přehled systémů

# vytápění

energie a paliva pro vytápění,
vliv na životní prostředí
a principy vytápěcích soustav

1

Publikace je určena pro poradenskou činnost
a je zpracována v rámci Státního programu na podporu
úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
pro rok 2006 – část A.

Autor: Ing. Vladimír Valenta
Počítačová sazba, redakční zpracování a grafika:
Agentura ČSTZ, s.r.o.

Vydala: Agentura ČSTZ, s.r.o.

© Agentura ČSTZ, s.r.o.

# VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY

## 1 Zdroje tepla pro vytápění

Tradičními zdroji tepla pro vytápění jsou kotle, ve kterých se spalují převážně fosilní paliva, čímž se vytváří teplo, předávané do teplonosné látky, kterou je převážně voda. Spalují se jednak pevná paliva, uhlí a dřevo, které je obnovitelné, jednak plynná paliva tj. přírodní zemní plyn a umělý propan butan. Mezi tradiční zdroje tepla patří i kotle na elektrickou energii. V těchto kotlích se neděje spalování paliva, ale pouze přeměna umělé elektrické energie přímo v teplo. Dalšími zdroji tepla pro vytápění, které ale využívají obnovitelnou energii, jsou tepelná čerpadla a solární energie. O těchto zdrojích bude pojednáno v samostatné části.

### 1.1 Kotle na spalování dřeva

Moderní kotle pro spalování dřeva jsou nejčastěji konstruovány pro princip generátorového zplynování dřeva. Používá se odtahový ventilátor, který odsává spaliny z kotle do komína. Kotel je svařen z ocelového plechu. Součástí kotle je násypka paliva, zakončená dole keramickou tvarovkou se štěrbinou pro průchod spalin. Podobně je tvořen prostor pro dohořívání umístěný pod ní. Potom následuje stoupavý spalinový kanál s odtahovým hrdlem pro připojení na komín. K výhodám zplynovacích kotlů patří možnost spalovat velké kusové dřevo. Předehříváním spalovacího vzduchu lze dosahovat vyšší účinnost. Kotel se snadno obsluhuje a čistí. Vzhledem k velkému prostoru lze popel vybírat pouze jednou týdně. Výkony těchto kotlů jsou až 100 kW, účinnosti 81 – 87 %. Regulace výkonu je prováděna vzduchovou klapkou ovládanou regulátorem tahu. Kotle jsou také vybaveny spalinovým termostatem, který vypíná odtahový ventilátor po dohoření paliva.

#### Zásobníky tepla

Pokud u kotlů na dřevo nelze regulovat tepelný výkon nebo je nesoulad mezi dobami a výkony výroby a odběru tepla, je nutné mezi kotel a otopná tělesa umístit zásobník tepla, což je nádoba o orientačním objemu 1 $m^3$. Tímto řešením

se také dosáhne vyšší účinnost výroby tepla, neboť kotel může pracovat v optimálních podmínkách.

## 1.2 Kotle na spalování peletek

Na našem trhu jsou teplovodní kotle na peletky, které mají výkony 15 až 40 kW. Účinnost těchto kotlů je 87 %. Na ocelových kotlích je z boku zabudován hořák, do kterého jsou šnekovým dopravníkem dodávány peletky ze zásobníku. Zásobník paliva je může být umístěn vedle kotle nebo ve vedlejší místnosti. Běžně má objem 0,25 nebo 0,50 $m^3$, ale objem může být i větší. Peletky musí být uskladněny v suchém prostoru, jednak aby nezvlhly, jednak aby se nerozhasily. Peletky jsou v zatím dodávány v igelitových pytlích nejčastěji po 15, 20 nebo 25 kg.

Výkon kotle a další funkce jsou automaticky řízeny elektronickou regulací, která přizpůsobuje chod kotle požadované dodávce tepla. Kotle jsou z hlediska komfortu obsluhy a užitných vlastností srovnatelné s kotli na plynná a kapalná paliva. Jejich hlavní předností je, že spalují obnovitelné palivo a proto jsou perspektivní.

## 1.3 Kotle na spalování plynu

**Standardní kotel** je navržen pro provoz se suchými spalinami. Protože je vyroben z ocelového plechu, musí být nejnižší dovolená teplota vstupní vody do kotle vyšší než 60 °C. Při napojení na vytápěcí soustavu musí být za kotlem osazeno zařízení pro zajišťování dostatečně vysoké teploty vstupní vody (zpátečky), aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalinách a následně k nízkoteplotní korozi teplosměnné plochy v místě zaústění vstupu vody do kotle. Průměrná účinnost kotle bývá 91 %.

**Nízkoteplotní kotel** je navržen pro provoz se suchými spalinami. Může pracovat i s teplotami vstupní vody do kotle 35 až 40 °C. Za určitých podmínek může v kotli docházet ke kondenzaci, proto musí být teplosměnná plocha provedena z materiálu odolnějšího proti korozi. Většinou se jedná o litinové článkové kotle. Napojení na vytápěcí soustavu může být přímé bez směšovacích armatur s přímým řízením

výkonu kotle podle vnější teploty. Průměrná účinnost kotle bývá 93 %.

**Kondenzační kotel** je navržen záměrně pro kondenzační provoz, takže přímo v kotli má docházet ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalinách. Protože vzniklý kondenzát je slabě kyselý, musí části kotle stýkající se s kondenzátem i komín provedeny z materiálu odolného proti korozi. Kondenzát z kotle musí být trvale odváděn. Využitím kondenzačního tepla se snižuje spotřeba plynu. Průměrná účinnost kotle bývá podle okamžitého provozního stavu 96 až 104 %.

### O kondenzaci vlhkosti ze spalin

Pokud se spaliny zemního plynu ochlazují v kotli pod teplotu rosného bodu (58 °C), začne z vodní páry obsažené ve spalinách kondenzovat voda, kondenzát. Na jeho teplosměnných plochách se uvolňuje se teplo, obsažené ve spalinách ve formě tepla kondenzačního. Toto teplo se převádí oběhovou vodou do vytápěcí soustavy, čímž se zvyšuje využití energetického obsahu zemního plynu. Následně se sníží spotřeba plynu. Plyn vstupuje do kotle s plným energetickým obsahem daným spalným teplem, které je o 11 % vyšší než jeho výhřevnost.

