

## Kapitola 7 Systémy tepelných čerpadel

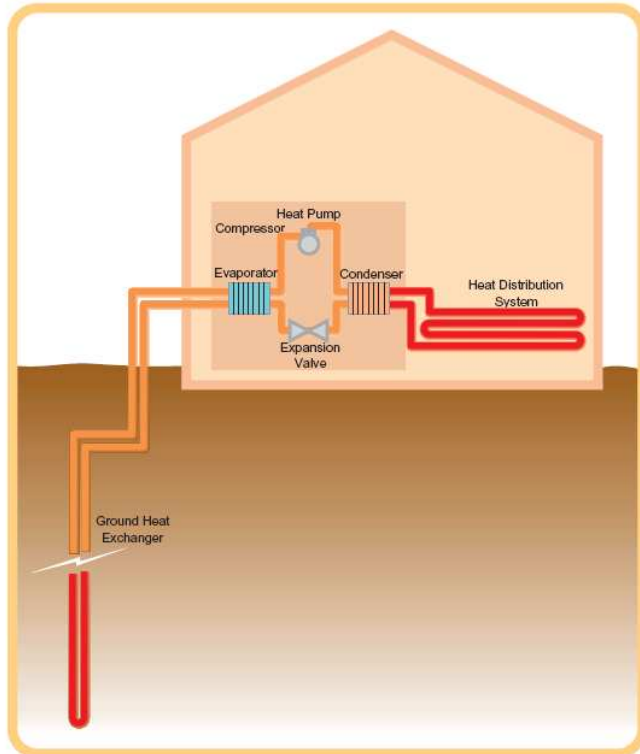
Během letních měsíců se Země zahřívá a dokáže ukládat tuto tepelnou energii na zimu, protože má špatnou tepelnou vodivost a vysokou tepelnou hmotu. Tepelné čerpadlo je systém, který je schopen tuto druhořadou tepelnou energii ze vzduchu, země a vody odnímat a koncentrovat ji, a používat pro vytápění prostoru a ohřívání vody. Energie se vyžaduje pouze pro koncentrování tohoto tepla, takže dokáže poskytovat až čtyřnásobek energie na vstupu.

Tepelná čerpadla (navzdory svému názvu) dokáží také zajišťovat chlazení prostoru během letního období. V tomto procesu je kvalitní teplo odnímáno z budovy a převáděno na druhořadé teplo, které lze rozptýlit do země nebo atmosféry. Tak jediný systém dokáže produkovat energii pro vytápění, chlazení a ohřívání teplé vody.

První systém tepelného čerpadla byl instalován v roce 1862 – k odnímání tepla z rakouského jezera, a dnes tato technologie dozrála, i když přesto zbývá dostatek prostoru pro další zvyšování účinnosti novými konstrukčními řešeními součástí systému.

Tepelné čerpadlo je tvořeno dvěma výměníky tepla, které se nazývají výparník a kondenzátor, dále kompresorem, expanzním ventilem a chladivem, které systémem obíhá poháněno čerpadlem. Poslední součástí systému je sběrací část, kolektor, který odnímá druhořadé teplo ze zdroje a rozváděcí systém, který toto teplo rozvádí a ukládá ve formě kvalitního tepla s vysokým obsahem energie (obrázek 7.1). Úloha každé součásti je vysvětlena dále.

**Obrázek 7,1: Součásti systému tepelného čerpadla se zemním zdrojem**



### 7.1 Kolektor

Konstrukce sběracího systému, kolektoru, bude záviset na povaze zdroje. Během léta se vzduch, země a voda v jezerech a řekách zahřívá; toto teplo je uchováváno a ukládáno. Když se pak okolní teplota v zimě snižuje, je toto uložené teplo postupně uvolňováno.

- Vzduchem, pomocí proudění (konvekce)
- Vodou, pomocí vedení

- Zemí, pomocí vedení a pak sáláním z povrchu Země se ochlazuje nejpomaleji v hloubce jednoho metru a více pod povrchem. To je v kontrastu s teplotou vzduchu, která může klesnout pod bod mrazu během jasné noci v nejstudenějších zimních měsících mnohem rychleji.

Délka potrubí kolektoru bude záviset na tepelné kapacitě systému, okolní teplotě zdroje a rychlosti přenosu tepla do kapaliny kolektoru. Trubku lze instalovat buď vodorovně nebo svisle, v závislosti na tom, kolik je dostupného prostoru.

