

# VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

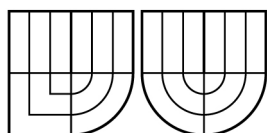
TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY

BAKALÁRSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

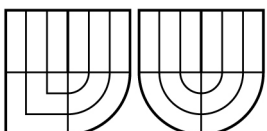
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MICHAL PRÁT

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGI INSTITUTE

## TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY HOT WATER HEATING SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MICHAL PRÁT

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. JAROSLAV KATOLICKÝ, PH.D.

BRNO 2009

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je shrnout základní prvky teplovodních otopných soustav a jejich rozdělení podle geometrických, materiálových a funkčních parametrů. Dále jsou uvedeny konkrétní možnosti řešení teplovodních otopných soustav, jejich zhodnocení z hlediska vhodnosti použití a hospodárnosti provozu a v neposlední řadě také pohodlí přinášející svému uživateli.

## **ABSTRACT**

This essay summarises essential components of hot water heating systems and their division as consistent with geometric, material and functional options. Further here are mentioned particular possibilities of hot water heating systems, their estimation in the case of pertinence operating and last but not least also comfort for one's user.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Teplovodní otopné soustavy, tepelné soustavy, vytápění, potrubní rozvod, expanzní nádoba.

## **KEYWORDS**

Hot water heating systems, heating systems, piping, expansion tank.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PRÁT, M. *Teplovodní otopné soustavy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 28 s. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma otopné soustavy teplovodní vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

27. května 2009

.....  
Michal Prát

# OBSAH

<b>ÚVOD</b>	<b>7</b>
<b>1. Otopné soustavy</b>	<b>8</b>
1.1 Rozdělení otopných soustav	8
<b>2. Parametry teplovodní otopné soustavy</b>	<b>10</b>
2.1 Oběh vody v soustavě	10
2.1.1 Soustava s přirozeným oběhem vody	
2.1.2 Soustava s nuceným oběhem vody	
2.2 Hlavní ležatý rozvod	11
2.2.1 Soustavy se spodním rozvodem	
2.2.2 Soustavy s horním rozvodem	
2.2.3 Soustavy kombinované	
2.3 Rozvod k otopným tělesům	12
2.3.1 Vertikální soustava	
2.3.2 Horizontální soustava	
2.3.3 Hvězdicová soustava	
2.4 Způsob rozvodu teplotnosné látky k tělesům	13
2.4.1 Jednotrubkové	
2.4.1.1 Soustavy průtočné.	
2.4.1.2 Soustavy s obtokem	
2.4.2 Dvoutrubkové	
2.4.2.1 Protiproudé	
2.4.2.2 Souproudé	
2.5 Spojení soustavy s atmosférou	16
2.5.1 Otopné soustavy otevřené	
2.5.2 Otopné soustavy uzavřené	
2.6 Materiál potrubního rozvodu	17
2.6.1 Potrubí z oceli	
2.6.2 Potrubí z mědi	
2.6.3 Potrubí z plastů	
<b>3. Návrhy možného řešení otopných soustav</b>	<b>20</b>
3.1 Vytápění s přirozeným oběhem vody	20
3.1.1 Dvoutrubková protiproudá vertikální soustava se spodním rozvodem	
3.1.2 Dvoutrubková vertikální soustava s horním rozvodem	
3.1.3 Dvoutrubková soustava etážového vytápění	
3.2 Vytápění s nuceným oběhem vody	23
3.2.1 Dvoutrubková vertikální otopná soustava se spodním rozvodem (nebo horním)	

- 3.2.2 Dvoutrubková soustava etážového vytápění s nuceným oběhem vody
- 3.2.3 Jenotrubkové otopné soustavy horizontální
- 3.2.4 Jenotrubkové otopné soustavy vertikální

**ZÁVĚR .....27**

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....28**

## ÚVOD

Jedním z hlavních faktorů, zajišťující tepelnou pohodu v prostoru, ve kterém se člověk právě nachází, je teplota vzduchu a okolních ploch. Pro zajištění této teploty v období, kdy venkovní teplota klesá pod úroveň, kterou člověk vnímá jako pohodlnou, je potřeba do prostor ve kterých se nachází dodávat teplo. K tomu se používá buď zařízení jednoprvkových, kde výroba a distribuce tepla probíhá v jednom přístroji, nebo použitím otopných soustav. V otopné soustavě se přenáší teplo, vyrobené ve zdroji, pomocí potrubních sítí až k otopným tělesům, nebo jiným otopným plochám, které jsou umístěny v jednotlivých místnostech.

U nás se můžeme setkat hlavně s otopnou soustavou teplovodní, která se běžně používá jak pro vytápění rodinných domů a bytových jednotek, tak například pro vytápění administrativních budov.

Vzhledem k rostoucím cenám energií a k ochraně životního prostředí, roste i zájem o úspory ve vytápění. Jedna z možností jak dosáhnout nezanedbatelných úspor je zdokonalení otopné soustavy. Používají se prvky systému s vyšší účinností a zavádí se lepší regulace. Důležitým faktorem pro správné a hospodárné fungování je volba příslušného druhu otopné soustavy. V poslední době se projektují hlavně otopné soustavy s nuceným oběhem otopné vody, které nejen pro přínos v oblasti regulace vytlačují dříve používané soustavy s přirozeným oběhem.



# 1. OTOPNÉ SOUSTAVY

Otopnou soustavou rozumíme takové zařízení, které mění vstupní energii na teplo, rozvádí ho do požadovaného prostoru, kde se předává do prostředí k zajištění tepelné pohody. Otopnou soustavu tvoří tyto zařízení: zdroj tepla, potrubní síť, armatury, čerpadla, otopné plochy, regulační zařízení apod.

## 1.1 Rozdělení otopných soustav

Otopné soustavy rozdělujeme podle těchto hledisek:

### Dělení podle teploty nosné látky

- parní otopné soustavy
- vodní otopné soustavy
- teplovzdušné otopné soustavy

### Dělení podle tlaku teploty nosné látky

- podtlakové otopné soustavy (absolutní tlak pod 0,1 MPa [2], informace se z různých pramenů liší)
- nízkotlaké otopné soustavy (max. přetlak do 0,17 MPa [2])
- středotlaké otopné soustavy (do 0,9 MPa [2])
- vysokotlaké otopné soustavy (nad 0,9MPa [2])

### Dělení podle otopné plochy

- konvekční otopné soustavy
- sálavé otopné soustavy

### Dělení podle teploty teploty nosné látky

- nízkoteplotní otopné soustavy (do 65°C [6])
- teplovodní otopné soustavy (od 65 do 110 °C [6] informace se z různých pramenů liší)
- horkovodní otopné soustavy (nad 110°C [6])

### Dělení podle oběhu vody v soustavě

- otopné soustavy s přirozeným oběhem
- otopné soustavy s nuceným oběhem

### Dělení podle umístění hlavního ležatého rozvodu otopné látky

- otopné soustavy se spodním rozvodem
- otopné soustavy s horním rozvodem
- otopné soustavy s kombinovaným rozvodem

### Dělení podle způsobu rozvodu teploty nosné látky

- otopné soustavy jednotrubkové
  - průtočné
  - s obtokem
- otopné soustavy dvoutrubkové
  - souproudé
  - protiproudé

#### Dělení podle spojení s atmosférou

- otevřené otopné soustavy (pracovní teplota do 95 °C [6])
- uzavřené otopné soustavy (pracovní teplota do 110 °C [6])