## 2. Paliva a energie pro vytápění

### 2.1 O zdrojích energií

Země je součástí planetární soustavy, jejímž středem je Slunce. Slunce je trvalým zdrojem veškeré energie pro naší planetu. Ze Slunce můžeme využívat energii dodávanou v současnosti i energii dodanou v minulosti. Nyní přichází ze Slunce sluneční záření, které následně vytváří energii vodních toků, energií větru a teplo vzduchu, země a vod. Také ukládá energii do rostlin a do dřevin. V současnosti jsou tyto energie z ohledem na původ obnovitelné energie. Energie dodaná Sluncem v minulosti vytvořila fosilní paliva (viz dále), která jsou dnes neobnovitelná. Uvedené energie považujeme za prvotní.

## 2.2 O palivech a energiích pro vytápění

Pro vytápění můžeme využívat většinu uvedených prvotních energií. Patří k nim i přímé využívání slunečního záření pomocí tepelných a fotovoltaických kolektorů (sběračů). Můžeme také využívat i druhotné zdroje energie. Těmito zdroji je odpadní teplo z technologických procesů a bioplyn ze skládek tuhých komunálních odpadů a ze zemědělství.

Nejdůležitější vlastností paliv je jejich výhřevnost, což je množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením 1 kg (1 $m^3$) paliva o teplotě 20 °C při ochlazení spalin na referenční teplotu 20 °C, přičemž vzniklá voda zůstane ve formě páry. Další důležitou vlastností paliv je spalné teplo, což je celkové chemicky vázané teplo v palivu včetně kondenzačního tepla vodní páry ve spalinách z paliva. Je to množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením 1 kg (1 $m^3$) paliva o teplotě 20 °C při ochlazení spalin na referenční teplotu 20 °C, přičemž vlhkost ze spalin zkondenzuje a zůstane ve formě vody. Obě veličiny se udávají v jednotkách MJ/kg, MJ/$m^3$, kWh/kg nebo kWh/$m^3$.

## 2.3 O fosilních palivech

Pro vytápění se používají nejčastěji fosilní paliva. Za fosilní paliva považujeme všechny látky pevné (uhlí), kapalné (ropa) nebo plynné (zemní plyn), které vznikly v prehistorické době třetihor z biomasy, a které při slučování s kyslíkem uvolňují tepelnou energii. Fosilní paliva z přírody jsou základem pro výrobu paliv umělých, tzn. koksu, topného oleje nebo zkapalněných plynů. Každé palivo se skládá z hořlaviny a z přítěže. Hořlavinu paliva tvoří ta jeho část, jejímž okysličováním se uvolňuje chemicky vázané teplo v palivu. Skládá se z uhlíku (C), vodíku (H) a síry (S), tzv. aktivních látek, jejichž spalováním vzniká teplo a z pasivních látek, tj. kyslíku (O) a dusíku (N), které teplo nedodávají. Přítěží, neboli balastem, jsou u paliv pevných a kapalných popeloviny a voda, u plynných paliv obsah vodní páry a nehořlavých plynů.

Zvláštní formou umělé energie je energie elektrická, která se produkuje v tepelných, vodních, větrných a jaderných elektrárnách a také ve fotovoltaických kolektorech i v malých kogeneračních zařízeních a v palivových článcích. Elektrická energie se také používá k vytápění.

## Pevná paliva

Pevná paliva (tab. 1) jsou původem z organické hmoty a liší se navzájem délkou a podmínkami prouhelnění organické hmoty za určitých tlaků a teplota. Podle doby vzniku (stáří) se pevná paliva rozdělují do skupin:

- dřevo (je současné, proto ho neřadíme do fosilních paliv, ale do obnovitelných zdrojů energie),
- rašelina (cca 10 tisíc roků),
- hnědé uhlí (cca 1 milion roků),
- černé uhlí (cca 3 miliony roků),
- antracity (cca 5 milionů roků).

## Plynná paliva

Plynná paliva (tab. 2) jsou směsí několika hořlavých plynů; vodíku $H_2$, metanu $CH_4$ a dalších uhlovodíků, případně oxidu uhelnatého CO. Dále inertních plynů; oxidu uhličitého $CO_2$, dusíku N a případně vodní páry. Topné plyny rozdělujeme dle jejich původu na přírodní plyny (zemní plyn), na průmyslové plyny (z klasické hutní výroby železa), na bioplyn z čistíren odpadních vod a ze skládek a na kapalné plyny z rafinace ropy (propan a butan). Plynná paliva pro vytápění mají velice výhodné transportní a spalovací vlastnosti a vyznačují se nízkou měrnou emisí znečišťujících látek (NO, CO, SO, pevné částice). Také mají nejnižší měrnou emisi skleníkového plynu CO ze všech fosilních paliv. Dále umožňují společnou výrobu elektrické energie a tepla (kogeneraci) v malých lokálních jednotkách již od elektrického výkonu 10 kW a také umožňují přeměnu chemicky vázané energie na elektřinu s uvolňováním tepla v palivových článcích.

## Spalování fosilních paliv

Spalování paliv je fyzikálně-chemický pochod, při kterém probíhá řízená příprava hořlavé směsi paliva a okysličovadla a jejich slučováním (hořením) za intenzivního uvolňování tepla, což způsobuje prudké stoupnutí teploty směsi a vzniklých spalin, což je produkt spalování. Hoření začíná působením vnějšího tepelného impulzu. Spalování může být ukončeno vyčerpáním paliva nebo okysličovadla,

případně když intenzivním odvodem tepla teplota hořlavé směsi klesne pod zápalnou teplotu. V této části se budeme se zabývat převážně dvěma palivy pro vytápění malých objektů; dřevem a peletkami.