Protože teplo je odnímáno během zimních měsíců, zdroj tepla se bude ochlazovat a povrch země může dokonce zmrznout. Avšak během letního období Slunce tento zdroj energie *obnoví* jeho opětovným zahřátím, takže je tento zdroj tepla *obnovitelný*.

Pokud je zdrojem okolní vzduch, může být profukován přímo jednou stranou tepelného výměníku výparníku; pokud je zdrojem země, může být teplo přenášeno na kapalinu uvnitř trubky kolektoru – tato kapalina může být buď solanka (směs vody a soli) nebo samotné chladivo; pokud je zdrojem voda z řeky, jezera nebo moře, může obíhat samotnou trubku kolektoru nebo se její teplo přenáší na pracovní kapalinu uvnitř trubky kolektoru.

### Aktivita 7,1: Teploty země a vzduchu

#### Aktivita 7,1: Teploty země a vzduchu

Obnovitelné zdroje energie využívají teplot ze Slunce. V této aktivitě porovnááme rozdíl mezi přímým a nepřímým získáním tepla ze Slunce.

#### Úkoly

Identifikujte 4 vhodná místa:

- Místo, kde je slunce celý den
- Stín mimo vaši učebnu
- Malý otvor asi 0,3 metru hluboký, v zemi - vložte malou trubku s izolační krytkou do země.
- Kbelík s vodou

Teploměrem změřte teplotu v každém místě ve tři různé časy během dne a výsledky si zaznamenejte na pracovní list.

Vysvětlete rozdíly mezi různě odečtenými teplotami.

Které zdroje tepla (země, vzduch nebo voda) jsou nejvhodnějším tepelným zdrojem v zimě, s ohledem na jejich schopnost teplo koncentrovat a následně ho poskytovat, a proč?

Který zdroj bude nejvhodnější pro domácnost každého člena skupiny?

#### Poznámky pro učitele:

**Podklady:** Tato aktivita je zaměřena na studium rozdílů tepla u různých obnovitelných zdrojů energie.

#### Cílem aktivity je:

- Identifikujte tepelné vlastnosti vzduchu, země a vody, když jsou zahřáté Sluncem.
- Porozumět výhodám a nevýhodám každého zdroje tepla, když je použit jako úložiště tepla pro tepelné čerpadlo.
- Porovnání možností pro různé typy domácností.

**Materiál:** Trubka 30 cm s izolační krytkou; lopatka, kbelík, teploměr nebo termočlánek s přímým odečtem

**Klíčová slova:** Zdroje zahřívání Sluncem, teplotní rozdíly, horká voda, prostorové topení, typ obydlí, potenciální příspěvek k vytápění domácnosti

**Znalosti:** Práce ve skupinách, pozorování, diskuse, interpretace a analýza,

**Předměty státní osnovy:** Přírodní vědy

**Věkový rozsah:** 8-11, klíčový stupeň 2-3

## 7.2 Přenos tepla na chladicí kapalinu

*Chladicí kapalina*, chladivo, je látka, která se při pokojové teplotě vyskytuje v plynné formě a zkapalňuje se při teplotách pod nulou, například při -5 až -10 °C.

Teplu shromážděné ze zdroje je přeneseno na chladivo v zařízení, kterému se říká *výparník* (výměník tepla), který je ve své nejjednodušší formě tvořen sadou rovnoběžných desek. Vzduch vedený kanály nebo čerpaná kapalina kolektoru prochází skrze sadu těchto desek, přičemž chladivo, obecně ve formě plynu, prochází souborem sousedních desek. Protože teplo vždy přechází z teplejšího média na studenější, je teplo přenášeno ze zdroje do chladiva, které má nižší teplotu.

V případě tepelných čerpadel, které rovněž dokáží zajišťovat chlazení, bude teplo proudit ve výměníku opačným směrem, bude tedy procházet z chladicí kapaliny na zdroj.

### Aktivita 7,2: Přenos tepla

#### Aktivita 7,2: Přenos tepla

Schopnost země, vzduchu a vody přijímat a vyzařovat teplo je velmi odlišná a je dána schopností přenášet teplo ze zdroje (např. Slunce), který teplo vyzařuje, na příjemce, jenž je schopen ho absorbovat.

Tento proces je obratitelný v tom, že v zimě se příjemce stává zdrojem, jehož druhořadé teplo může být tepelným čerpadlem koncentrováno.