#### Dělení podle materiálu potrubního rozvodu

- potrubní rozvod z oceli
- potrubní rozvod z mědi
- potrubní rozvod z plastů

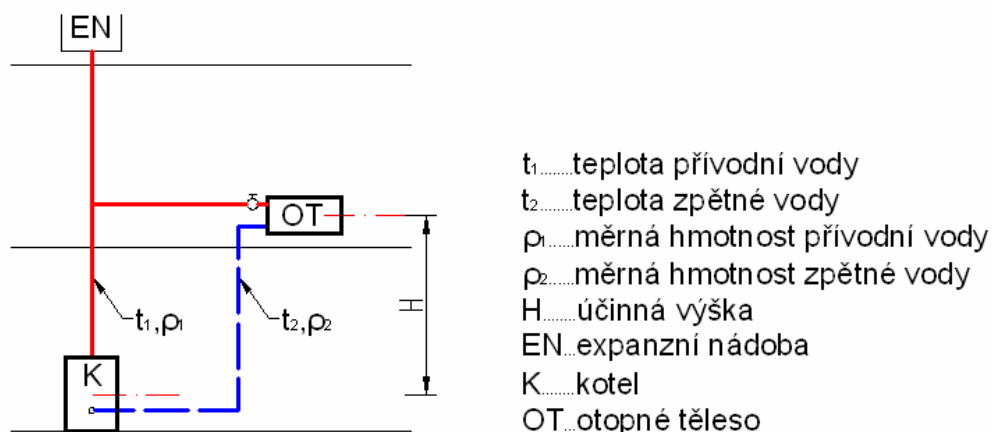
#### Dělení podle rozsahu otopné soustavy

- otopné soustavy etážové (bytové)
- otopné soustavy ústřední

[1, str.6] [2, str.24] [4, str.37] [5, str.1] [6, str.26]

Tato práce je zaměřena pouze na teplovodní otopné soustavy.

## 2. PARAMETRY TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY



Obr.1 Základní části otopné soustavy [6, str.27]

### 2.1 Oběh vody v soustavě

Podle oběhu vody v soustavě dělíme teplovodní otopné soustavy na soustavy s přirozeným oběhem vody a na soustavy s nuceným oběhem vody.

#### 2.1.1 Soustava s přirozeným oběhem vody

Proudění vody v soustavě s přirozeným oběhem spočívá v rozdílné teplotě vody v přívodním a vratném potrubí. Nižší hustota způsobí, že je teplá voda lehčí, ta směřuje vzhůru k otopným tělesům, kde se ochladí a klesá dolů ke zdroji tepla. K dosažení dostatečného hydrostatického tlaku je výhodné použití přirozeného oběhu v budovách s větším výškovým rozdílem mezi zdrojem tepla a otopnými tělesy a pro dosažení malých teplotních ztrát je výhodná malá půdorysná rozlehlost. Zdroj tepla se umísťuje do nejnižší části rozvodu. I při splnění těchto podmínek jsou hydrostatické tlaky v obvodu poměrně malé, proto při výpočtech vycházejí větší jmenovité světlosti potrubí a je nutno volit armatury s malou tlakovou ztrátou. „Jmenovitý teplotní spád se k zajištění dostatečného vztlaku volí 90/70.“ [1, str.9]

Hlavní výhodou je nezávislost na dodávce elektrické energie. K nevýhodám patří velké průměry potrubí, nemožnost použití vhodné regulace a komplikované připojení nepříznivě umístěných těles.

Používá se hlavně u rodinných domů, menší bytových budov a u rekreačních objektů.

[1, str. 8] [3, str.50] [5, str.2] [6, str.27]

## **2.1.2 Soustava s nuceným oběhem vody**

Hlavním rozdílem proti soustavě s přirozeným oběhem vody je použití čerpadla, které zajišťuje hydraulické parametry v soustavě. Rychlost proudění je vyšší a lze překonávat mnohem větší tlakové ztráty. Používá se u budov půdorysně rozlehlých, u budov s větším tepelným příkonem a budov s komplikovanějšími potrubními sítěmi. Čerpadla se umísťují za zdroj tepla v přívodním potrubí. Je nutno zajistit aby byl v celé soustavě přetlak a nedocházelo k vnikání vzduchu netěsnostmi do soustavy. Navrhování soustavy s nuceným oběhem vody není omezeno na dosažení co nejmenších tlakových ztrát, a proto se může použít vhodná regulace, která u soustavy s přirozeným oběhem vody není možná. Dále je možnost napojení i nepříznivě umístěných otopných těles a to i pod úrovní kotle. Mezi další výhody patří použití menších průměrů potrubí, což sníží investice na materiál rozvodu a dochází k rychlejšímu zátoku. Mezi hlavní nevýhody patří závislost na dodávce elektrické energie.

[1, str.9] [3, str.52] [5, str.4] [6, str.35]

## **2.2 Hlavní ležatý rozvod**

Hlavní ležatý rozvod je vlastně horizontálně vedené potrubí, na které jsou napojeny jednotlivé vertikální větve. Rozlišujeme soustavu se spodním rozvodem, horním rozvodem a kombinovaným rozvodem. Schémata s hlavními ležatými rozvody jsou znázorněny na obrázku 2.

### **2.2.1 Soustavy se spodním rozvodem**

Používají se hlavně u podsklepených budov, kde je zdroj tepla umístěn v nejnižším podlaží. Hlavní ležatý rozvod je zavěšen u stropu suterénu případně je veden v kanále nejnižšího podlaží.

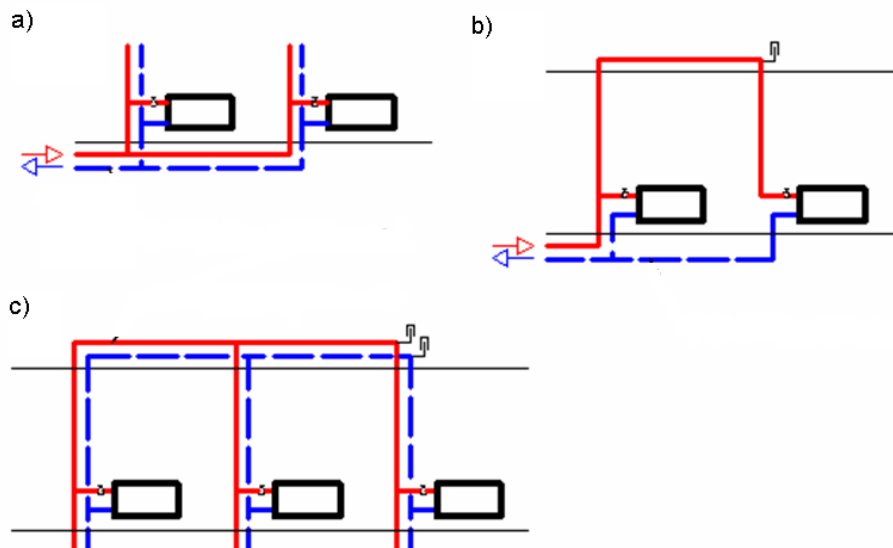
### **2.2.2 Soustavy s horním rozvodem**

Tato soustava se používá především tam, kde není možné použít soustavu se spodním rozvodem. Hlavní ležatý rozvod se obvykle vede půdním prostorem nebo pod stropem v nejvyšším podlaží. U soustav s horním rozvodem se dosahuje většího účinného vztlaku a uvedení do chodu je rychlejší než u soustav se spodním rozvodem. Aby se předešlo tepelným ztrátám a snížilo se nebezpečí zamrznutí, je třeba potrubí rozvodu důkladně izolovat. Soustava s horním rozvodem je konstrukčně náročnější, z čehož vyplývá vyšší cena.

### **2.2.3 Soustavy kombinované**

Jedná se o kombinaci výše uvedených soustav. Hlavní ležatý rozvod je veden jak v nejnižším tak v nejvyšším podlaží.