## 2.4 O obnovitelném palivu – dřevu

### Jednotky pro množství dřeva

Množství dřeva se může vyjádřit buď v jednotkách objemu nebo hmotnosti. Z hlediska přesněji vyjádřeného energetického obsahu je vhodnější používat objem než hmotnost, protože hmotnost může být kladně ovlivněna obsahem vody, zatímco obsah energie se v objemových jednotkách mění málo. Následující objemy dřeva jsou potřebné pro určení velikosti skladů. Používají se jednotky:

- pevný $m^3$ ($pm^3$), udává skutečný objem paliva bez vzduchových mezer,
- rovnaný $m^3$ ($rm^3$), udává objem rovnaných dřevních polen, polínek a briket (zejména válcových) se vzduchovými mezerami v měřitelných figurách (obsahuje 60 až 75 % dřeva),
- sypaný $m^3$ ($sm^3$), udává objem volně sypané nezhutněné štěpky, pilin ap.

Objemové hmotnosti potřebné pro stanovení zatížení dopravních prostředků a skladů se vztahují na uvedené objemy. Přepočty jednotek: 1 $rm^3$ = 1,43 $pm^3$, 1 $sm^3$ = 2,43 $pm^3$.

### Obsah vody

Stromy mají v době těžby až 50 až 55 % vody. Obsah vody ovlivňuje hustotu a zejména výhřevnost paliva v přepočtu na jednotku hmotnosti (MJ/kg). V 1 kg paliva s obsahem vody 50 % je jen 50 % sušiny, která je nositelem energie. Z 18 MJ/kg hmoty v sušině se tak obsah tepla sníží na polovinu, tj. na 9 MJ/kg. Navíc se ještě při spalování musí vynaložit energie na odpaření vody ve výši 1,22 MJ/kg, takže skutečná výhřevnost paliva s 50 % vody je pro 1 kg 7,78 MJ/kg. V prostorovém $m^3$ ale obsah sušiny zůstává zachován a při 50 % vlhkosti se celkový obsah energie snižuje odparem vody jen asi o 13 %, ovšem hmotnost l $m^3$ se o vodu zvyšuje na dvojnásobek. Proto se vždy

dřevní polenové palivo prodávalo a kupovalo na $m^3$ a ne na hmotnost. Po vysušení se tak využitelný obsah energie vlastně zvyšoval. Dřevní hmota při přirozeném provětrávání pod střechou sníží svůj obsah vody na 20 % za jeden rok. Čerstvě vytěžené dřevo má vlhkost kolem 50 %. Výhřevnost dřeva silně klesá s rostoucí vlhkosti. Vliv vlhkosti dřeva na výhřevnost a objemovou hmotnost pro rovnaná polena z měkkého dřeva je uveden v tabulce.

| Hmotnostní obsah vody (%) | Výhřevnost (MJ/kg) | Hustota (kg/m³) |
|---|---|---|
| 0 | 18,56 | 355 |
| 20 | 14,28 | 400 |
| 50 | 8,1 | 530 |

## 2.5 O peletkách

Dřevní peletky jsou komprimovaným, sypným palivem s hustotou do 1400 kg/$m^3$, s vysokou výhřevností do 18 MJ/ /kg, s nízkým obsahem popelovin do 1 % a s malým obsahem vody do 10 %. Mají průměry od 6 do 20 mm a délku do 40 mm. Jsou odolné proti nárazu, mají nízké nároky na skladovací prostory a zejména umožňují automatizaci spalování. Vyrábějí se na lisech z čisté dřevní hmoty. Splňují veškeré požadavky na kulturu a pohodlí při vytápění objektů a také na ekologii.

# 3. Emise ze zdrojů tepla

Hořlavinu většiny paliv tvoří prvky uhlík (C), vodík ($H_2$) a síra (S). Při jejich spalování, okysličování, vzniká teplo a jejich oxidy. Jedná se o oxid uhličitý $CO_2$, vodu $H_2O$ a oxid siřičitý $SO_2$. Dále vznikají tuhé látky, oxidy dusíku $NO_x$ a oxid uhelnatý CO z nedokonalého spalování. Zatím co oxid uhličitý a vodu nepovažujeme za škodlivinu, základními znečišťujícími látkami, které pocházejí ze spalovacích procesů, jsou tuhé látky, $SO_2$, $NO_x$ a CO.

## 3.1 Ochrana ovzduší

Vnější ovzduší patří mezi základní složky životního prostředí. Ochrana ovzduší patří mezi základní cíle a úkoly ochrany životního prostředí. Ochranou ovzduší se rozumí komplexní soubor technických a administrativních opatření,

která směřují ke zmírnění, zastavení růstu nebo ke snížení úrovně znečišťování ovzduší s postupujícím rozvojem zejména průmyslu, dopravy a spalováním paliv. Musíme rozlišovat pojmy znečišťování a znečištění ovzduší, emise a imise. Při znečišťování ovzduší se děje vypouštění neboli emise znečišťujících látek do atmosféry. Mírou znečišťování ovzduší je množství emisí. Jedná se tedy o činnost nebo děj. Limitní množství emisí se vyjadřuje pomocí emisních limitů. Znečištění ovzduší znamená přítomnost škodlivých látek v ovzduší (imise) v takové míře a době trvání, že se již projevuje jejich nepříznivý vliv na životní prostředí. Znečištění tedy označuje stav, který je důsledkem původního děje. Mírou znečištění je množství imisí jednotlivých látek v daném místě nebo oblasti v přízemní vrstvě atmosféry. Limitní množství imisí se vyjadřuje pomocí imisních limitů.

Spojení mezi emisemi a imisemi zajišťuje atmosféra, kterou jsou znečišťující látky přenášeny od zdrojů k příjemcům. V ovzduší dochází nejenom k jejich zřeďování a rozptylu, ale i k jejich změnám na látky jiné, mnohdy nebezpečnější. Následkem znečišťování ovzduší je potom působení znečišťujících látek na příjemce. Na člověka, faunu, flóru, vodu, půdu a také na stavby.