V této aktivitě porovnáme rozdíly mezi schopností příjemců pohlcovat a vyzařovat teplo.

#### Úkoly

Vytvořte odkládací schránku tak, aby vyhřívací lampa svítila skrze průhledné strany schránky a na teploměr umístěný ve středu schránky a asi do poloviny její výšky.

- Zapněte lampu a poznamenejte si vzestup teploty po dobu asi 5 minut, pak lampu vypněte a poznamenejte si pokles teploty.
- Naplňte schránku vodou a poznamenejte si teplotu; totéž pak opakujte pro vzduch.
- Naplňte krabici zeminou a opakujte postup.

Jaké vlastnosti vzduchu, vody nebo země podle vás ovlivňují jejich schopnost přijímat a odnímat teplo?

Analyzujte pozorování s ohledem na tyto vlastnosti.

Jaký zdroj tepla by byl podle vás nevhodnější během zimy a proč?

#### Poznámky pro učitele:

**Podklady:** Tato aktivita podporuje studium schopností zdrojů energie přenášet druhořadé teplo pro použití v tepelném čerpadle.

#### Cílem aktivity je:

- Identifikujte tepelné vlastnosti vzduchu, země a vody, když jsou zahřáté sluncem.
- Porozumět výhodám a nevýhodám každého zdroje tepla, když je použit jako úložiště tepla pro tepelné čerpadlo.

**Materiál:** Infračervená lampa, teploměr nebo termočlánek, schránka (asi 300 mm dlouhá) s průhlednými stranami vzdálenými asi 150 cm, zemina a voda v množství pro naplnění schránky

**Klíčová slova:** Zdroje zahřívání sluncem, přenos tepla mezi látkami, horká voda, prostorové topení, typ obydlí, potenciální příspěvek k vytápění domácnosti

**Znalosti:** Práce ve skupinách, pozorování, diskuse, interpretace a analýza,

**Předměty státní osnovy:** Přírodní vědy

**Věkový rozsah:** 8-11, klíčový stupeň 2-3

## 7.3 Zvyšování kvality tepla

Po opuštění výparníku se chladivo stlačuje v *kompresoru* a převádí se na kapalinu. Při stlačování se zvyšuje jeho teplota, protože teplota kapaliny se zvyšuje s rostoucím tlakem.

Chladivo pak prochází kondenzátorem (výměník tepla), ve kterém se kvalitní teplo s vysokým obsahem energie z chladiva přenáší na topné médium *rozváděcího systému*. Pokud se v tomto případě jedná o vzduch, může obíhat přímo obydlím pomocí rozváděcích kanálů. Pokud se jedná o vodu, pak se horká voda běžným způsobem rozvádí radiátory, aby se zajistilo vytápění prostoru, nebo se ukládá do nádrže pro zásobování horkou vodou.

Po opuštění kondenzátoru prochází ochlazené chladivo *expanzním ventilem*, který vrací chladivo do plynné formy před vstupem do výparníku; poté se cyklus spustí znovu.

#### 7.4 Chlazení prostoru

Proces funkce tepelného čerpadla lze obrátit tak, aby teplo bylo odnímáno z místností a rozptýleno se ve formě druhořadého tepla do prostředí. Horký vzduch (nebo voda) je nasáván z pokoje a prochází do kondenzátoru, kde předává toto teplo chladivu ve formě plynu. Plyn je pak stlačen kompresorem na vysoký tlak, zkapalní se a předá své teplo ve výparníku kapalině kolektoru nebo okolnímu vzduchu. Kapalina kolektoru pak přenáší teplo zpět do země nebo vody, které mají nižší teplotu.

Chladnička pracuje na stejném principu, jako tepelné čerpadlo. Do chladničky se umístí potraviny nebo nápoje a druhořadé teplo, které obsahují (obvykle jsou teplejší než prostředí v chladničce), se přenese na chladivo v zařízení. Chladivo je pak stlačeno kompresorem a rozpíná se (expanduje) a zvyšuje tak teplo; toto kvalitní teplo s vysokým obsahem energie je pak odvedeno ven na zadní straně chladničky. Proto vnitřek chladničky zůstává studený a zadní strana chladničky je vždy horká.

