

# TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY

**Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.**

ČVUT v Praze, Fakulta strojní  
Ústav techniky prostředí

[Roman.Vavricka@fs.cvut.cz](mailto:Roman.Vavricka@fs.cvut.cz)

# Složení otopné soustavy

## ➤ Zdroje tepla

kotle na pevná, plynná nebo kapalná paliva, tepelné čerpadla (země – vzduch, vzduch – vzduch, voda – voda a jiné), výměníky tepla (parní nebo vodní)

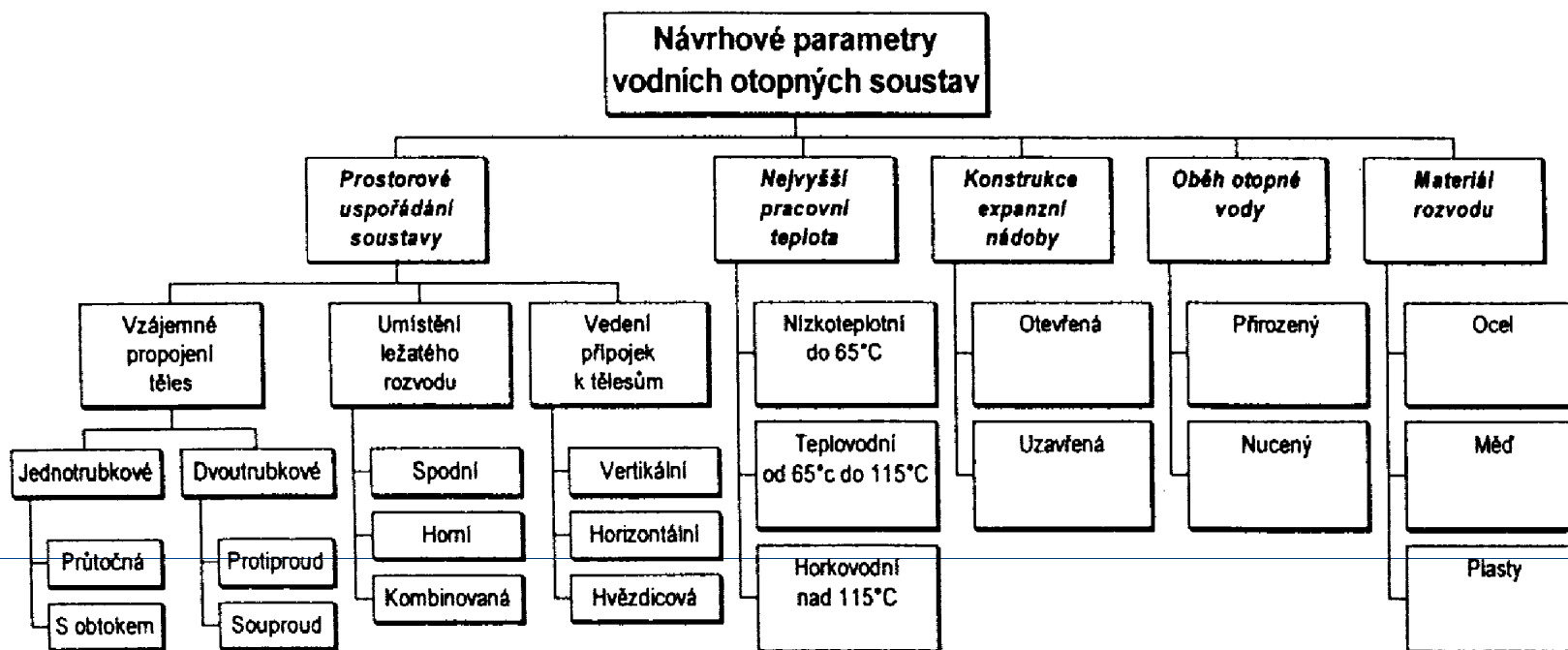
## ➤ Potrubní sítě

rozdělené podle způsobu propojení otopných těles, pracovní teploty, konstrukce expanzní nádoby, oběhu vody či materiálu rozvodu

