



**energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla**

# ENERGIE PROSTŘEDÍ, GEOTERMÁLNÍ ENERGIE, TEPELNÁ ČERPADLA

Energie prostředí (nizkopotenciální teplo obsažené v zemi, vodě i ve vzduchu) vzniká jako důsledek dopadající **sluneční energie** a jako důsledek **geotermální energie** (energie zemského jádra, radioaktivní rozpad uvnitř Země).

V našich podmínkách lze, až na výjimky, tuto energii využít pouze pomocí **tepelných čerpadel** (TČ). Princip tepelného čerpadla byl popsán již v minulém století anglickým fyzikem lordem Kelvinem.

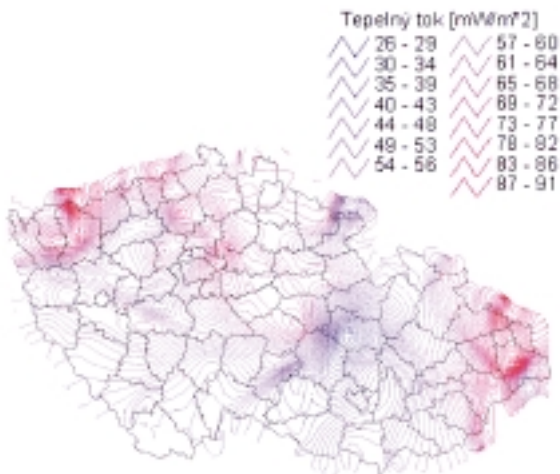
Tepelná čerpadla umožňují odnímat teplo okolnímu prostředí, převádět je na **vyšší teplotní hladinu** a předávat jej pro potřeby vytápění nebo pro přípravu teplé užitkové vody. O využitelnosti tepelné energie rozhoduje kromě jejího množství zejména teplota látky, na kterou je tato energie vázána. Podobně jako vodní čerpadlo přečerpává vodu z nižší hladiny na vyšší, tepelné čerpadlo převádí **teplo o nízké teplotě** na teplotu vyšší.

## přírodní podmínky

Primárními zdroji tepla pro využití energie prostředí a geotermální energie jsou:

- "suché" zemské teplo hornin (zemní "suché" vrty),
- podzemní voda (vrty, studnice, zavodněné šachty starých důlních děl),
- půdní vrstva (zemní kolektory).

Tepelná čerpadla mohou využívat jako primární zdroj tepla také povrchové vody (vodoteče, jezera, rybníky a jiné akumulace vod), vzduch z okolí, nebo ze sklepních či důlních prostor, z tunelů, podzemních kolektorů apod.



Obrázek 1: Izolinie tepelného toku na území ČR.  
(Zdroj: Geomédia, s r.o.)

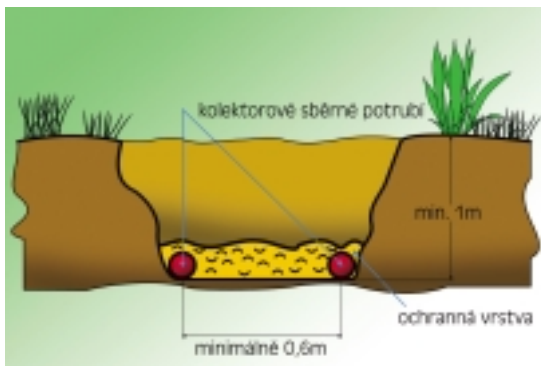
## možnosti využití

**Z okolního vzduchu** - Vzduch se ochlazuje ve výměníku tepla umístěném vně, případně uvnitř budovy.

**Z odpadního vzduchu** - Ochlazuje se vzduch odváděný větracím systémem objektu, který má vždy relativně vysokou teplotu. Tepelné čerpadlo může pracovat efektivně i za podmínek, kdy běžně užívané systémy zpětného získávání tepla (rekuperace) nelze použít.

**Z povrchových vod** - Voda v toku nebo rybníku se může ochlazovat tepelným výměníkem umístěným buď přímo ve vodě, nebo zapuštěným do břehu vždy tak, aby nehrozilo zamrznutí. 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 ovšem je 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.