V případě zemního zdroje tepelného čerpadla existuje možnost „volného“ chlazení během léta bez nutnosti spouštění kompresoru. V tomto případě teplo odnímané z pokoje prochází kondenzátorem a přes chladivo do výparníku tak, že toto teplo lze přenášet do okolního prostoru trubkami kolektoru (ze kterých bylo teplo odejmuto během zimních měsíců) a tak zajišťují chlazení prostoru.

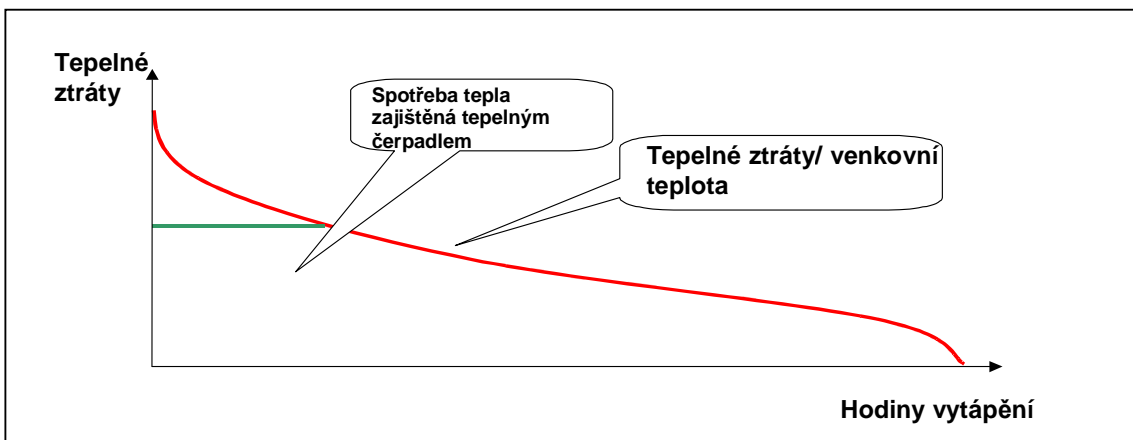
#### 7.5 Instalace v domácnosti

Systémy tepelných čerpadel mohou snadno nahradit kotle na fosilní paliva, například lehký topný olej či uhlí nebo elektrické kotle. Pokud je teplo rozváděno radiátory, pak může být horká voda na výstupu přiváděna přímo do systému těchto radiátorů.

Jak je obvyklé u všech energeticky účinných produktů, tepelná čerpadla se vyznačují počátečními náklady, které jsou přímo úměrné tepelnému výkonu systému. Proto je velmi důležité *dimenzovat* výkon tepelného čerpadla podle *tepelných ztrát* obydlí. Pokud je obydlí více než 20 let staré, pak je vždy výhodné přidat do budovy další konstrukci a snížit tak tepelné ztráty (viz kapitola 4). Tepelné čerpadlo se pak dimenzuje na sníženou tepelnou ztrátu. Protože teplota horké vody bude nižší než v případě kotlů na fosilní paliva, je důležité zlepšit izolaci obydlí, aby bylo možné ponechat radiátory stejných rozměrů.

Pravidlem je dimenzovat tepelné čerpadlo tak, aby produkovalo asi 90 % vyžadovaného tepelného výkonu a pro skutečně chladné měsíce používat dodatečné elektrické radiátory nebo krb (obrázek 7.2).

Obrázek 7,2: Dimenzování systému tepelného čerpadla



Pro typické zemní podmínky a typický rodinný dům může být délka potrubí kolektoru tepelného čerpadla v rozmezí od 30 m pro 3 kW výstupního tepla až po 100 m pro 10 kW. Trubka kolektoru může být buď položena do vodorovného výkopu nebo uložena svisle do speciálně zhotoveného vrtu (obrázek 7.3). Zhotovení vrtu vyžaduje přístup pro vrtnou soupravu, zatímco umístění do vodorovného příkopu vyžaduje pouze přístup na zahradu nebo do jiného otevřeného prostoru.

Vodorovný příkop musí mít dostatečnou hloubku, aby teplota země nebyla v žádném případě ovlivňována teplotou vzduchu. Ve střední Evropě postačuje hloubka 0,9 m, zatímco v Evropě severní se vyžaduje 1,2 m nebo dokonce 1,5 m.

Pro tepelná čerpadla se vzduchovým zdrojem je ventilátor umístěn v kompaktním zařízení u venkovní zdi. Pro tepelná čerpadla se zemním nebo vodním zdrojem tepla lze toto zařízení rovněž namontovat na venkovní zeď.