[1, str.10] [6, str. 30]



Obr. 2 Hlavní ležatý rozvod: a)spodní; b)kombinovaný; c) horní [6, str.30]

## 2.3 Rozvod k otopným tělesům

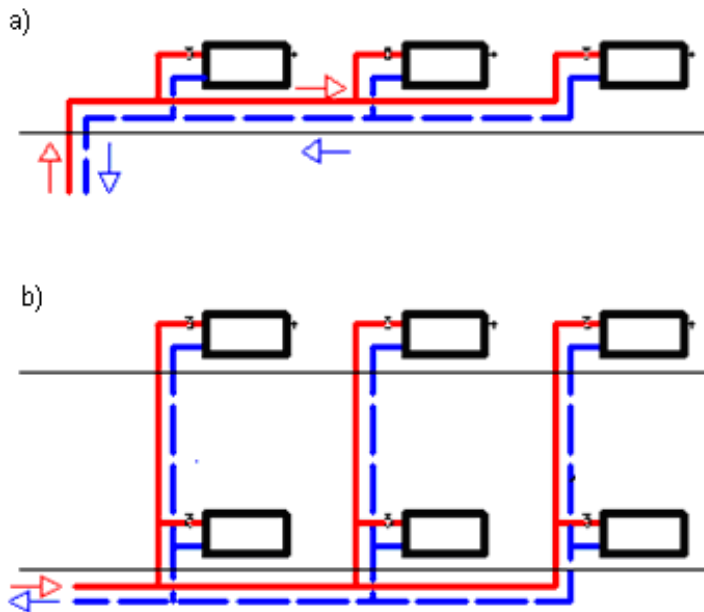
Podle vedení rozvodu, na který jsou napojeny přípojky otopných těles rozlišujeme soustavy horizontální, vertikální a hvězdicové.

### 2.3.1 Vertikální soustava

Princip vertikální soustavy (obr. 3b) se vyznačuje použitím většího počtu vertikálního potrubí tzv. stoupaček, na které jsou přímo napojeny v jednom patře maximálně dvě otopná tělesa. K napojení otopných těles k vertikálnímu potrubí se používá již pouze krátkého přípojného potrubí tzv. přípojek.

### 2.3.2 Horizontální soustava

U horizontálních soustav (obr. 3a) se používá pouze minimálního množství stoupaček, na které jsou napojeny horizontální okruhy podlažních ležatých rozvodů.



Obr.3 Rozvod k otopným tělesům a) horizontální soustava b) vertikální soustava [6, str.29]

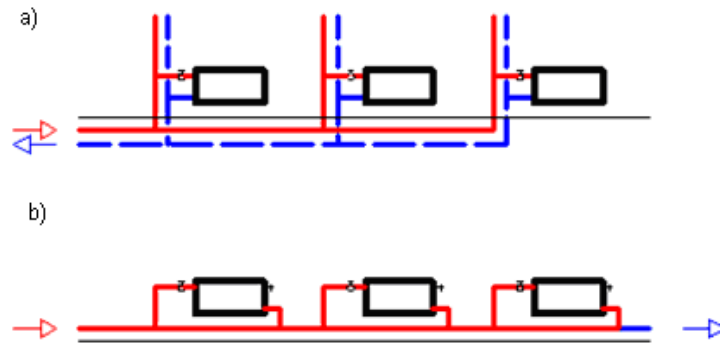
### 2.3.3 Hvězdicová soustava

Ve své podstatě se jedná o horizontální soustavu, na kterou jsou napojeny dlouhé a složité přípojky těles. Ke stoupačce, která se navrhuje uprostřed mezi otopnými tělesy v objektu, je v každém podlaží napojen podlažní rozdělovač a sběrač se, ke kterému je napojeno každé těleso zvlášť. U této soustavy se používá výhradně plastových rozvodů.

[1, str.12] [6, str. 28]

### 2.4 Způsob rozvodu teplotnosné látky k tělesům

Podle provedení přívodu a odvodu otopné vody rozlišujeme dvoutrubkové a jednotrubkové otopné soustavy. Princip je znázorněn na obrázku 4.



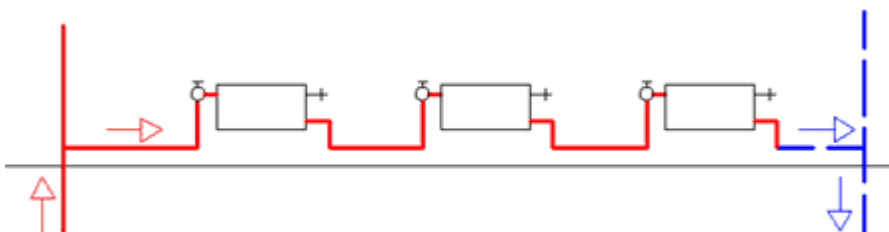
Obr. 4 Způsob rozvodu teplosnosné látky k tělesům a)dvoutrubkové b) jednotrubkové [6, str.28]

## 2.4.1 Jednotrubkové

Jednotrubkové soustavy se dělí na soustavy průtočné a soustavy s obtokem. Ve většině případů se projektují jako nucené oběhy. Ve směru proudění na jednotlivých otopných tělesech teplota otopné vody postupně klesá, proto se při výpočtu musí zohlednit velikost přestupních ploch. Aby se snížila různá stěření teplota na tělesech, teplotní spád se volí menší než je obvyklé u dvutrubkových soustav (místo 20K pouze 10K). Systém se navrhuje na zkrácenou dobu zátopy.

### 2.4.1.1 Soustavy průtočné

Jedná se o jednoduché provedení, které ale skrývá mnohé nevýhody. Otopná tělesa jsou napojena sériově tak, že veškerá otopná voda postupně protéká jednotlivými otopnými tělesy. Z tohoto důvodu dochází k velkým tlakovým ztrátám, proto je třeba použít průtočné čerpadlo o vyšším dopravním tlaku. Další nevýhodou je nemožnost místní regulace zastavením přívodu otopné vody do jednotlivých otopných těles, čímž by se zastavil průtok v celé soustavě. Částečnou místní regulaci umožňuje použití konvektorů s regulační klapkou průtoku vzduchu. Na obr. 5 je schéma průtočného zapojení.

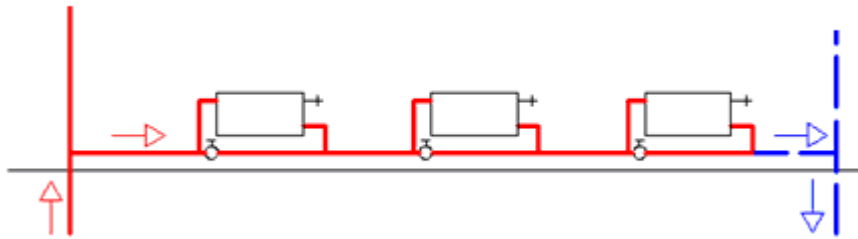


Obr. 5 Průtočné zapojení otopných těles [6, str.37]

### 2.4.1.2 Soustavy s obtokem

Otopná tělesa se napojují na rozvodové potrubí nejčastěji tzv. jezdeckým způsobem tak, že mezi přívodním a vratným potrubím k otopnému tělesu protéká v kmenové trubce pod otopným tělesem část vody a zbytek protéká tělesem samotným (obr. 6). Tím vznikla možnost použití regulačních armatur a umožnila se místní regulace otopného tělesa.