**Z půdy** - Půda se ochlazuje tepelným výměníkem z polyethylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí a uloženého do výkopu (půdní kolektor) nebo do vrtů. Půdní kolektor se umísťuje vedle objektu v nezamrzné hloubce. Trubky půdního kolektoru se mohou ukládat na souvisle odkrytou plochu, nejméně 0,6 m od sebe. Velikost takovéto plochy je asi trojnásobkem plochy vytápěné. Je také možné ukládat potrubí ve tvaru uzavřených smyček do výkopového kolektoru, rýhy o hloubce 2 m a šířce 0,9 m. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je pak potřeba 5 až 8 metrů délky výkopu. Velmi často se využívá vrtů hlubokých až 150 m. Vrtů se umísťují v blízkosti stavby, nejméně 10 m od sebe. Je možno umístit vrtů i pod stavbou, zvláště jde-li o novostavbu. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtu, podle geologických podmínek.



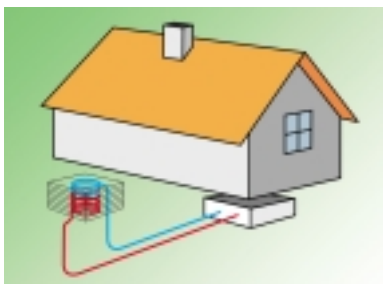
Obrázek 2: Průřez půdním kolektorem.

**Z podzemní vody** - Voda se odebírá ze sací studny a po ochlazení se vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny. Podmínkou je geologicky vhodné podloží, hloubka hladiny přibližně do 20 m a dostatečná vydatnost zdroje vody, která se ověří dlouhodobou čerpací zkouškou. Důležité je také chemické složení vody. Teplota

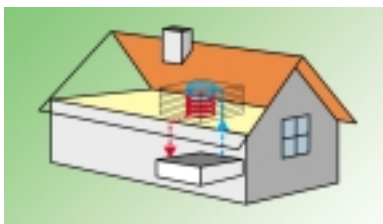
v zemi v hloubkách větších než 10 metrů je stálá během celého roku a pohybuje se v rozmezí 8 až 10 °C. Proto tepelné čerpadlo pracuje velmi vyrovnaně a účinně, jako v předchozím případě.

**Z odpadního tepla z technologických procesů** - Tento případ je specifický, vhodný zejména pro výrobní podniky a průmyslové provozy. Například v chladírenských provozech lze použít odpadní teplo na přípravu teplé užitkové vody. Namísto tepelného čerpadla se používají i levnější systémy zpětného získávání tepla.

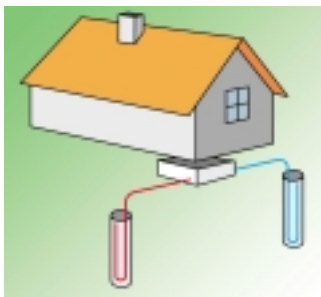
Podobně se může ochlazovat vzduch odváděný větracím systémem objektu. Takové systémy se používají zejména v klimatizovaných budovách nebo průmyslových podnicích. Použití vzduchu ve sklepě nebo na půdě (obytného domu) jako zdroje tepla není vhodné, protože se tak zvyšují tepelné ztráty sousedních místností.



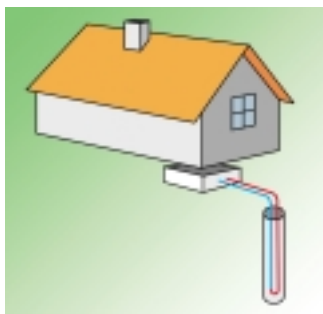
*Obrázek 3: Tepelné čerpadlo vzduch/voda; vzduch se ochlazuje ve výměníku umístěném vně budovy.*



*Obrázek 4: Oproti předchozímu způsobu je výměník umístěn uvnitř budovy.*



*Obrázek 5: Ochlazováním vody čerpané z hluboké (sací) studny, kde je teplota stálá, získáme velmi vyrovnaný a účinný zdroj tepla. Ochlazená voda se vypouští do druhé (vsakovací) studny.*



*Obrázek 6: Tepelné čerpadlo nemrznoucí kapalina/voda; výměník naplněný nemrznoucí směsí ochlazuje půdu ve vrtu nebo ve výkopu, případně vodu ve vodním toku nebo v rybníku.*

V sedmdesátých letech se experimentovalo s využitím vrtů nebo výkopů pro sezónní "uskladnění" slunečního tepla. Během léta se akumuluje teplo ze slunečních kolektorů a v topném období se pak odčerpává. Tepelné čerpadlo sice pracuje efektivněji, ale celý systém je investičně velmi náročný a ekonomicky málo efektivní.