V případě nových obydlí, která mají vysokou úroveň izolace, budou tepelná čerpadla velmi pravděpodobně vysoce nákladově efektivní již od počátku, protože tepelné ztráty těchto obydlí jsou relativně nízké.

## 7.6 Účinnost systému

Tepelná čerpadla mají vysokou účinnost, protože druhořadé teplo koncentrují namísto jeho výroby, jak je tomu v případě jiných zdrojů. Poměr tepla vydaného vzhledem ke spotřebované elektrické energii, se nazývá *součinitel výkonu* a může se pohybovat v rozsahu od 3,0 do 5,0 v závislosti na následujících faktorech:

- Typ tepelného čerpadla
- Rozdíl teplot mezi zdrojem tepla a požadovanou výstupní teplotou (*teplotní rozdíl*)

V protikladu k tomu mají kotle na fosilní paliva účinnost pohybující se v rozsahu od 0,8 do 0,9.

Zemní a vodní zdroje mají během zimy v hloubce jednoho a více metrů teplotu mezi 5 a 7 °C, takže účinnost může být zachována i ve studeném počasí. Okolní teplota vzduchu se však během dne a roku mění a může se v zimní dny pohybovat hluboko pod bodem mrazu – takže tepelný rozdíl bude mnohem vyšší a účinnost se sníží.

Nejvyšší účinnosti se dosahuje u nízkoteplotních rozváděcích zdrojů, například u teplovzdušného topení nebo podpodlažního topení (25 – 35 °C). Nižší účinnosti dosahují radiátorové systémy, protože voda má vyšší teplotu (45 – 55 °C).

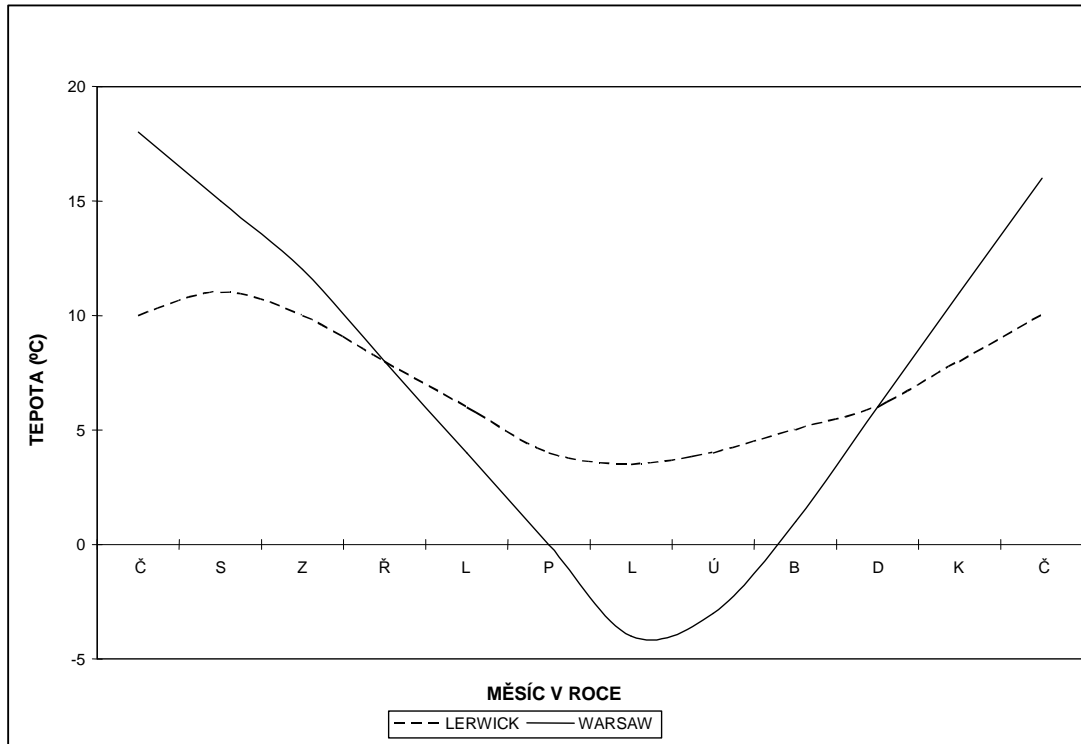
## 7.7 Vliv klimatu

Objem obnovitelného tepla, které může být dodáno pro danou velikost tepelného čerpadla, závisí na zeměpisném umístění obydlí a také na tepelných ztrátách (obrázek 7.4).