## 3.2 Legislativa v ochraně ovzduší

Základním právním předpisem, který vymezuje ochranu vnějšího ovzduší, je zákon č. 472/2005 Sb. o ochraně ovzduší. Zákon stanoví práva a povinnosti osob a působnost správních úřadů při ochraně vnějšího ovzduší před vnášením znečišťujících látek lidskou činností a při zacházení s regulovanými látkami, které poškozují ozónovou vrstvu Země, a s výrobky, které takové látky obsahují. Stanoví i nástroje ke snižování množství látek ovlivňujících klimatický systém Země. Zákon vychází z principu trvale udržitelného rozvoje. Tím je rozvoj, který současným a budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nenarušuje rozmanitost přírody a zachovává její přirozené funkce. V zákoně se rozumí znečišťující látkou jakákoliv látka vnesená do vnějšího ovzduší nebo v něm druhotně vznikající, která má přímo a nebo může mít po fyzikální nebo chemické přeměně nebo po spolupůsobení s jinou

látkou škodlivý vliv na život a zdraví lidí a zvířat, na životní prostředí, na klimatický systém Země nebo na hmotný majetek.

Pro provozovatele malých stacionárních zdrojů (o jmenovitém tepelném příkonu nižším než 200 kW) umístěných v rodinných domech, bytech a stavbách pro individuální rekreaci, nevyplývají ze zákona žádné povinnosti. Jako palivo nelze použít odpad podle zákona o odpadech.

Emisní limity pro malé spalovací zdroje nejsou uvedeny v zákoně ani v prováděcí vyhlášce č. 356/2002 Sb., o obecných emisních limitech. Stanovení limitů se přesouvá na kraje a na obce, které vydávají nařízením programy snižování emisí. Osazovaní malých plynových kotlů musí daným limitům vyhovět. Kotle do výkonu 70 kW jsou rozděleny do pěti emisních tříd podle povolené koncentrace oxidů dusíku $NO_x$. První třída je u nás již zakázána, 2. třída má horní mez do 200, 3. třída do 150, 4. třída do 100 a 5. třída do 70 mg/ /kWh.

## 4. Jednotlivé způsoby vytápění

Vytápěcí soustavy slouží pro zajištění tepelné pohody ve vytápěných místnostech. Sestávají ze zdroje tepla, kterým jsou převážně kotle, rozvodu tepla a z otopných těles. Přenos tepla se děje teplonosnou látkou rozváděnou potrubím.

### 4.1 Teplovzdušné vytápěcí soustavy

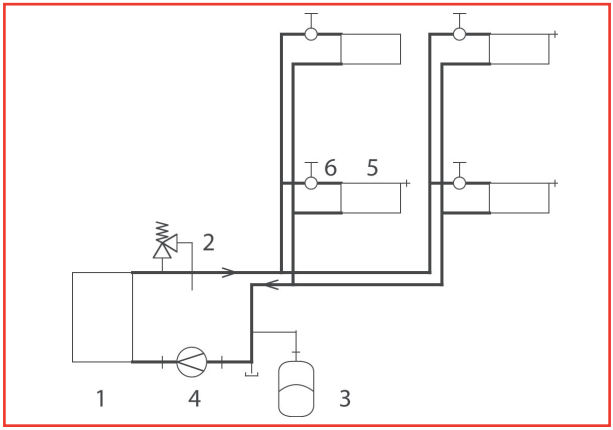
Pokud je teplonosnou látkou vzduch, potom mluvíme o teplovzdušné vytápěcí soustavě. Přenos tepla se v tomto případě děje vzduchovody, šachtami a otvory ve stavebních konstrukcích, přičemž musí být zajištěn nejen přívodní proud vzduchu, ale také zpětný proud vzduchu. Tyto soustavy je vhodné spojovat s rekuperačním zařízením. V zařízení se získává značná část tepla z větracího vzduchu vystupujícího z objektu. Teplovzdušné vytápěcí soustavy nemají otopná tělesa. Jejich výhodou je, že nemohou zamrznout. Proto jsou vhodné pro objekty vytápěné pouze občas. Oběh vzduchu je buď přirozený, v případě převýšení vytápěných místností nad kotlem, nebo je zajišťován ventilátorem.

## 4.2 Teplovodní vytápěcí soustavy

Pokud je teplonosnou látkou voda, jedná se o teplovodní vytápěcí soustavy (obr. 1), které jsou používány nejčastěji. Potrubní rozvody byly svařovány z ocelových bezešvých trubek. Dnes jsou prováděny z přesných ocelových nebo měděných trubek spojovaných pomocí lisovacích tvarovek. Měděné trubky jsou také spojovány tvarovkami kapilárním pájením cínovou nebo mosaznou pájkou. Rozvody mohou být prováděny plastovými trubkami spojovanými tvarovkami polyfuzním pájením nebo lepením.

### Přídavná zařízení

Oběh vody (obr. 1) je nejčastěji zajišťován oběhovým čerpadlem (4) vestavěným do potrubí. Oběh vody může být i přirozený, v případě převýšení otopných těles (5) nad kotlem. Každý kotel (1) musí mít pojistné zařízení, kterým je buď pojistný ventil (2) nebo sloupec vody v pojistném potrubí. Dále musí mít soustava expanzní zařízení, které dnes převážně tvoří membránové expanzní nádoby (3). Potrubní rozvody musí být řádně tepelně izolovány.




Obrázek 1 – Vytápěcí soustava s otopnými tělesy

### Regulace

Automatická regulace tepelného výkonu soustavy se provádí jednak na kotli jako centrální regulace, jednak na

otopných tělesech jako lokální regulace. Centrální regulace může zajišťovat tzv. ekvitermickou regulaci, kdy je teplota výstupní vody z kotle regulována podle venkovní teploty. Na regulátoru se nastavuje v programu jak výše teploty, tak doby plného a tlumeného provozu.