[1, str.16] [3, str.56] [4, str. 65]



Obr. 6 Zapojení otopných těles s obtokem [6, str.37]

### 2.4.2 Dvoutrubkové

U dvoutrubkového zapojení se přivádí do otopného tělesa přívodním potrubím teplá voda a vratným potrubím se ochlazená voda vrací zpět ke kotli. Podle směru proudu v přívodním a vratném potrubí rozlišujeme dvoutrubkové otopné soustavy protiproudé a souproudé. Princip je patrný z obr. 7.

#### 2.4.2.1 Protiproudé

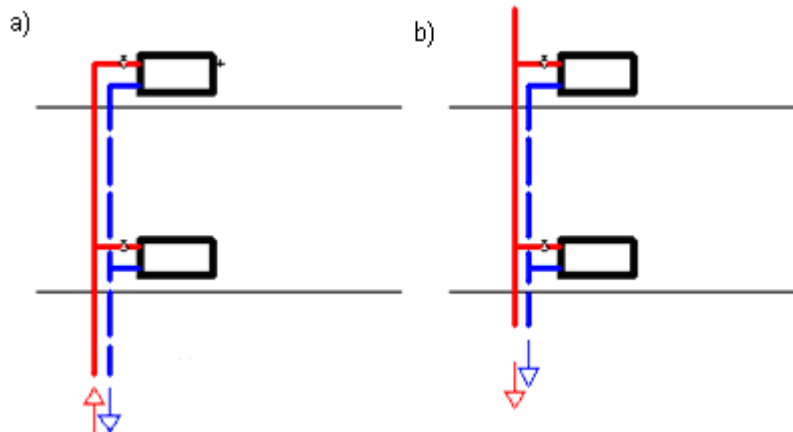
U protiproudého zapojení je většinou vratné potrubí vedeno stejnou cestou jako potrubí přívodní. Otopná voda proudí v potrubí v opačném směru. Toto zapojení má kratší rozvody, což snižuje náklady na materiál. Nevýhodou jsou ovšem hydraulické vlastnosti, při kterých dochází k nerovnoměrným průtokům otopné vody v paralelních větvích otopných těles. Proto je u tohoto zapojení nutná důkladná regulace.

#### 2.4.2.2 Souproudé

Využívá se tam, kde je možné vést přívodní a vratné potrubí vlastní cestou a rozvod tak zokruhovat. Nevýhodou jsou delší rozvody, ale dosáhne se rovnoměrného zásobování těles otopnou vodou i bez přílišného škrcení (regulace).

[1, str.15] [4, str.61]





Obr. 7 Zapojení dvoutrubkové a) protiproudé b) souproudé [6, str29]

## 2.5 Spojení soustavy s atmosférou

Otopné soustavy s otevřenou expanzní nádobou se označují otevřené otopné soustavy. Otopné soustavy s expanzním zařízením nebo tlakovou expanzní nádobou se nazývají uzavřené.

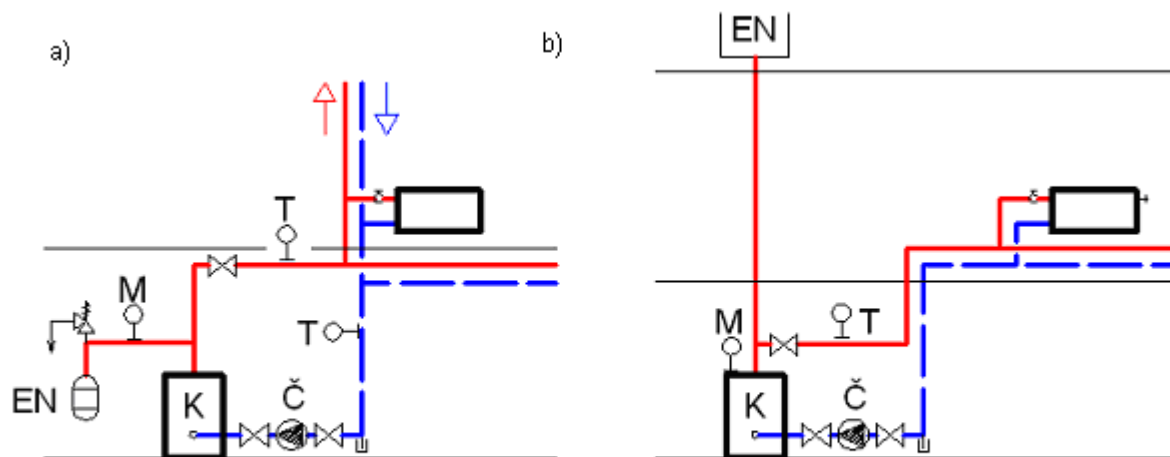
### 2.5.1 Otopné soustavy otevřené

Otopné soustavy otevřené jsou opatřeny otevřenou expanzní nádobou, kterou můžeme chápat jako nádobu s vodou, jejíž hladina je volně spojena s atmosférou. Nachází se vždy na nejvyšším místě soustavy. Zdrojem přetlaku je pouze vodní sloupec, který vyvolává hydrostatický tlak. Aby nedošlo k varu otopné vody, jsou tyto soustavy omezeny provozní teplotou do 95 °C. Otevřená expanzní nádoba je zároveň pojistným i zabezpečovacím zařízením, tzn. chránícím soustavu proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku a proti náhlým změnám teploty. Otopné soustavy otevřené se v současnosti téměř neprojektují. V nádobě dochází k volnému přístupu vzduchu k hladině a tím k sycení otopné vody kyslíkem. Dalšími důvody jsou odpařování vody a tudíž nutnost jejího doplňování v průběhu otopného období a nebezpečí zamrznutí .

### 2.5.2 Otopné soustavy uzavřené

Otopné soustavy opatřené tlakovou membránovou expanzní nádobou nebo automatickým expanzním zařízením nazýváme uzavřené otopné soustavy. U této soustavy odpadají nedostatky s otevřenou expanzní nádobou a dosahuje se podstatně větších provozních tlaků.

[1, str.24]



Obr. 8 Spojení soustavy s atmosférou a) Dvoutrubková soustava uzavřená  
b) Dvoutrubková soustava otevřená [6, str.30]

## 2.6 Materiál potrubního rozvodu

Základním požadavkem je dlouhá životnost a bezpečnost provozu. Materiál rozvodu podmiňuje celé koncepční řešení otopné soustavy. Při navrhování je nutno respektovat především fyzikální vlastnosti materiálu, mezi které patří teplotní délková roztažnost, teplotní odolnost, mechanická pevnost, montážní omezení. V neposlední řadě je důležitým faktorem odolnost vůči korozi, proti které musí být soustava chráněna z venkovní i vnitřní strany.

Mezi běžně používané materiály pro teplovodní otopné soustavy patří:

- Ocel
- Měď
- Plasty

### 2.6.1 Potrubí z oceli

Používají se trubky bezešvé závitové nebo bezešvé hladké nejčastěji oceli třídy 11 353.0. Ve výkresové dokumentaci se označují jmenovitou světlostí DN. Pro menší průměry DN 10 až DN 50 se používají bezešvé závitové trubky. Trubky bezešvé hladké se používají v rozsahu průměrů od DN15 do DN 350. Vyrábí se v různém provedení tloušťky stěny. Pro normální teplovodní otopné soustavy však stačí základní řada s nejmenší tloušťkou stěny. Přehled označování jmenovitých světlostí trubek je znázorněn na obrázku 9. U potrubí z oceli je možné provádět spoje rozebratelné a nerozebratelné, ale většinou se spojuje svařováním elektrickým obloukem nebo kyslíkoacetonovým plamenem. Po celé délce musí být opatřeno ochranným nátěrem a tam, kde prochází nevytápěným prostorem, opatřeno tepelnou izolací. Výhodou oceli je jeho malá teplotní délková roztažnost, z uvedených

materiálů nejnižší. „Součinitel teplotní roztažnosti  $\alpha$  [1/K] se pohybuje okolo hodnoty  $1,2 \cdot 10^{-5}/K$ .“ [1, str.34] Nevýhodou je jeho náchylnost ke korozi. Většina škod v otopných soustavách vyvolaných korozi je způsobena trvalou přítomností kyslíku v otopné vodě.