**Obrázek 7,4: Střední měsíční teploty v přímořském klimatu (Lerwick, Velká Británie) a v kontinentálním klimatu (Varšava, Polsko)**

Objem tepla, které se vyžaduje, může být získán z tabulek teplot topných dní, které jsou každý měsíc zveřejňovány. Ty nejenom poskytnou zdroj hodnot střední měsíční teploty (podle obrázku 7.4), ale rovněž ukazují denní průměrné teploty pod 15,5 °C. Tyto teplotní rozdíly se pak sečtou pro každý topný den za celý měsíc a získají se tak měsíční součtové hodnoty (viz aktivita 7.3).

Pokud jsou pak tepelné ztráty budovy známy, vypočteny nebo odhadnuty, lze vypočítat roční požadavek na dodaný tepelný výkon.



**Aktivita 7,3: Dosažení objemu potřebného tepla****Aktivita 7,3: Dosažení objemu potřebného tepla**

Na rozdíl od kotlů na fosilní paliva, které jsou obvykle předimenzovány, jsou tepelná čerpadla dimenzována podle vypočtených tepelných ztrát a účinnosti systému. Vyžaduje to výpočet spotřeby tepla v souladu s izolací budovy a klimatickými podmínkami.

V jakémkoliv domě existuje vždy zisk slunečního tepla a také vnitřní zisk tepla v důsledku odpadního tepla, které vydává chladnička, žárovky, vaření a osoby. Proto se vytápění vyžaduje pouze v případě, že venkovní teplota poklesne pod 15,5 °C, což je teplota použitá pro dny topné sezóny. Topné dny jsou definovány rozdílem mezi denní teplotou a teplotou 15,5 °C a jsou dostupné z mnoha zdrojů; používají se k výpočtu spotřeby tepla.

**Úkoly**

- Z pracovního listu zanešte do grafu měsíční teploty a stupně pro vaši oblast.
- Nakreslete čáru pro teplotu 15,5 °C a podle ní vypočtete délku topné sezóny, což je čas, po který se topení v roce vyžaduje.
- Stanovte stáří domu pro každého člena vaší skupiny.
- Pomocí tabulky v pracovním listě a vzorce vypočtete teplenou spotřebu.
- Vypočtete objem elektrické energie vyžadované k výrobě tohoto tepla z tepelného čerpadla.
- Porovnejte výsledky se spotřebou energie z vašeho účtu.
- Projednejte zjištění s ostatními ve skupině.

**Poznámky pro učitele:**

**Podklady:** Tato metoda umožňuje vypočítat objem tepla vyžadovaného pro průměrnou budovu jako funkci stáří. Předpokládá se, že izolace odpovídá době, kdy byla budova postavena, ale pokud byla poté zlepšena, sníží se spotřeba tepla. Srovnání se stávajícími účty za teplo může vést k zajímavým závěrům o přispění obnovitelných zdrojů energie ke snížení dopadu vytápění na životní prostředí.

**Cíl činnosti:** Vyhledat vztah klimatických podmínek s tepelnými ztrátami a s úrovní izolace budov.

**Materiál:** Data s měsíčními průměrnými teplotami a topnými dny, papír a tužka nebo počítač.

**Klíčová slova:** Teplo, komfort, okolní teploty, tepelná setrvačnost.

**Znalosti:** Získání lokálních dat, vynesení měsíčních dat do grafu, analýza grafu.

**Předměty státní osnovy:**

**Věkový rozsah:** 11-15. Klíčový stupeň 3-4

**Pracovní list 7,3**

Typická data pro vaši oblast jsou uvedena níže

	Měsíční teplota (°C)												Prům. Rok
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Průměrná měsíční teplota vzduchu													
Topné dny													

- Vyneste data pro vaši oblast do grafu
- Z vodorovné čáry na 15,5 °C stanovte délku topné sezóny

Typická data vyznačující úroveň izolace budovy ve Velké Británii jsou uvedena níže

Rok výstavby	Před 1945	1960	1970	1980	1990	2000
Tepelná ztráta (W/C)	700	600	470	390	310	240