Lokální regulace je prováděna převážně termostatickými radiátorovými ventily (TRV) (6) osazenými na otopných tělesech. Pomocí TRV lze využívat vnitřní i vnější tepelné zisky působící v místnosti a o část těchto zisků snížit dodávku tepla na vytápění. TRV mohou uspořit 10 až 20 % tepla na vytápění. Určitou kombinací centrální a lokální regulace je automatické ovládání kotle, kdy je podle teploty vzduchu ve vybrané místnosti zapínán a vypínán kotel, samozřejmě s časovým programem. Ve vybrané místnosti nesmí být další snímač teploty, tzn. ani TRV.

## Otopná tělesa

Dnes jsou nejčastěji používána otopná tělesa ocelová desková, která mají jednu až tři desky. Deska sestává z dvou prolisovaných plechů vzájemně svařených. Mezi deskami může být rozšiřující plocha z vlnitého plechu. Dříve se osazovala článkové otopná tělesa z litiny a z ocelového plechu. Tato otopná tělesa mají převážně v každém rohu hrdlo pro připojení na potrubní rozvod pomocí TRV a šroubení, pro odvzdušňovací ventilek nebo pro vypouštění.

Také se používají konvektory, což jsou otopná tělesa s ožebrovanými trubkami, které jsou umístěny do skříně. Skříň zajišťuje přirozený tah vzduchu tělesem. Ve skříni může být i ventilátor pro zvýšení tepelného výkonu a pro rychlejší zátop. Některé konstrukce konvektorů umožňují konvektor umístit do drážky v podlaze. Pro vytápění koupelen se často používají trubková otopná tělesa (žebříčky), která mohou sloužit i pro sušení ručníků. Mohou být vybavena i elektrickou topnou vložkou pro provoz v letním období.

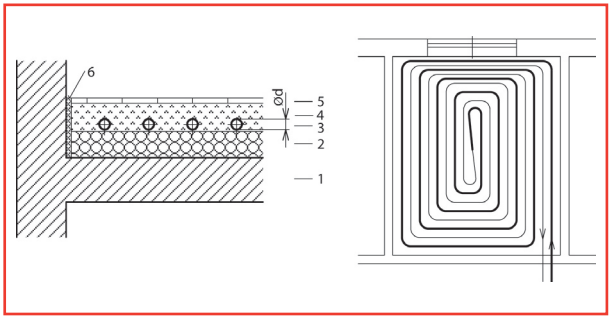
Pro soustavy s uvedenými otopnými tělesy se volí výpočtová teploty přívodní vody obvykle 75 a zpětné vody 60 °C (značení 75/60 °C).

## Otopné plochy

V některých případech má mít oběhová vody nižší výpočtové teploty např. 45/35 °C. Důvodem může být použití tepelného čerpadla nebo kondenzačního kotle. Oba tyto zdroje tepla vykazují vyšší účinnosti při nižších teplotách oběhové vody. Potom musí být použity velkoplošné sálavé otopné plochy, a to podlahové nebo stěnové, někdy i stropní. Tyto plochy jsou vyhřívány vodou v plastových a někdy i v měděných trubkách.

Velkoplošné sálavé otopné plochy jsou z hlediska pořízení pochopitelně dražší. K výhodám soustav patří zajišťování tepelné pohody při nižších teplotách vzduchu v místnosti, což znamená snížení tepelných ztrát.

Typická konstrukce otopné podlahy (obr. 2) sestává z tepelně izolačních desek (2) převážně z polystyrenu, které svým tvarováním umožňují snadnou pokládku trubek dodávaných ve svitcích o větších délkách. Trubky (3) o vnitřním průměru 15 mm jsou ukládány nejčastěji do spirál. Po uložení jsou zabetonovány vrstvou zvláště plastického betonu (4) o tloušťce 40 až 60 mm. Na betonovou podlahu se ukládá konečná podlahová vrstva (5).




Obrázek 2 – Podlahová otopná plocha

Typická konstrukce otopné stěny sestává z tepelně izolačních upravených desek převážně z polystyrenu upevněných na stěnu. Plastové trubičky o vnitřním průměru 5 mm jsou často dodávány v rohožích vložených do izolačních desek. Na desky lze nanést speciální tenkostěnnou omítku nebo nalepit obkladačky.

Použité plastové trubky musí mít tzv. protikyslíkovou bariéru, což jsou vrstvy zabraňující pronikání kyslíku ze vzduchu do oběhové vody. Bez uvedené bariéry by docházelo k intenzivní korozi kovových materiálů soustavy, např. u kotlů.

## 5. Progresivní zdroje tepla

### 5.1 Zařízení pro využívání slunečního záření

Naše Země je součástí planetární soustavy, jejíž středem je Slunce. Slunce je nejbližší a nejdůležitější hvězdou. Je trvalým zdrojem veškeré energie pro naší planetu. Slunce má povrchovou teplotou okolo 5 400 °C. Největší část energie připadá na světelné a tepelné spektrum záření. Sluneční záření na cestě k Zemi není ničím pohlcováno. Pouze se výkon s rostoucí vzdáleností rozptýlí na větší plochu. Na plochu kolmou ke slunečním paprskům dopadá na povrch zemské atmosféry záření o intenzitě 1367 W/m$^2$. V atmosféře Země dochází k pohlcování slunečního záření plyny, vodní párou, prachem a kapkami vody v mracích. Při zcela jasné obloze se pouze část slunečního záření dostane až k zemskému povrchu. Jedná se o intenzitu maximálně ve výši 70 %, tj. 1000 W/m$^2$. V našich podmínkách je maximální energie dopadlá za rok na nejvhodněji orientovanou plochu 1250 kWh/m$^2$. Z této hodnoty lze v solárních zařízení ročně využít 250 až 350 kWh/m$^2$ tepla.