K zásadám pro zamezení vnikání kyslíku do otopné vody patří:

- zajištění přetlaku v celé otopné soustavě
- při použití otevřené expanzní nádoby volit její tvar s minimální plochou hladiny vody.

U ocelových trubek je nevhodnější  $Ph = 10$ .

[1, str.33] [5, str.10] [6, str.63]

DN [mm]	Trubkový závit ["]	DN [mm]	Trubkový závit ["]	DN [mm]	Trubkový závit ["]
6	1/8	15	1/2	32	1 ¼ (5/4)
8	1/4	20	3/4	40	1 ½ (6/4)
10	3/8	25	1	50	2

Tab. 1 Rozměry ocelových závitových a bezešvých trubek [6, str.63]

## 2.6.2 Potrubí z mědi

Na našem trhu jsou k dostání měděné trubky měkké, polotvrdé nebo tvrdé. Měkké se dodávají v kotoučích do průměru DN 20 v délkách 25 nebo 50m. Polotvrdé a tvrdé se dodávají jako tyče většinou o délce 5m, polotvrdé do DN 25 a tvrdé v rozmezí DN 10 až DN 50. Spojování měděných trubek se provádí kapilárním pájením, které je nejběžnější, lisováním, nebo šroubením se svěrným kroužkem. Běžně se využívá měkkých pájek, v případě zvýšeného namáhání se používá pájek tvrdých.

„Součinitel teplotní délkové roztažnosti dosahuje hodnoty  $1,65 \cdot 10^{-5}/K$ .“ [1, str.35] Správným vedením trubek, případně použitím kompenzačních prvků se dají odstranit nežádoucí vlivy délkové roztažnosti. Uvnitř trubky se působením kyslíku vytváří tenká vrstva patiny, která chrání vnitřní povrch před škodlivými účinky proudící vody. Intenzita atmosférické koroze je o řád nižší než u trubek ocelových, proto u potrubí volně vedeného před stěnami není nutný dodatečný povlak. Potrubí které je vedeno pod omítkou má být izolováno.

[1, str.34] [5, str.10] [6, str.64]

DN [mm]	Vnější průměr [mm]	DN [mm]	Vnější průměr [mm]	DN [mm]	Vnější průměr [mm]
6	8	15	15,18	32	35
8	10	20	22	40	42
10	12	25	28	50	54

Tab. 2 Rozměry měděných trubek [6, str.64]

### 2.6.3 Potrubí z plastů

Nejčastěji používané plasty pro rozvody teplovodních otopných soustav:

- „- síťovaný polyetylén (PEX, VPE)
- polybuten (polybutylen, polybuten-1, PB)
- statický polypropylen PVC (PP-R, PP-RC, PP-3)
- chlorované PVC (C-PVC, PVC-C)
- vícevrstvá potrubí s kovovou vložkou.“ [1, str.37]

U potrubí z plastů se značí vnější průměr x tloušťka stěny v milimetrech. „Součinitel délkové teplotní roztažnosti se u nejpoužívanějších plastů pohybuje v rozmezí od 15 do  $23 \cdot 10^{-5}/K$ ,“ [1, str.38] což je o jeden řád větší hodnota než u oceli nebo mědi. Z tohoto důvodu se musí v potrubní síti navrhovat dostatečná kompenzace. Ta se provádí ponecháním kompenzační délky místě odklonění potrubí, nebo použitím U kompenzátoru. Spojování se podle druhu provádí polyfuzním svařováním (PP-3, PB), svařováním za studena (PVC-C), lisováním (PE-X).

Mezi hlavní výhody plastového potrubí patří hygienická nezávadnost, odolnost proti korozi, při splnění provozních a montážních požadavků dlouhá životnost, malá hmotnost a rychlost montáže.

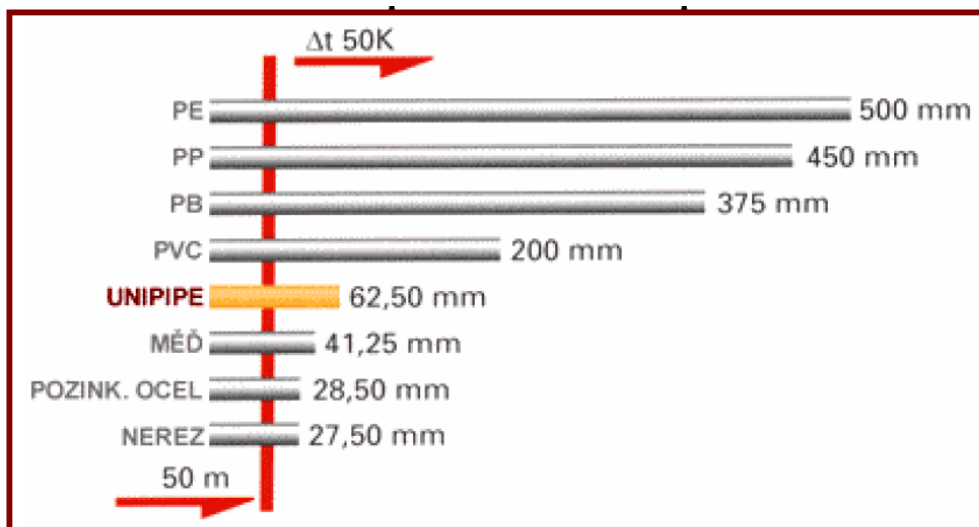
Mezi hlavní nevýhody patří již zmiňovaná vysoká délková teplotní roztažnost a jsou zde možná ekologická rizika při výrobě.

[1, str.37] [5, str.10] [6, str.65]

Délková roztažnost:

$$\Delta L = L_1 - L_0 = \alpha \cdot L_0 \cdot (t_p - t_m) \quad [\text{mm}] \quad [6, \text{str.62}]$$

- $\alpha$  součinitel délkové roztažnosti
- $L_0$  délka trubky při montážní teplotě
- $L_1$  délka trubky při provozní teplotě
- $t_p$  provozní teplota
- $t_m$  montážní teplota



Obr. 9 Srovnání teplotní roztažnosti materiálů používaných k výrobě potrubí [6, str.62]

### 3 NÁVRHY MOŽNÉHO ŘEŠENÍ OTOPNÝCH SOUSTAV

Při navrhování otopné soustavy se musí vycházet z požadavků pro konkrétní budovu. Mezi klíčové aspekty, kterými je třeba se řídit patří druh budovy, k jakým účelům a po jakou dobu je budova využívána, dostupný druh paliva a pořizovací a provozní náklady v této budově.

Hlavním parametrem, který rozhoduje o možnostech projektování teplovodních otopných soustav, je oběh vody v soustavě. Ten je buď přirozený, nebo nucený. Je třeba zmínit, že od otopných soustav s přirozeným oběhem vody se v dnešní době ustupuje.

#### 3.1 Vytápění s přirozeným oběhem vody

Jedná se o soustavy s otevřenou expanzní nádobou s pracovní teplotou do 95°C. Voda v otopné soustavě cirkuluje díky účinnému tlaku  $\Delta p_c$ , který vzniká rozdílnou hmotností otopné vody v přívodním a vratném potrubí a výškovým rozdílem H. Účinný tlak je rozdíl mezi hydrostatickým tlakem v přívodním a zpětném potrubí a pokrývá tlakové ztráty v okruzích jednotlivých těles.