- Zaneste tato data do grafu
- Podle stáří každé budovy ve vaší skupině stanovte tepelné ztráty
- Vypočítejte spotřebu tepla pomocí následujícího vzorce
- Spotřeba tepla = tepelné ztráty x topné dny x 24 (kWh)
- Zjistěte objem energie spotřebované v současnosti pro vytápění, podle účtu za topnou energii
- Vyplňte tabulku níže

Jméno	Datum výstavby domu	Spotřeba tepla (kWh)	Energie z účtu za topení (kWh)
Honza	1960	12.000	25.000

## 7.8 Výhody a nevýhody

Výhody tepelných čerpadel jsou následující:

- Elektrická energie a druhořadé teplo jsou k dispozici z mnoha zdrojů
- Systémy jsou k dispozici v různých velikostech, od zařízení k vytápění jedné místnosti po vytápění jednoho nebo několika obydlí
- Některé systémy mohou pracovat v obráceném cyklu, který umí jak chladit, tak i vytápět
- Elektrická energie pro provoz tepelného čerpadla může pocházet z obnovitelných zdrojů
- Nyní se začínají používat přírodní chladiva, které mají nulový nebo velmi nízký dopad na životní prostředí
- Systém má vysokou celkovou účinnost a proto nízké provozní náklady

Nevýhody jsou následující:

- Prostor, pokud je použit zemní kolektor
- Pokles účinnosti se snižující se teplotou vzduchu u systémů, kde je vzduch zdrojem tepla
- Vyšší počáteční náklady
- Chladivo je nutné na konci životnosti systému recyklovat



**Aktivita 7,4: Získání rad****Aktivita 7,4: Získání rad**

Není snadné získat rady ohledně systémů tepelných čerpadel v zemi, jako je Velká Británie, kde jejich potenciál ještě nebyl objeven. Nicméně existuje několik zdrojů informací, které by vás nemusely napadnout.

**Úkoly**

- 1 Zvažte, kde byste hledali radu ohledně systémů tepelných čerpadel ve vaší domácnosti.
- 2 Vyplňte pracovní list 7,4, kde uvedete zdroje informací a rady, které byste využili (ano/ne) a které upřednostňujete (Pr.).

**Poznámky pro učitele:**

**Podklady:** Informace o dostupných systémech tepelných čerpadel pro domácnost. Tato aktivita nabízí příležitost pro identifikaci preferencí studentů při získávání informací a rad.

**Cílem aktivity je:** 1) ilustrovat několik potenciálních zdrojů rad pro studenty; a 2) informovat učitele ohledně upřednostňovaných zdrojů informací ze strany studentů.

**Materiál:** Internet, telefonní seznam.

**Klíčová slova:** Rady o energiích, poskytovatelé informací.

**Znalosti:** Vyhledávání informací, kladení správných otázek.

**Předměty státní osnovy:**

**Věkový rozsah:** Klíčové stupně:

**Pracovní list 7,4**

	Pr	A	N		Pr	A	N
Asociace spotřebitelů				Rodiče			
Poradenská střediska využití energie				Telefonní poradenská střediska			
Den/týden energie				Instalatéři			
Místní výstava/veletrh energií				Veřejná knihovna			
Seminář/kurz energií				Příbuzní			
Přátelé				Školní knihovna			
Montážní technici				Skupina ve škole			
Internet				Učitelé			
Časopisy				Vědecké/technické museum			
Výrobci				Prodejny			
Sousedé				TV programy			
NGO				Rozvodné společnosti			

Další zdroje rad, které byste rádi využili:

**7.10 Závěry**

Externí energie (elektrická energie) se používá pouze ke koncentrování tepla do užitečné formy, skutečné teplo ze země, vzduchu či vody je volně dostupné. Proto jsou systémy tepelných čerpadel vysoce účinné; obvykle poskytují 100 % potřebného tepla pro domácnost, přičemž na vstupu mohou tepelná čerpadla vyžadovat pouze 25 % až 30 % výstupní energie.

Při trvale se zvyšujících účtech za energii na vytápění (růst cen fosilních paliv) se tepelná čerpadla stávají atraktivní možností. Nejenom, že využívají obnovitelné zdroje energie, ale také snižují ekologické dopady vytápění.

Protože systémy tepelných čerpadel mohou rovněž zajišťovat ochlazování, je možné zajistit regulaci klimatu v létě i v zimě. U většiny budov ve Velké Británii není chlazení nutné. Tam, kde by to bylo nutné, mohou technologie pasivního využití solární energie být schopné omezit tepelný zisk bez potřeby aktivního systému.