## ➤ Spotřebiče tepla

otopná tělesa – článková, desková, trubková a konvektory

# Rozdělení teplovodních otopných soustav



# Rozdělení teplovodních otopných soustav

Dělení podle zajištění oběhu otopné vody:

- soustavy s přirozeným oběhem
- soustavy s nuceným oběhem

Dělení podle provedení hlavního rozvodu

- soustavy se spodním rozvodem
- soustavy s horním rozvodem

Dělení podle rozvodu k jednotlivým OT

- vertikální
- horizontální

# Rozdělení teplovodních otopných soustav

Dělení podle způsobu přívodu a odvodu otopné vody k/z otopných těles

➤ dvoutrubkové

- ✓ protiproudé
- ✓ souproudé

➤ jednorubkové

- ✓ bez obtoků těles (průtočné, se čtyřcestnými armaturami)
- ✓ s obtoky těles

# Rozdělení teplovodních otopných soustav

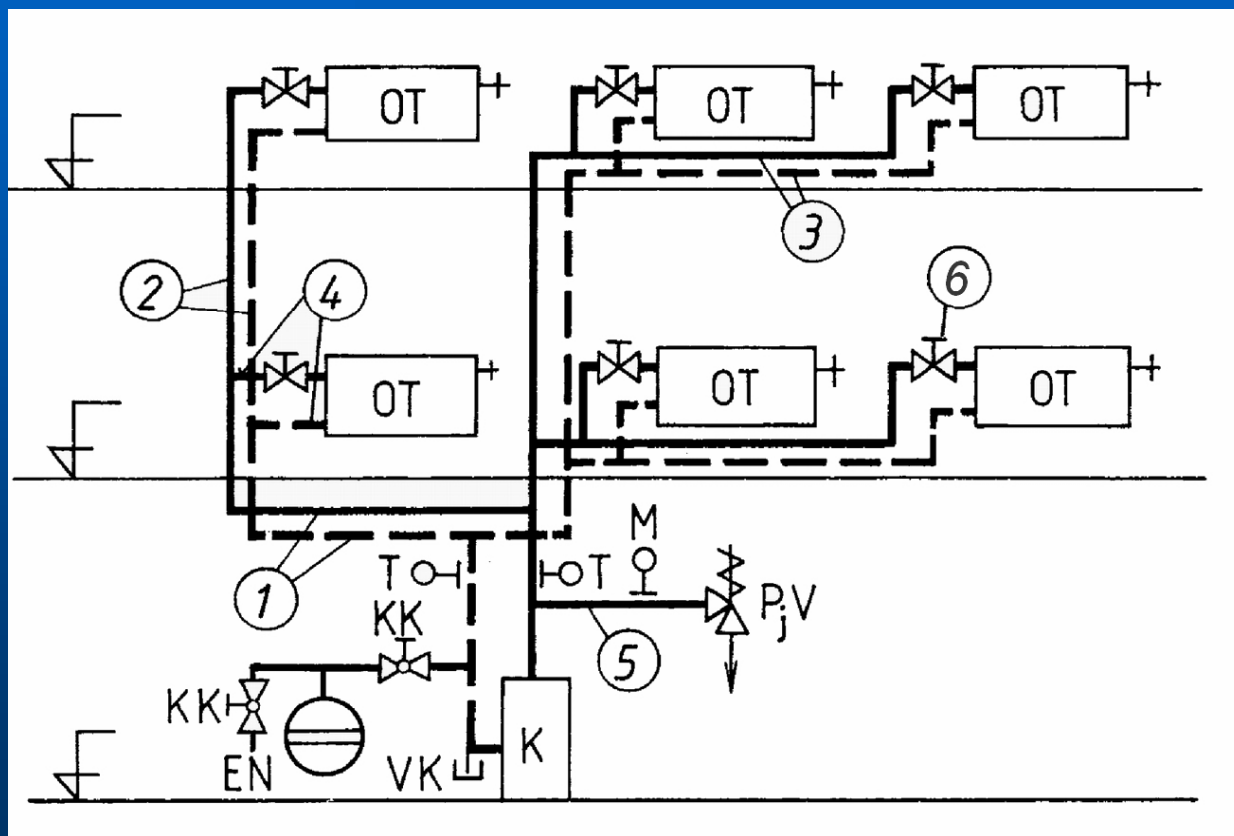
## Dělení podle spojení s atmosférou

- teplovodní otopné soustavy otevřené
- teplovodní otopné soustavy uzavřené

## Dělení podle teploty teplonosné látky

- otopné soustav nízkoteplotní do 65 °C
- otopné soustavy teplovodní do 115 °C
- otopné soustavy horkovodní nad 115 °C