Sluneční kolektory lze využít také jako přímý zdroj tepla pro tepelné čerpadlo. Podmínkou je použití akumulační nádrže, která je ohřívána solární energií. Tepelné čerpadlo odebírá teplo přednostně z akumulační nádrže, kromě ní však musí mít k dispozici další nízkopotenciální zdroj tepla (pro případ vyčerpání tepla z akumulační nádrže). I tyto systémy jsou ekonomicky méně efektivní (navýšení investic o akumulační nádrž, solární systém, měření a regulaci).

## **přehled systémů**

Dle způsobu, kterým se uskutečňuje odsávání par z výparníku a zvýšení jejich tlaku na kondenzační, se tepelná čerpadla dělí na:

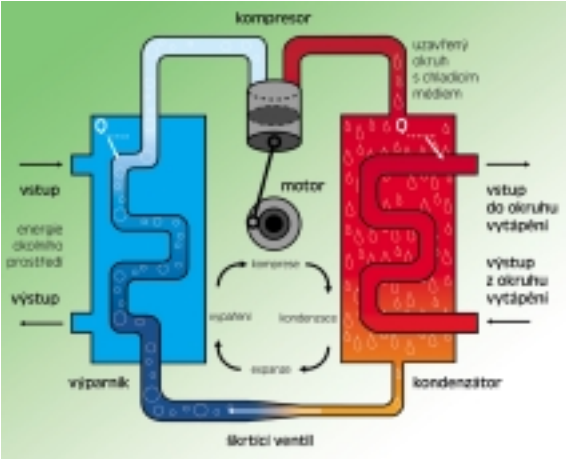
- **Kompresorová tepelná čerpadla (KTČ)** - nejběžnější druh. Hnací mechanická energie pro pohon kompresoru (pístového, rotačního) může být dodávána spalovacím nebo elektrickým motorem.
  - **Absorpční tepelná čerpadla (ATČ)** - zřídka se vyskytující, mají nízkou účinnost. Pro zvýšení tlaku par je použito pochodu absorpce chladiva do roztoku, jeho přečerpání do vypuzovače a následné vypuzení chladiva z roztoku při kondenzačním tlaku. Hnací tepelná energie může být dodávána parou, horkou vodou nebo spalováním paliva.
  - **Hybridní tepelná čerpadla** - obvykle zakázková výroba.
- Podle druhu ochlazovaného a ohřivaného média se rozlišují typy tepelných čerpadel.

Typ čerpadla: (ochlazuje se/ ohřívá se)	Možnosti použití
vzduch/voda	univerzální typ, pro ústřední vytápění
vzduch/vzduch	doplňkový zdroj tepla, teplovzdušné vytápění, klimatizace
voda/voda	využití odpadního tepla, geotermální energie, ústřední vytápění
nemrznoucí kapalina/voda	univerzální typ pro ústřední vytápění, zdrojem tepla je nejčastěji vrt nebo půdní kolektor
voda/vzduch	teplovzdušné vytápěcí systémy

Tabulka 1: Nejčastější typy tepelných čerpadel.

### kompresorová tepelná čerpadla

Činnost tepelného čerpadla je založena na pochodech spojených se změnou skupenství v závislosti na tlaku pracovní látky (chladiivo). Ve výparníku odnímá chladivo za nízkého tlaku a teploty teplo ochlazované látky (zdroji nízkopotenciálního tepla). Dochází k varu a kapalné chladivo přiváděné do výparníku se



Obrázek 7: Princip tepelného čerpadla.

postupně mění v páru. Páry chladiva jsou z výparníku odsávány a stlačeny kompresorem na kondenzační tlak. V kondenzátoru předávají kondenzační teplo ohřívané látce a mění své skupenství na kapalné. Kapalné chladivo je po snížení tlaku přiváděno zpět do výparníku, kde doplňuje vypařené chladivo. Tím je oběh uzavřen.