Sluneční záření lze pro vytápění využívat buď aktivně nebo pasivně. V prvém případě se jedná o zařízení, ve kterém se v kolektorech převádí sluneční záření na teplo dodávané dále do spotřebičů. Ve druhém případě se provádějí na stavebních konstrukcích budovy takové úpravy, které jednak zvyšují jímání slunečního záření, jednak zvyšují akumulační vlastnosti pláště budovy. Aktivní soustavy s kapalinovými kolektory se nejčastěji využívají pro přípravu teplé vody (TV), pro ohřev bazénové vody a také pro přitápění objektu nízkoteplotní vytápěcí soustavou. Soustavy mají podobné řešení primárního, neboli solárního okruhu.

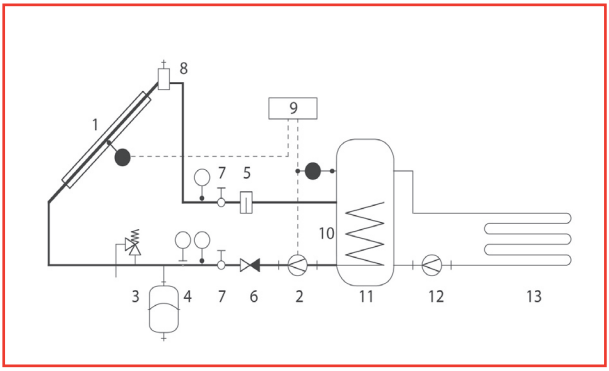
#### Kapalinové kolektory slunečního záření

Dopadající energie slunečního záření se zachycuje slunečním kolektorem a odvádí teplonosnou kapalinou

(vodou nebo nemrznoucí směsí), někdy i vzduchem. Nejrozšířenějšími kolektory jsou ploché kapalinové. Hlavními součástmi plochého slunečního kolektoru jsou ve směru slunečního záření: zasklení, absorbér, zadní tepelná izolace a rám kolektoru. Sluneční záření prochází zasklením a dopadá na absorbér, kde se pohlcuje a přeměňuje na teplo, které je odváděno trubkami absorbéru ke spotřebiči. Absorbér má tvar desky s dutinami pro protékání kapaliny. Tepelná izolace bývá obvykle minerální vlna, či samonosná polyuretanová deska. Rám kolektoru je obvykle kovový a drží konstrukci kolektoru pohromadě.

## Solární soustavy pro vytápění

Primární okruh obsahuje následující hlavní prvky (obr. 3): sluneční kolektor (1), oběhové čerpadlo (2), pojistný ventil (3), expanzní nádobu (4), automatický odplyňovač (5), zpětnou klapku (6), uzavírací armatury (7), ruční odvzdušňovací ventil (8), spínač čerpadla (9) a výměník tepla (10). Sekundární okruh obsahuje zásobník tepla (11), oběhové čerpadlo (12) a nízkoteplotní vytápěcí soustavu (13), např. podlahovou nebo stěnovou.




Obrázek 3 – Schéma solárního zařízení

Jednotlivé kolektory se zapojují podle sestav zaručujících rovnoměrný průtok do všech kolektorů. Zpětná klapka zabraňuje zpětné cirkulaci v primárním okruhu v době

mimo provoz kolektorů. Např. v noci by teplonosná kapalina přirozeným vztlakem by stoupala do kolektorů, kde by byla vychlazována a tím by odebírala teplo ze zásobníku. Spínač čerpadla pracuje tak, že při překročení nastaveného rozdílu mezi teplotou v kolektorech a teplotou v zásobníku spíná oběhové čerpadlo. Naopak při poklesu teplotního rozdílu po určitou nastavenou mez je oběhové čerpadlo vypnuto.

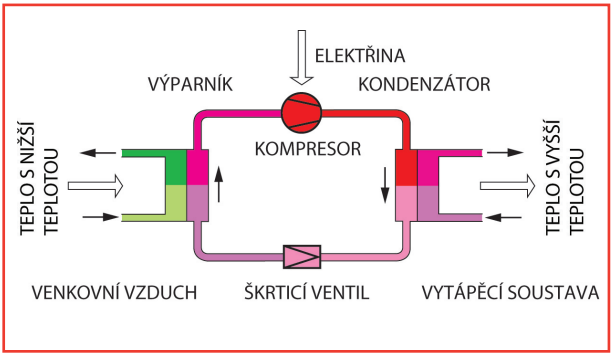
Tepelná účinnost kapalinových kolektorů roste, když teplota kapaliny v kolektoru klesá. Proto není výhodné provozovat solární zařízení na vyšší teploty kapaliny. Dále je nutné, aby tepelný výkon výměníku tepla a objem zásobníku odpovídaly velikosti plochy kolektorů. Jinak by se kapalina zbytečně přehřívala a narůstaly by ztráty kolektorů.

## 5.2 Tepelná čerpadla pro vytápění

V přírodě kolem nás je obsaženo nízkoteplotní teplo, které může být obnovitelným a tedy i ekologickým zdrojem tepla. Teplo je obsažené v okolním vzduchu, v zemi a ve vodě podzemní a povrchové. Teplo může být tepelným čerpadlem (TČ) převedeno na teplo s vyšší teplotou a tak může být využito jak pro vytápění, tak pro přípravu teplé vody.

### Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo pracuje na obdobném principu jako okruh chladícího zařízení. V uzavřeném okruhu je zajišťován oběh pracovní látky, neboli chladiva, kompresorem poháněným elektromotorem (obr. 4). Ve výparníku odnímá chladivo za nízkého tlaku a teploty teplo ochlazované látce, zdroji nízkopotenciálního tepla. Dochází k vypařování kapalného chladiva, které se mění v páru. Páry z výparníku jsou odsávány a stlačeny kompresorem na kondenzační tlak. Putují do kondenzátoru, kde předávají kondenzační teplo ohřívané látce a mění své skupenství na kapalné. Kapalné chladivo je po snížení tlaku ve škrtícím ventilu přiváděno zpět do výparníku. Tím je oběh uzavřen.