# Části otopné soustavy



- 1 – hlavní ležaté rozvody
- 2 – stoupačky
- 3 – podlažní ležaté rozvody
- 4 – připojovací potrubí
- 5 – pojistné potrubí
- 6 – armatury

# Materiál rozvodu

## Ocelová potrubí

- ✓ dobré mechanické vlastnosti, nízká teplotní délková roztažnost, možnost svařování nebo spojování rozebíratelným způsobem
- ✓ nízká odolnost proti korozi

## Měděná potrubí

- ✓ vysoká odolnost proti korozi, velká pevnost, možnost použití malých tloušťek stěn potrubí, menší tlaková ztráta na 1 m potrubí než u ocel. potrubí
- ✓ větší teplotní délková roztažnost (cca o 40 % oproti oceli, např. pro průchod stěnou je lepší opatřit potrubí pouzdem)

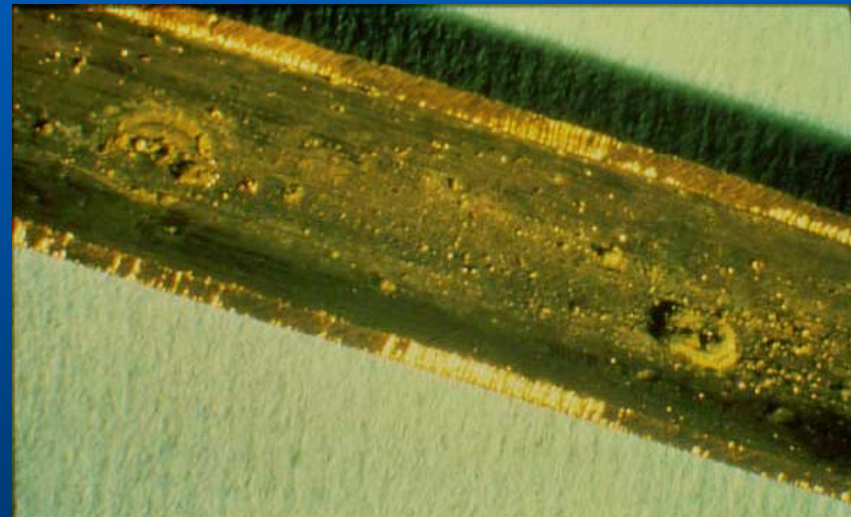


# Vznik koroze v potrubí

Hlavní příčinnou koroze v otopných soustavách je přítomnost kyslíku v otopné vodě

Korozi v potrubí lze rozdělit na:

- povrchovou
- bodovou



Opatření proti vzniku koroze:

- dodržení pH otopné vody (ocel pH = 10, měď pH > 6)
- dodržení maximálních rychlostí proudění otopné vody v potrubí (u nuceného rozvodu  $w_{\max} = 0,5$  až  $0,6$  m/s)

# Materiál rozvodu

## Plastová potrubí

- ✓ menší hydraulická ztráta, lehkost potrubí, odolnost vůči korozi, neagresivní potrubí vůči otopné vodě
- ✓ vysoká teplotní délková roztažnost (10 x větší než u kovových materiálů), maximální provozní teplota (do 100 až 140 °C), nižší tlaková odolnost, difúze kyslíku stěnami potrubí

*Zjednodušeně vnikání kyslíku do otopné vody podporuje tzv. „dýchání“ systému (kolísání tlaku v systému) tj. při ohřevu vody vzniká tepelnou roztažností vody přetlak a při chladnutí vody pak následuje podtlak. Tento podtlak pak umožňuje proces vnikání kyslíku do vody skrze stěny potrubí.*