Účinný tlak  $\Delta p_c$

$$p_1 = H\rho_1g$$

$$p_2 = H\rho_2g$$

$$\Delta p_c = p_1 - p_2$$

$$\Delta p_c = Hg(\rho_1 - \rho_2) \text{ [MPa] [6, str.32]}$$

Přirozený oběh otopné vody se pro své omezené hydraulické vlastnosti využívá zejména u soustav málo půdorysně rozlehlých s většími výškovými rozdíly H mezi otopnými tělesy a zdrojem tepla. Je vhodný pouze pro soustavy teplovodní, kde se volí jako ideální teplotní spád 90/70°C. Z těchto důvodů se projektuje zvláště u rodinných domků a menších objektů.

#### Výhody

- soustava je nezávislá na zdroji elektrické energie
- jedná se o jednoduché, levné zařízení s nenáročnou obsluhou
- v soustavě nejsou zdroje hluku (čerpadlo)

#### Nevýhody

- účinný tlak je malý
- armatury s malými tlakovými ztrátami a omezená možnost regulace
- velké průměry potrubí a malá rychlost proudění otopné vody
- pomalý zátop a pomalá reakce na klimatické změny
- z otevřené expanzní nádoby se odpařuje otopná voda, kterou je třeba v průběhu otopné sezóny doplňovat

[1, str.8] [5, str.2] [6, str.32]

### 3.1.1 Dvoutrubková protiproudá vertikální soustava se spodním rozvodem

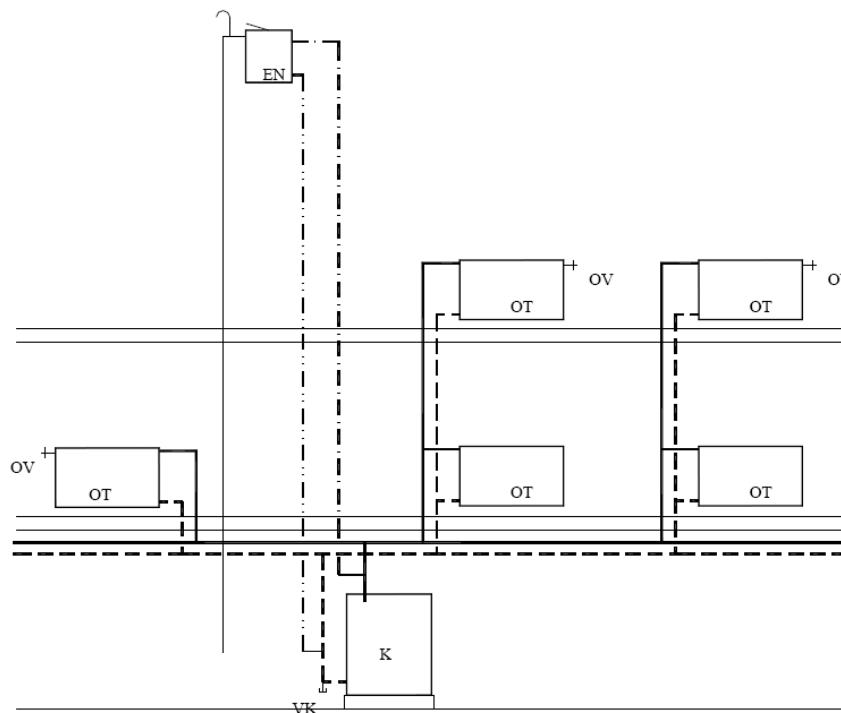
Jedná se o často používané řešení. Jeho schéma je znázorněno na obrázku 10. Horizontální rozvodové potrubí je zavěšeno pod stropem technického podlaží, na které jsou připojeny vertikální stoupačky. Otopná tělesa jsou připojena pouze krátkými přípojkami ke stoupačkám. Soustava je zabezpečena otevřenou expanzní nádobou, která je spojena s kotlem pomocí pojistného potrubí. Odvzdušnění se zpravidla provádí přes tělesa v nejvyšším podlaží. „Aby se umožnilo odvzdušnění celé soustavy, vedou se horizontální potrubí a přípojky otopných těles s mírným stoupáním (5‰) k místům připojení odvzdušňovacího potrubí nebo odvzdušňovacích ventilů.“ [2, str.27]

#### Výhody

- jednoduchá konstrukce

#### Nevýhody

- horší účinný vztlak  
[1, str.48] [2, str.27] [5, str.2] [6, str.33]



Obr. 10 Dvoutrubková protiproudá vertikální soustava se spodním rozvodem  
[5, str.2]

### 3.1.2 Dvoutrubková vertikální soustava s horním rozvodem

Přívodní potrubí je vedeno pod stropem nejvyššího podlaží, nebo v půdním prostoru domu. V případě vedení potrubí půdním prostorem je nutná důkladná izolace, z důvodů velkých tepelných ztrát a nebezpečí možného zamrznutí. Vratné potrubí je

vedeno pod tělesy, nebo v kanále. Použitím horního rozvodu se dosáhne o něco vyššího účinného vztlaku než použitím spodního rozvodu.

#### Výhody

- proti předchozímu typu soustavy se díky zvýšení účinného vztlaku zlepšil přirozený oběh vody
- uvedení do chodu je rychlejší

#### Nevýhody

- složitější konstrukce než u soustavy se spodním rozvodem
  - tepelné ztráty a možnost zamrznutí v horním přívodním potrubí
- [2, str.28] [5, str.3] [6, str.33]

### **3.1.3 Dvoutrubková soustava etážového vytápění**

Zapojení dvoutrubkové soustavy etážového vytápění je patrné z obrázku 11. Tímto způsobem je možno vytápět jedno podlaží, obvykle se ale používá k vytápění jednoho bytu. Zdroj tepla se nachází ve stejném podlaží, jako otopná tělesa. Protože jsou osy otopných těles přibližně ve stejné výšce jako osa kotle, je účinný vztlak v okruhu pouze funkcí výšky  $h$ , danou výškou přívodního potrubí nad osou kotle a využívá se ochlazení otopné vody v přívodním potrubí a přípojkách k jednotlivým tělesům. Proto se toto potrubí nesmí izolovat. Aby se usnadnilo odvzdušňování, jsou horizontální přívodní i vratné potrubí a přípojky k otopným tělesům vedeny se sklonem. Doporučuje se umístění otopných těles co nejbližší kotle.

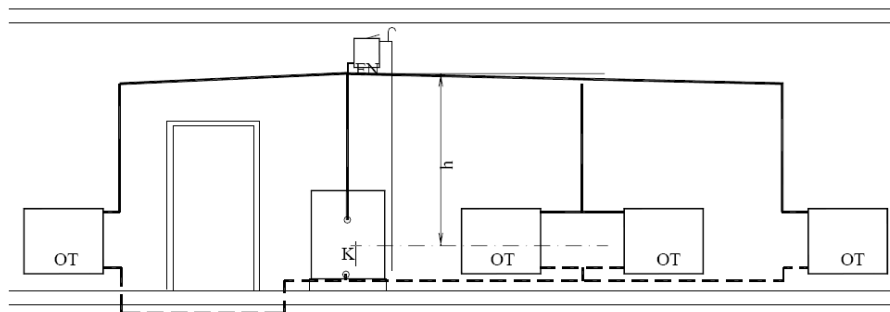
#### Výhody

- možnost vytápět samostatné domácnosti

#### Nevýhody

- velice malý účinný vztlak v soustavě a tím i špatné hydraoulické vlastnosti
- pomalý zátop

[1, str.51] [2, str.28] [5, str.3] [6, str.34]



*Obr. 11 Dvoutrubková soustava etážového vytápění [5, str.3]*

### 3.2 Vytápění s nuceným oběhem vody

Jedná se o soustavy uzavřené. Oběh vody v otopné soustavě je zajišťován oběhovými čerpadly, nebo tlakovými expanzními nádobami, které jsou schopné překonávat mnohonásobně větší tlakové ztráty. Díky tomu můžeme zavést optimální regulaci, která u soustavy s přirozeným oběhem není možná. Využití nalézá u budov, které jsou půdorysně rozlehlé, s větším tepelným příkonem, ale v dnešní době již nahradila otopné soustavy otevřené téměř ve všech případech.