Obrázek 4 – Schéma tepelného čerpadla

Teplo přenášené z výparníku do kondenzátoru se zvětšuje o teplo, které vzniklo v kompresoru přeměnou z hnací elektrická energie. Takže topný výkon TČ je součtem obou vložených energií a je vždy větší než energie hnací. Poměr topného výkonu a elektrického příkonu je nazýván topným faktorem, který je vždy větší než 1. Podíl tepla odebraného z prvního prostředí, které je k dispozici zdarma, je asi 60 až 70 % z celkovém tepla převáděného do druhého prostředí. Na topném výkonu se podílí i elektrická energie, která se musí zaplatit, asi 30 až 40 %. Takže z 1 kWh elektrické energie se může TČ získat asi 2,5 až 3,5 kWh tepla. Topný faktor TČ je zpravidla 2,5 až 3,5 a za příznivých podmínek je i větší. Na chladivo TČ jsou přísné ekologické, bezpečnostní a hygienické požadavky. Případný únik chladiva by narušoval ozónovou vrstvu země a vytvářel by skleníkový efekt.

TČ potřebuje dva zdroje energie. Jednak vhodné nízkopotenciální teplo, jednak elektrickou hnací energii. Když TČ na sekundární straně vytápí, na primární straně chladí. Topný výkon a topný faktor jsou silně závislé na vnějších podmínkách zejména na teplotě nízkopotenciálního tepla. Dále na teplotě teplonosné látky vytápěcí soustavy. Uvedená dva parametry rostou se vzrůstem teploty nízkopotenciálního tepla a s poklesem teploty teplonosné látky. Maximální teplota teplonosné látky vytápěcí soustavy bývá omezena na 55 °C. Omezení vyplývá z pevnostního řešení okruhu. Teplotě chladiva totiž odpovídá tlak chladiva v okruhu a ten nesmí přestoupit hodnotu, na kterou je okruh

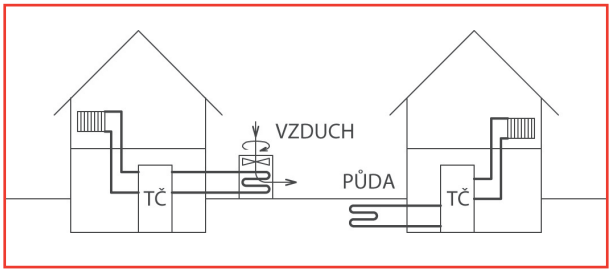
dimenzován. Omezení je dáno i hlediskem energetickým, kdy s rostoucí teplotou teplonosné látky klesá topný faktor. Teplotu teplonosné látky musí být co nejnižší, což ale vyžaduje použití nízkoteplotních vytápěcích soustav, např. podlahových nebo stěnových, které pracují s teplotami vody i 40 °C. Naopak soustava s otopnými tělesy pracuje s teplotami vyššími než 60 °C.

Pokud TČ, které odebírá teplo z okolního vzduchu, má sloužit pro vytápění, musí být použit přídavný tzv. bivalentní zdroj tepla, např. elektrokotel. V nejchladnějších dnech, kdy je zapotřebí nejvyšší výkon TČ, je nízká teplota okolního vzduchu a proto i nízký topný faktor a tepelný výkon. TČ by pracovalo neefektivně, proto se vypíná a spouští se elektrokotel.

## Zdroje tepla pro tepelná čerpadla

### Okolní vzduch

Je všude a vzduchová TČ jsou investičně méně náročná (obr. 5). Vzduch se ochlazuje ve výměníku tepla umístěném vně budovy. Protože výměníkem procházejí velké objemy vzduchu, je tedy nutný výkonný ventilátor, který je zdrojem hluku. Proto je potřeba umístit výměník tak, aby hluk neobtěžoval okolí. Při nízkých teplotách se na venkovním výměníku tvoří námraza.




Obrázek 5 – Tepelné čerpadlo pro vytápění

### Odpadní vzduch

Nejčastěji se ochlazuje vzduch odváděný větrací soustavou z objektu, který má vždy teplotu 18 až 24 °C. Proto TČ může

pracovat efektivně i za podmínek, kdy je teplota venkovního vzduchu velice nízká.

### Povrchová voda

Voda v řece, v potoku nebo v rybníku se může ochlazovat tepelným výměníkem umístěným buď přímo ve vodě, nebo zapuštěným do břehu vždy tak, aby nehrozilo zamrznutí. Je zde ale mnoho technických i administrativních překážek.

### Podzemní voda

Voda se odebírá ze sací studny a po ochlazení se vypouští do druhé, tzv. vsakovací studny. Podmínkou je geologicky vhodné podloží, které umožní čerpání i vsakování. Ochlazenou vodu lze za určitých podmínek vypouštět i do potoka nebo jiné vodoteče. Zdroj podzemní vody musí být dostatečně vydatný, přibližně 1,2 $m^3$/h pro TČ o výkonu 10 kW. Protože vhodných lokalit je málo, řešení se příliš nepoužívá.

### Půda

Půda se ochlazuje tepelným výměníkem z polyetylenového potrubí, ve kterém je nemrznoucí směs (obr. 5). Půdní kolektor se ukládá do výkopu do nezámrzné hloubky. Trubky se ukládají 0,6 m od sebe na souvisle odkrytou plochu. Potřebná velikost plochy kolektoru bývá trojnásobkem plochy vytápěné. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je pak potřeba 10 až 15 metrů délky trubek. Nesmí se zapomenout, že půdní kolektor povrch okolní zeminy ochlazuje.

### Hloubkové vrty

Využívá se teplo hornin v podloží. Vrty hluboké až 150 m se umisťují v blízkosti TČ, nejméně 10 m od sebe. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtu. Tepelným výměníkem je opět polyethylenové potrubí s nemrznoucí směsí. Pro vrty je nutné zajistit hydrologický průzkum, aby nedošlo k narušení hydrologických poměrů. Výhodou je celoročně stálá teplota zdroje cca 8 °C, takže TČ pracuje efektivně.