# Materiál rozvodu

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$\Delta l$  - změna délky potrubí [mm]

$l_0$  - délka úseku potrubí [m]

$\alpha$  - součinitel teplotní délkové roztažnosti potrubí [mm/m·K]

$\Delta t$  - rozdíl teplot [K]

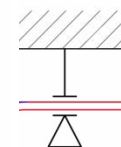
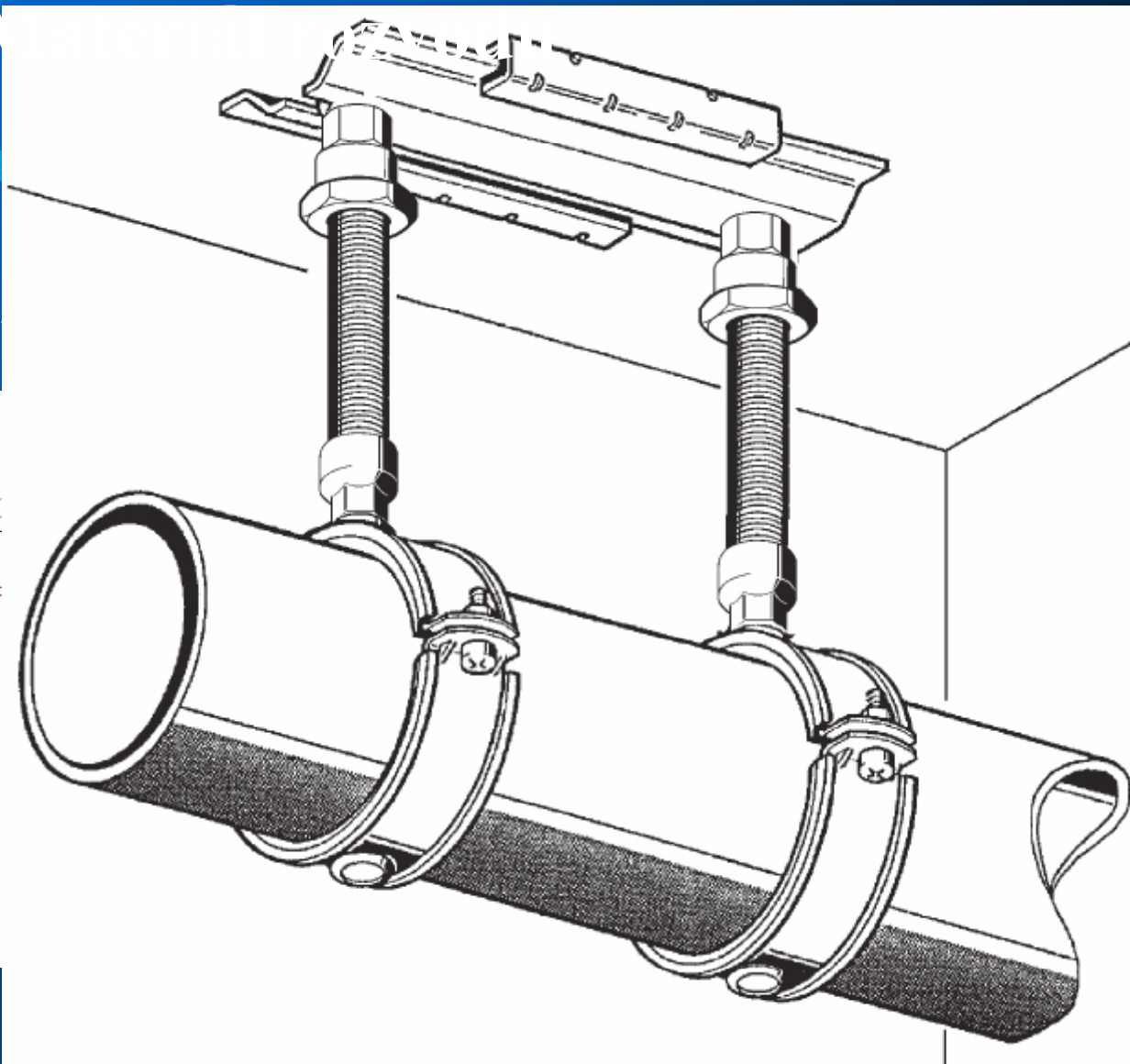
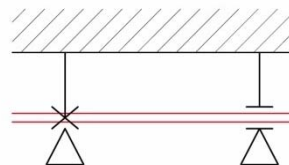
Materiál potrubí	Součinitel délkové roztahnosti $\alpha$ [mm/m·K]	Modul pružnosti $E$ [MPa]	Hmotnost potrubí DN 15 [kg/m]
Ocel	0,012	200 až 250·10 <sup>3</sup>	1,23
Měď	0,017	110 až 130·10 <sup>3</sup>	0,48
Hliník	0,0238	66 až 76·10 <sup>3</sup>	0,34
AL-PEX (vícevrstvé)	0,026	5 až 7·10 <sup>3</sup>	0,147
PVC	0,08	3 až 9·10 <sup>3</sup>	0,137
PEX	0,15	6 až 9 ·10 <sup>3</sup>	0,169
PE-HD (PN 10)	0,18	0,8 až 1,4·10 <sup>3</sup>	0,174