#### Výhody nuceného oběhu

- menší jmenovité světlosti potrubí a vyšší rychlosti proudění
- schopnost překonat větší tlakové ztráty, které hradí čerpadlo
- možnost volby optimálních regulačních prvků
- rychlejší zátop
- nižší investiční náklady
- zdroj tepla se může umístit do stejné výšky jako otopná tělesa nebo i výš

#### Nevýhody nuceného oběhu

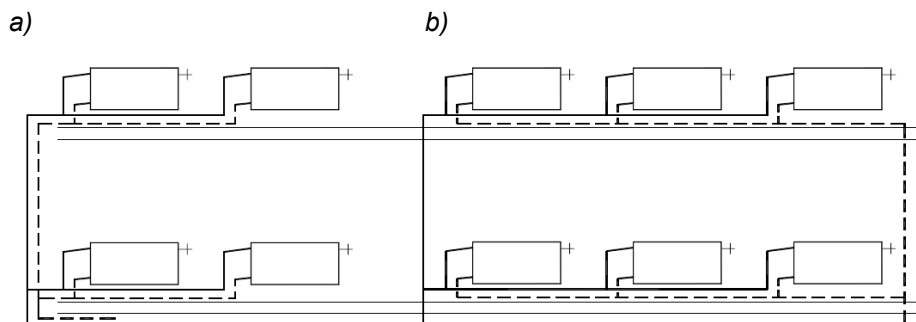
- provoz je závislý na dodávce elektrické energie
- soustava je provozně nákladnější
- hluk od čerpadel v soustavě

[1, str.9] [5, str.4] [6, str.35]

#### 3.2.1 Dvoutrubková vertikální otopná soustava se spodním rozvodem (nebo horním)

Celá otopná soustava je odzdušněna přes nejvýše položená otopná tělesa odzdušňovacími ventily. K zajištění místní regulace se používají termostatické radiátorové ventily. Při jejich instalaci je nutné zajistit odzdušnění každého otopného tělesa zvlášť. U soustavy s horním rozvodem kterým vede potrubí půdním prostorem, musí být potrubí důkladně izolováno. Tato soustava se používá, například pokud není budova podsklepena a zdroj tepla se umísťuje v horní části soustavy.

U dvoutrubkových otopných soustav lze projektovat také horizontální rozvod k otopným tělesům, a to jak souproutý tak protiproutý (obr. 12).



Obr. 12 Dvoutrubkové zapojení otopných těles s horizontálním rozvodem k tělesům  
a) protiproudé zapojení b) souprouté zapojení (Tichelmannovo) [5, str.5]



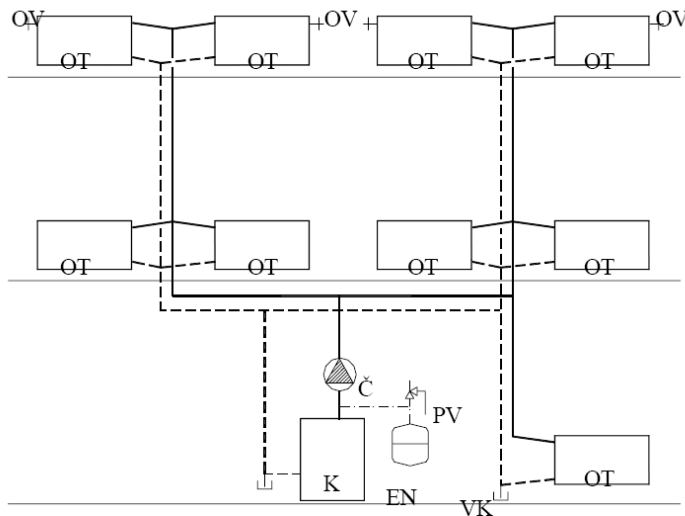
### Výhody:

- provozní spolehlivost
- hydraulická a tepelná stabilita
- tělesa pracují se stejnými teplotními parametry otopné vody

### Nevýhody:

- při regulaci radiátorovými ventily, je nutné odvzdušňovat každé otopné těleso zvlášť

[1, str.52] [5, str.4]



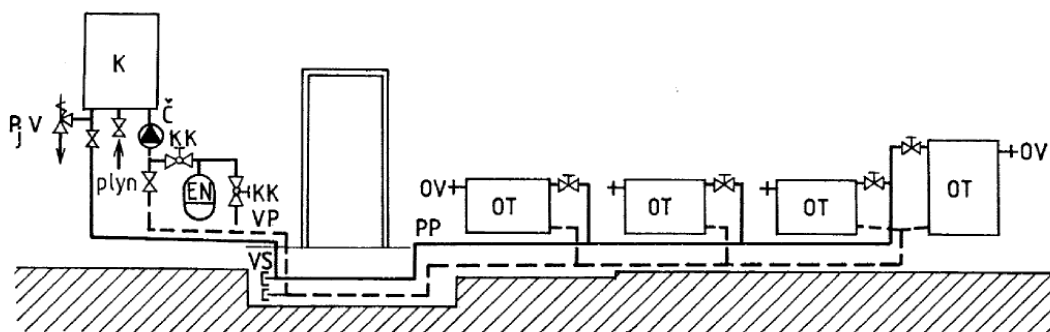
Obr. 13 Dvoutrubková vertikální otopná soustava se spodním rozvodem [5, str.4]

### **3.2.2 Dvoutrubková soustava etážového vytápění s nuceným oběhem vody**

V dnešní době se pro své špatné hydraulické vlastnosti etážové vytápění s přirozeným oběhem vody již neprojektuje. Etážové vytápění s nuceným oběhem vody nabízí automatickou regulaci soustavy podle nastavení vnitřní teploty, a tím kromě komfortu zajišťuje dobrou hospodárnost provozu. Expanzní nádoba s membránou, oběhové čerpadlo a pojistný ventil bývají již součástí kotle. Schéma dvoutrubkové soustavy etážového vytápění s nuceným oběhem vody je na obrázku 14.

### Výhody:

- Moderní, komfortní a hospodárné
- [1, str.52] [5, str.4]

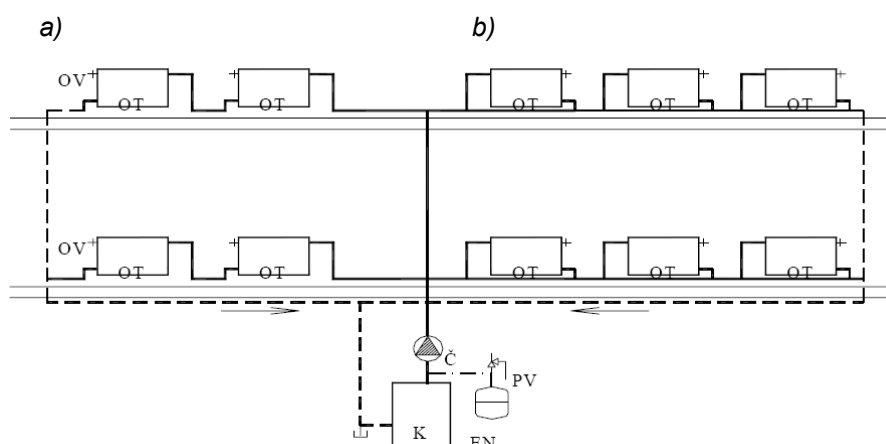


Obr. 14 Dvoutrubková soustava etážové vytápění s nuceným oběhem vody [7]

### 3.2.3 Jenotrubkové otopné soustavy horizontální

Nejjednodušší varianta je jednotrubková otopná soustava s otopnými tělesy zapojenými průtočně za sebou, kde veškerá otopná voda protéká postupně všemi tělesy.

