spojení s tepelným čerpadlem země voda pomocí zemního vrtu, kde teplota během celého roku je kolem 10°C v hloubce 10m a níže, což je příznivá teplota pro topný faktor.

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Žeravík, A. *STAVÍME TEPELNÁ ČERPADLA*, 1st ed.; 2003.
ISBN 80-239-0275-X
- [2] Tintěra, L. *TEPELNÁ ČERPADLA*, 1st ed.; ARCH: Praha, 2003.
ISBN 80-86165-61-2
- [3] Halliday, D; Resnick, R; Walker, J.; *Fyzika*, 1st ed.; PROMETHEUS, 2006.
ISBN 80-214-1868-0
- [4] Pavelek, M.; et al. *TERMOMECHANIKA*, 3rd ed.; AKADEMICKÉ
NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2003.
ISBN 80-214-2409-5
- [5] URL:< <http://www.gerotop.cz/dalen/usr/a/tepelna-cerpadla-setri-vase-penize/strategie10.jpg>>, [cit. 2010-04-13]
- [6] URL:< <http://vytapeni.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3999>>, [cit. 2010-04-13]
- [7] URL:< http://cs.wikipedia.org/wiki/Lord_Kelvin>, [cit. 2010-04-13]
- [8] URL:< <http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/tepelna-cerpadla-pro-rodinne-domy/princip-tepelneho-cerpadla.php>>, [cit. 2010-04-13]
- [9] URL:< <http://www.ecoduc.eu/resize/domain/flox/files/tepelne-cerpadla/p1020328.jpg>>, [cit. 2010-04-13]
- [10] URL:< http://cs.wikipedia.org/wiki/Nicolas_Léonard_Sadi_Carnot>, [cit. 2010-04-13]
- [11] URL:< <http://heatpumpcentre.org/>>, [cit. 2010-04-13]
- [12] URL:< http://www.mattei.cz/images/proc_16.jpg>, [cit. 2010-04-13]
- [13] URL:<<http://www.umt.fme.vutbr.cz/~svechet/main/storage/vp2/kompresory.pdf>>, [cit. 2010-04-13]
- [14] URL:< <http://www.euroinstal.cz/tepelna-cerpadla/obr5a.jpg>>, [cit. 2010-04-13]
- [15] URL:< <http://www.building.co.uk/Pictures/Graphic/n/p/b/Fig-3.gif>>, [cit. 2010-04-13]
- [16] URL:< <http://www.emersonclimate.eu/>>, [cit. 2010-04-13]
- [17] URL:< <http://www.mvb.cz/userfiles/images/tepelna-cerpadla/tepelne-cerpadlo-vzduch-voda-venkovni.jpg>>, [cit. 2010-04-13]
- [18] URL:< <http://www.sedlon.cz/grafika/boxair.jpg>>, [cit. 2010-04-13]
- [19] URL:< http://www.nazeleno.cz/Files/FckGallery/tepelna-cerpadla.zip/Cerpadla_ZdrojATEG.jpg>, [cit. 2010-04-13]
- [20] URL:< http://test.webcu.cz/img/clanky_next/obrazky/tepelne-cerpadlo_3.jpg>, [cit. 2010-04-13]
- [21] URL:< http://test.webcu.cz/img/clanky_next/obrazky/tepelne-cerpadlo_2.jpg>, [cit. 2010-04-13]
- [22] URL:< http://test.webcu.cz/img/clanky_next/obrazky/tepelne-cerpadlo_1.jpg>, [cit. 2010-04-13]

- [23] URL:< <http://www.hvacfun.com/images/a-images/a-making-right-choices-for-r410a-syst/choices-R410A-1.jpg>>, [cit. 2010-04-13]
- [24] URL:< <http://www.eurocooling.com/articler410a.htm>>, [cit. 2010-04-13]
- [25] URL:< http://cs.wikipedia.org/wiki/Chladic%C3%AD_m%C3%A9dium>, [cit. 2010-04-13]

9. SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

- Obr. 2.1.1 Závislost teploty místnosti a vstupní teploty do TČ na topném faktoru [6]
- Obr. 2.2.1 Schéma tepelného čerpadla [?]
- Obr. 3.1.1 Schematické znázornění Carnotova stroje [?]
- Obr. 3.2.1 T-S diagram ideálního pracovního cyklu tepelného čerpadla [1]
- Obr.3.4.1 Vliv výparné teploty (nizkopotenciálního zdroje) na topný faktor při konstantní kondenzační teplotě [?]
- Obr. 3.4.2 Vliv kondenzační teploty (topného média) na topný faktor při konstantní teplotě nizkopotenciálního zdroj []
- Obr.4.1.1 p-V diagram pístového kompresoru se škodným prostorem
- Obr. 4.2.1 Šroubový kompresor [11]
- Obr. 4.3.1 Rotační kompresory s kroužicím pístem [13]
- Obr. 4.4.1 Spirálový (SCROLL) kompresor [14]
- Obr. 4.4.2 Porovnání hlukových vlastností pístového a scroll kompresoru [16]
- Obr. 4.4.3 Porovnání objemové účinnosti na stupni plnění u pístového (CRNQ 0500) a scroll (ZR 61) kompresorů [16]
- Obr. 5.1 Porovnání tlaku R-22 a R-410A při 55°C [24]
- Obr. 5.2 Závislost tlaku na teplotě [23]
- Obr. 6.1.1 Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch-voda [17]
- Obr. 6.1.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda [18]
- Obr. 6.2.1 Tepelné čerpadlo voda-voda [9]
- Obr. 5.2.2 Schéma instalace tepelného čerpadla pro podzemní vodu [19]
- Obr. 6.2.3 Schéma instalace tepelného čerpadla pro povrchovou vodu [20]
- Obr. 6.3.1 Schéma zapojení tepelného čerpadla pro zemní kolektory [21]
- Obr. 6.3.2 Schéma zapojení tepelného čerpadla pro zemní vrty [22]
- Obr.6.3.3 Znázornění teploty v zemi v závislosti na ročním období [15]
- Obr.7.1 Počet instalovaných tepelných čerpadel v období 2001-2007 [5]

10. SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

Veličina	Symbol	Jednotka
Teplota	T	K
Energie	Q	J
Topný faktor	ε , COP	[-]
Účinnost	η	[-]
Tlak	p	Pa
Entropie	S	JK ⁻¹
Objem	V	m ³