Spotřeba pohonné energie pro uskutečnění popsaného děje závisí především na množství přečerpávaného tepla a rozdílu mezi teplotou **kondenzační** a **vypařovací**. Poměr tepelného výkonu k příkonu kompresoru (resp. energie dodané pro ohřev k energii spotřebované) se nazývá topný faktor  $\epsilon_T$ . Přibližný vztah pro výpočet topného faktoru KTČ:

$$\epsilon_T = k * \frac{T_k}{T_k - T_0}$$

kde:

$T_k$  je teplota kondenzační (topného systému) [K]

$T_0$  je teplota vypařovací (teplota zdroje) [K]

$k$  je korekční součinitel respektující skutečný oběh;  $k = (0,4 \div 0,6)$

Chladicí výkon 1 kW		Voda	Vzduch	Zemní teplo	Sluneční energie
Průtok zdroje výparníkem	kg/h	215-172	891-712	217-290	217-172
Teplotní rozdíl mezi vstupem a výstupem zdroje ve výparníku	K	4-5	4-5	3-4	4-5
Dovolená min. teplota vstup. zdroje do výparníku	°C	8-10	0-(-15)	-15	0-(-4)
Dovolená max. teplota vstup. zdroje do výparníku	°C	20 - 24	20-25	25	20-24

*Tabulka 2: Orientační hodnoty potřebné vydatnosti zdroje tepla a dovolené vstupní teploty teplotnosné látky do výparníku. (Zdroj: Geoterm s r.o.)*

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

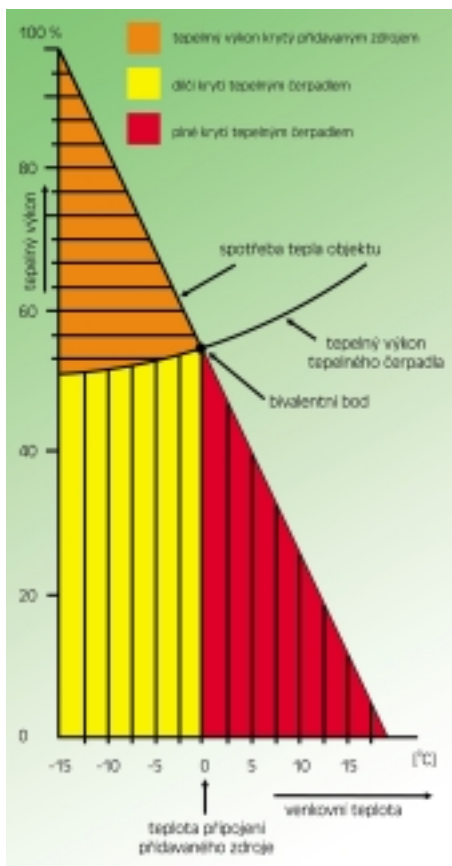
- **Teplota zdroje** nízkopotenciálního tepla má být **co nejvyšší**, nesmí však přesáhnout maximální teplotu povolenou výrobcem pro daný typ tepelného čerpadla. Jeho vydatnost musí být dostatečná a ochlazení teplotnosné látky ve výparníku přiměřené, aby teplota vypařovací nemusela být zbytečně nízká. Kromě snížení topného faktoru pak může dojít k ohrožení funkce, např. zamrznutím zdrojové vody.
- Používání tepelného čerpadla je výhodné v kombinaci s **nízkoteplotním vytápěcím systémem** (podlahové vytápění). Čím menší rozdíl hladin teplot musí tepelné čerpadlo překonávat, tím méně energie spotřebuje (maximální pracovní teplota na výstupu TČ je cca 55 °C).

Topný faktor během roku kolísá v závislosti na vstupní a výstupní teplotě tepelného čerpadla. **Průměrný roční topný faktor** je poměr **celoroční spotřeby energie** a **celoroční výroby tepla** a používá se pro vyhodnocení provozu. Běžně tepelná čerpadla dodají za ideálních podmínek třikrát až čtyřikrát více tepla než spotřebují elektriny.

## bivalentní provoz tepelného čerpadla

Spotřeba tepla na vytápění se během roku mění. Pokrytí celé spotřeby TČ je neekonomické (větší TČ a delší vrty výrazně zvyšují pořizovací náklady), proto se systém doplňuje dalším **špičkovým zdrojem** tepla, obvykle elektrokotlem. Tento zdroj slouží i jako záloha pro případ výpadku TČ.