# Materiál rozvodu

Změna délky 10 m dlouhého potrubí DN 15 při ohřátí o 50 K

Materiál potrubí	Změna délky $\Delta l$ [mm]
Ocel	6
Měď	8,5
Hliník	12
AL-PEX (vícevrstvé potrubí)	13
PVC	40
PEX	75
PE-HD (PN 10)	90

Lom



# Materiál rozvodu

$$L_K = 21,85 \cdot \sqrt{d \cdot \Delta l}$$

- Ocelové potrubí

$$L_K = 32,5 \cdot \sqrt{d \cdot \Delta l}$$

- Měděné potrubí

$$L_K = 29,9 \cdot \sqrt{d \cdot \Delta l}$$

- Plastové potrubí

$$L_p = 0,125 \cdot \sqrt[3]{\frac{a \cdot E \cdot J}{m}}$$

$L_p$

- vzdálenost podpěr potrubí [m]

$a$

- spád potrubí [%]

$E$

- modul pružnosti materiálu [Pa]

$J$

- moment setrvačnosti potrubí [m<sup>4</sup>]

$m$

- hmotnost potrubí [kg/m]

$$J_x = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)$$

# Materiál rozvodu

## Sít'ovaný polyetylén (PEX, VPE)

*Výhody:* dobrá tlaková odolnost i při vyšších teplotách (do 100 °C), dobré mechanické vlastnosti

*Nevýhody:* nedá se svařovat pouze lepit

## Polybuten (polybutylen PB)

*Výhody:* je dobře ohebný a má velkou pevnost, vyrábí se proto i tenčí než normální plastová potrubí, využití hlavně pro podlahové vytápění, může se svařovat, lepit nebo spojovat mechanickými spojkami

*Nevýhody:* křehne při -18 °C

## Statický polypropylen (PP-R, PP-RC)

*Výhody:* dobrá ohebnost (obsahuje 20 až 30 % etylénové složky), dá se svařovat i lepit

*Nevýhody:* max. provozní teplota 90 °C

# Materiál rozvodu

## Chlorované PVC

*Výhody:* možnost výroby různých variant dle požadavku na konkrétní využití až do 120 °C

*Nevýhody:* musí se spojovat pouze s tvarovkami dodané stejným výrobcem (tj. se stejnými vlastnostmi jako potrubí)

## Polyvinylidenfluorid PVDF

*Výhody:* odolnost až do 140 °C, dobře zpracovatelný, odolný vůči UV a Gama záření = nestárne tak rychle, dobré mechanické vlastnosti

*Nevýhody:* je poměrně drahý

## Vrstvená potrubí s kovovou vložkou (PPR-Al, PEX –Al, ..)

*Výhody:* vrstva hliníku uprostřed chrání otopnou soustavu proti difúzi kyslíku, nemají tak vysokou teplotní délkovou roztažnost jako normální plasty a přitom si zachovávají poměrně dobrou ohebnost a mechanickou odolnost