## Tab. 1 – Základní vlastnosti pevných paliv

| Palivo | výhřevnost[1)] | spalné teplo | hustota[2)] | hmotnost[3)] | obsah C | obsah H | obsah S | obsah $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MJ/kg | MJ/kg | kg/m³ | kg/sm³ | % hmotn. | % hmotn. | % hmotn. | % hmotn. |
| Dřevo jehličňanů | 15,6 | | 450 – 650 | 330 | 50 | 6 | – | 15 |
| Dřevo listnáčů | 14,3 | | 700 – 900 | 410 | 50 | 6 | – | 23 |
| Peletky | 15 - 19 | | 1100 – 1400 | 500-600 | 51 | 6 | – | 12 |
| Hnědé uhlí Bílina | 17,6 | 30,2 | 1300 – 1400 | 800-900 | 71 | 6 | 0,5 | 30 |
| Černé uhlí Ostrava | 28,7 | | 1300 – 1400 | 700-800 | 73 | 4 | 0,5 | 9 |
| Koks Ostrava | 27,6 | | 1600 – 1900 | 500-600 | 80 | 2 | 1 | 4 |
| Brikety | 23 | | 1200 – 1300 | 700-800 | 71 | 6 | 0,5 | 15 |

C – uhlík, H – vodík, S – síra, $H_2O$ – voda

[1)] při uvedeném obsahu vody [2)] hustota sušiny [3)] objemová hmotnost sypná

Přepočet z MJ na kWh: 1 MJ = 0,278 kWh.

## Tab. 2 – Základní vlastnosti plynných a kapalných paliv

| Palivo | plynná fáze | | | kapalná fáze | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | výhřevnost | spalné teplo | hustota | výhřevnost | spalné teplo | hustota | obsah C | obsah H |
| | MJ/m³ | MJ/m³ | kg/m³ | MJ/kg | MJ/kg | kg/m³ | % hmotn. | % hmotn. |
| Zemní plyn* | 35,9 | 39,8 | 0,72 | – | – | – | 75 | 25 |
| Propan $C_3H_8$ | 93,6 | 101,8 | 2,0 | 46,3 | 50,4 | 500 | 82,7 | 17,3 |
| Butan $C_4H_{10}$ | 123,6 | 134,0 | 2,6 | 47,7 | 51,8 | 580 | 82,7 | 17,3 |
| Propan-butan Z1** | 105,6 | 114,7 | 2,2 | 46,9 | 51,0 | 530 | 82,7 | 17,3 |
| Lehký topný olej | – | – | – | 42,7 | 45,6 | 900 | 86 | 13 |
| Topná nafta | – | – | – | 41,8 | 44,6 | 850 | 85 | 13 |

*) tvořen z 98 % metanem $CH_4$ (C – uhlík, H – vodík)

**) Z1 – zimní směs Kralupol (60 objem. % propanu, 40 objem. % butanu)

Objem plynu odpařený z 1 kg kapalné fáze: u propanu 0,50, u butanu 0,37, u PB 0,45 m³

Přepočet z MJ na kWh: 1 MJ = 0,278 kWh.

# TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 3

## Navrhování částí tepelných soustav v příkladech

**ZÁKLADNÍ VÝPOČTY** – Tepelné ztráty dle ČSN EN 12831 * Tepelné zisky * Potřeba tepla * Zátopové přirážky * Dynamické stavy vytápěných místností * Zdroje tepla * Spalování tuhých, kapalných a plynných paliv * Kotelny s kotli na uhlí a koks * Kotelny s kotli na dřevo a peletky * Kotelny s plynovými kotli nízkoteplotními * Kotelny s plynovými kotli kondenzačními * Vzduchospalinové cesty kotelen * Přepočty koncentrací emisí ve spalinách * Větrání kotelen a přívod spalovacího vzduch pro kotle * Solární zařízení * Tepelná čerpadla * Kogenerační zařízení * Zabezpečovací zařízení

**ROZVODY TEPLA** – Vodní potrubní rozvody * Parní potrubní rozvody * Vnější potrubní rozvody z předizolovaných trubek * Tlakové diagramy sítí * Výměníkové stanice voda-voda * Výměníkové stanice pára-voda * Směšovací zařízení * Ejektory * Akumulace tepla do vody * Seřizovací a regulační armatury * Regulátory tlaku a tlakového rozdílu

**SPOTŘEBIČE TEPLA** – Otopná tělesa * Termostatické radiátorové ventily * Vytápěcí podlahy * Vytápěcí stěny * Zavěšené sálavé pásy * Příprava teplé vody * Ohřev bazénové vody * Připojování vzduchotechniky

**RŮZNÉ** – Zásady navrhování teplovodních soustav podle ČSN EN 12 828 * Provozní dokumentace podle ČSN EN 12170 * Hydraulické seřizování tepelných soustav * Optimalizace parametrů tepelných soustav * Tmavé zářiče * Světlé zářiče

**VLASTNOSTI TEPLONOSNÝCH LÁTEK A PALIV** – Vlastnosti paliv * Vlastnosti vody a vodní páry

Navazuje na prvé dva díly vydané v roce 2001. Kapitoly této příručky v rozsahu 5 až 15 stran budou mít jednotnou strukturu, obsahující rozbor příslušného tématu, schéma zařízení, výpočtové vztahy a příklady výpočty. Příručka bude mít 400 stran textů, tabulek a obrázků. Součástí bude i verze na CD ROM.
Příručka, kterou zpracuje 15 předních autorů oboru, vyjde v 2. pololetí roku 2007. Vydavatelem je ČSTZ Praha ve spolupráci s Cechem topenářů a instalatérů.
Vedoucím autorem je Ing. Vladimír Valenta.

**Předpokládané vydání publikace: podzim 2007**

CECH TOPENÁŘŮ A INSTALATÉRŮ ČR

**Formát: B5**
**Rozsah: 400 stran**
**Součást publikace je i její zpracování na CD ROM.**

ČSTZ

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována
v rámci Státního programu na podporu úspor energie
a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2006 – část A.
Vydala Agentura ČSTZ, s.r.o.
© Agentura ČSTZ, s.r.o.