V dnešní době se dává přednost soustavám s obtokem nebo směšovací armaturou. Část vody protéká tělesem a část ve zkratu pod tělesem, kde se používá zúžení trubky, škrťací clona nebo sací fitinka.



Obr. 15 Jenotrubková otopná soustava horizontální a) průtočná b) s obtokem [5, str.6]

#### Výhody jednotrubkových otopných soustav s nuceným oběhem:

- minimální počet svislých rozvodů, jednodušší rozvod v technickém podlaží
- Samostatné napojení bytů a zón a tím regulaci po patrech nebo bytech
- kratší rozvody
- soustava lze relativně snadno instalovat do starší zástavby

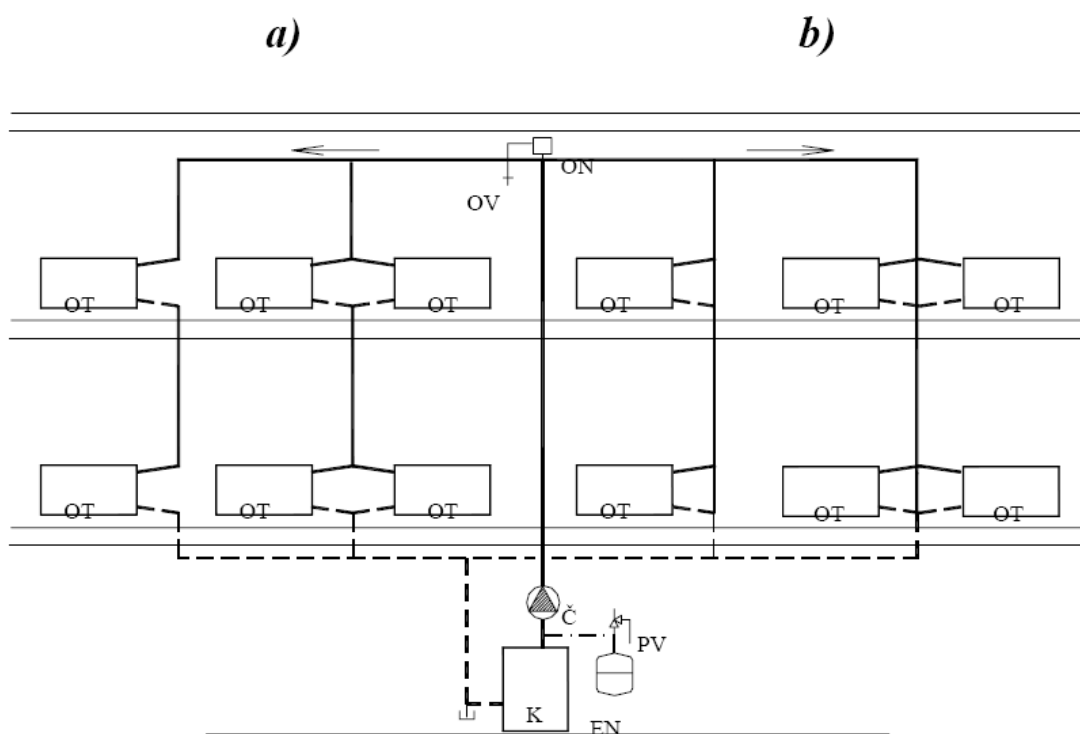
#### Nevýhody jednotrubkových otopných soustav s nuceným oběhem:

- Nestejná střední teplota těles, otopná voda se ve směru proudění těleso od tělesa ochlazuje – potřeba zohlednit při navrhování otopné plochy tělesa
- každé těleso se odvzdušňuje zvlášť

[2, str.32] [5, str.6] [6, str.36]

### 3.2.4 Jenotrubkové otopné soustavy vertikální

U jedno trubkových soustav lze projektovat také rozvod vertikální. Schéma je znázorněno na obrázku 16. Obvykle se provádí s horním rozvodem. I zde je možné zapojení průtočné nebo s obtokem. Výhody a nevýhody jsou obdobné jako u jedno trubkové otopné soustavy horizontální. Používá se ve vysokých budovách. [2, str.33] [5, str.7] [6, str.36]



Obr. 16 Jednotrubková otopná soustava vertikální a) průtočná b) se skratem [5, str.7]

## ZÁVĚR

Váha na volbu správného řešení otopných systémů stále roste. Důvodem je zvyšující se cena energií. Projektují se nejen otopné soustavy v nových budovách, ale jsou stále častější i rekonstrukce již stávajících otopných soustav.

Cílem této práce bylo zpracovat souhrn a zhodnocení teplovodních otopných soustav a prvků použitých v těchto soustavách.

Výsledky teoretického studia jsou shrnuty v bodech:

- Při volbě teplovodní otopné soustavy se vychází z parametrů vytápěné budovy. Mezi tyto parametry patří: Druh budovy (výška, půdorysná rozlehlost, zda-li je budova podsklepena a má půdní prostory, možnost prostupu vertikálního potrubí), k jakému účelu a po jakou dobu je využívána, pořizovací a provozní náklady.
- Přestávají se projektovat teplovodní otopné soustavy s přirozeným oběhem otopné vody a nahrazují je soustavy s oběhem nuceným. Důvodem jsou hlavně rozdílné hydraulické vlastnosti. Nucený oběh je schopen překonávat mnohonásobně větší tlakové ztráty. Umožňuje se tak regulace soustav, díky níž se dosahuje optimálních provozních parametrů.
- Rozšiřují se možnosti v použití materiálů rozvodů. Kromě oceli se používá měď, která byla v minulosti nedostatkovým materiálem, a plasty. Ty se vyskytují v mnoha druzích s různými vlastnostmi. Nejvhodnější použití je u hvězdicového rozvodu, který byl navrhnout právě pro použití plastů.
- Moderní a komfortní vytápění v bytech se stává etážové vytápění.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BAŠTA, Jiří; KABELE, Karel. *Otopné soustavy teplovodní*. 3.vyd., Společnost pro techniku prostředí. 2008. ISBN 978-80-02-02064-6
- [2] Kolektiv autorů; FRIDRICH, Vladimír. *Vytápění*. Informační a poradenské středisko ČEZ, a.s., Společnost pro techniku prostředí. 1996. ISBN 80-02-01074-4
- [3] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění domů a bytů*. Granada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-401-0
- [4] JÁNSKÝ, Jiří. *Tepelné soustavy: příručka pro mistrovské zkoušky*. Cech topenářů a instalatérů ČR, 1996.
- [5] www stránky Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov, *syllabus Otopné soustavy*, <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/SOUSTAVY.pdf>
- [6] www stránky SPŠ Tábor, *Pracovní sešit - Vytápění*, [http://www.sps-tabor.cz/attachment/sipvz\\_vytapeni.pdf](http://www.sps-tabor.cz/attachment/sipvz_vytapeni.pdf)
- [7] www stránky České vysoké učení technické, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, <http://utp.fs.cvut.cz>