*Nevýhody:* vyšší cena

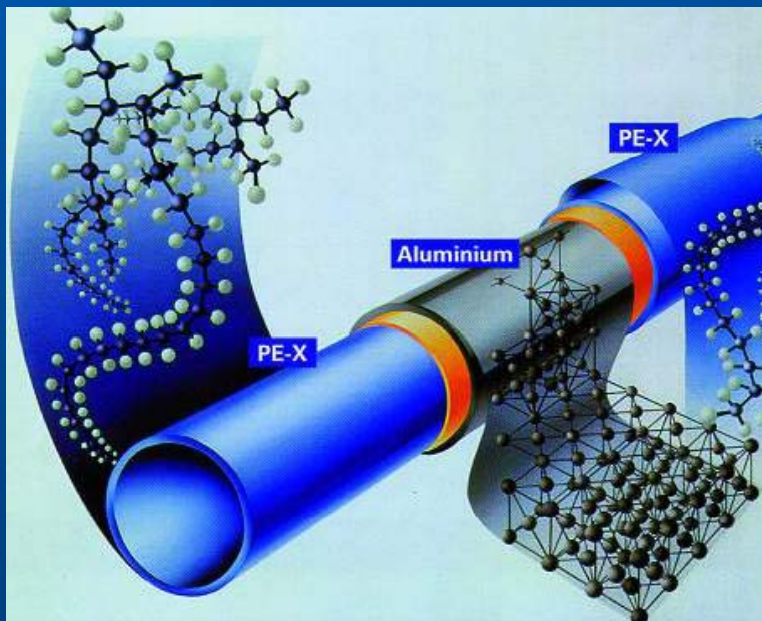


# Materiál rozvodu

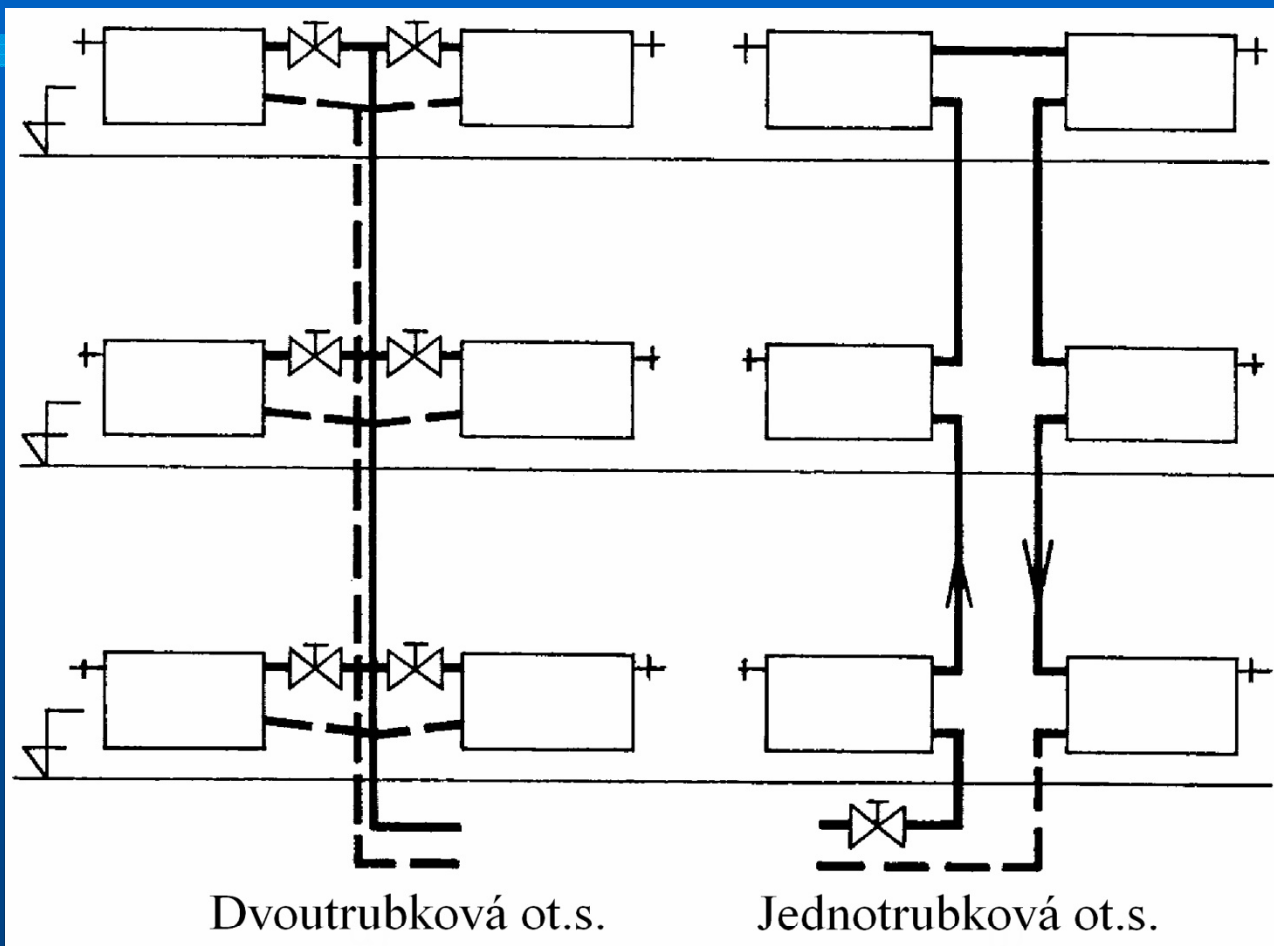
## Vrstvená potrubí s kovovou vložkou (PPR-Al, PEX –Al, ..)