Systém pak pracuje v tzv. **bivalentním provozu**, kdy po určitou dobu (např. v mrazových dnech) běží kromě TČ druhý zdroj tepla (elektrokotel). Instalovaný tepelný výkon tepelného čerpadla je v tomto provozu nižší než je maximální potřebný (obvykle 50 - 75 %). U správně navrženého systému špičkový zdroj dodává pouze 10 -15 % celkové spotřeby tepla.



Obrázek 8: Bivalentní chod tepelného čerpadla.



## výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování

TČ pro vytápění lze použít téměř všude, pro dimenzování je důležité znát spotřebu tepla a teplé užitkové vody a další podmínky:

- **Elektrická přípojka** musí umožnit připojení TČ (dostatečný příkon).
- Obvykle je výhodné provést **zateplení objektu** (pak stačí menší a levnější technologie).
- **Vzduchová TČ** není výhodné používat v drsných klimatických podmínkách, kde venkovní teploty klesají pod  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (horské oblasti). U tohoto typu je potřeba najít vhodné umístění vnější jednotky (hlučnost, omezení průtoku vzduchu, námrazy).
- V případě využití **hlubinných vrtů** je dobré znát předem geologické podmínky v podloží, aby nedošlo k jejich poškození ("zavření vrtu"). Provádění vrtů v 1. a v 2. ochranném pásmu lázní a minerálních vod je upravené zvláštními předpisy.
- Při využití **podzemní vody** je podmínkou dostatečná vydatnost zdroje vody.
- Při využití **povrchových vod** se platí poplatky správci toku, případně stočné.

TČ se nejčastěji používají na vytápění a klimatizaci budov. V kancelářských prostorách se často využívá možnosti reverzního chodu, kdy tepelné čerpadlo v létě ochlazuje vzduch v místnostech, zatímco v zimě topí.

V zemědělství tepelná čerpadla ohřívají teplou užitkovou vodu odpadním teplem z chlazení mléka. V průmyslových odvětvích se používají kombinace chlazení a přípravy užitkové vody.

Porovnáme-li emise vzniklé v důsledku spotřeby elektřiny pro pohon TČ s emisemi vzniklými při spalování tuhých paliv, pak od průměrného ročního topného faktoru 2,33 dochází ke snížení emisí (uvažujeme-li ztráty při výrobě a přenosu elektřiny 70 % a při spalování tuhých paliv 30 %).



Obrázek 9: Kotelna s 16 kW TČ. (Zdroj: Alterm s.r.o.)

## použitá a doporučená literatura

- [1] Dvořák, L., Klazar, J., Petrák, J.: Tepelná čerpadla. Praha, SNTL, 1987.
- [2] Kol. autorů: Katalog firem 2002 - 2003, obnovitelné zdroje energie. EkoWATT, Praha, 2002.
- [3] Kol. autorů: Obnovitelné zdroje energie. FCC Public, Praha, 1994, druhé upravené a doplněné vydání 2001.
- [4] Kol. autorů: Tepelná čerpadla, projektování a instalace. Stiebel Eltron, 1998.
- [5] Kol. autorů: Kombinované energetické systémy s využitím obnovitelných zdrojů energie. ČEA, Praha, 1997.

Vydal:

EkoWATT, středisko pro obnovitelné zdroje a úspory energie

Bubenská 6, 170 00 Praha 7

tel.: +420 266 710 247

fax: +420 266 710 248

e-mail: [ekowatt@ekowatt.cz](mailto:ekowatt@ekowatt.cz)

<http://www.ekowatt.cz>, [www.energetika.cz](http://www.energetika.cz)

Autoři textů: Jiří Beranovský, Karel Srdečný, Jan Truxa

Spolupráce: Radim Bařinka, František Hrdlička, Evžen Příbyl, Libor

Šamánek, Jiří Vašíček, Jaroslav Knápek

Grafický návrh: Irena a Saša Mandić

Realizace: Helvetica & Tempora, spol. s r. o., Pod Kaštany 8, Praha 6

© EkoWATT, 2002

Podrobnější informace lze získat také v celostátní síti Energetických informačních a konzultačních středisek České energetické agentury (EKIS ČEA), jejichž seznamy jsou uveřejněny např. na internetové adrese <http://www.ceacr.cz>.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a byla zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2002 - část A. Byla vydána díky laskavé podpoře České energetické agentury a Nadace Partnerství.