*Výhody:* vrstva hliníku uprostřed chrání otopnou soustavu proti difúzi kyslíku, nemají tak vysokou teplotní délkovou roztažnost jako normální plasty a přitom si zachovávají poměrně dobrou ohebnost a mechanickou odolnost

*Nevýhody:* vyšší cena



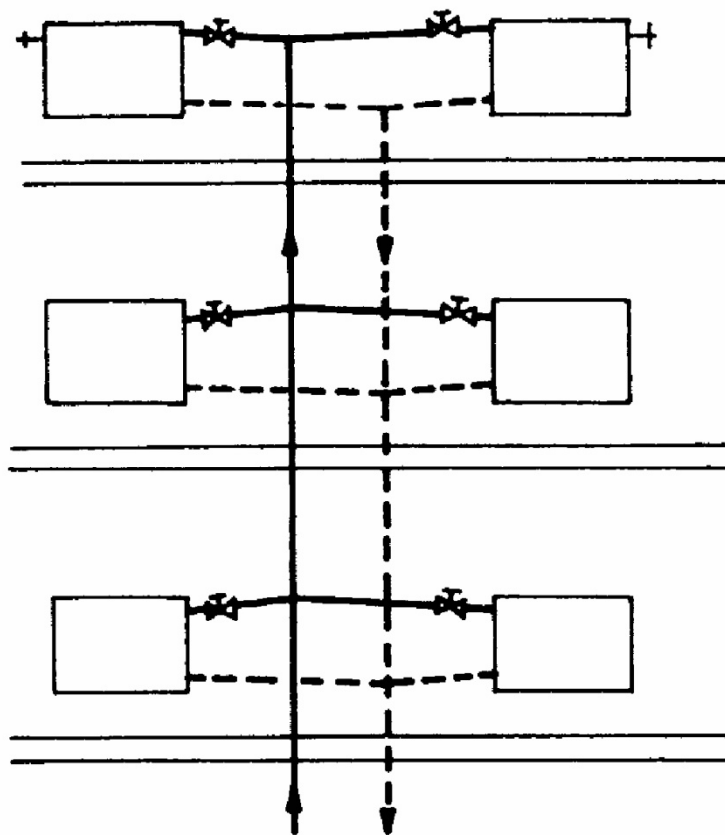
# Vzájemné propojení otopných těles



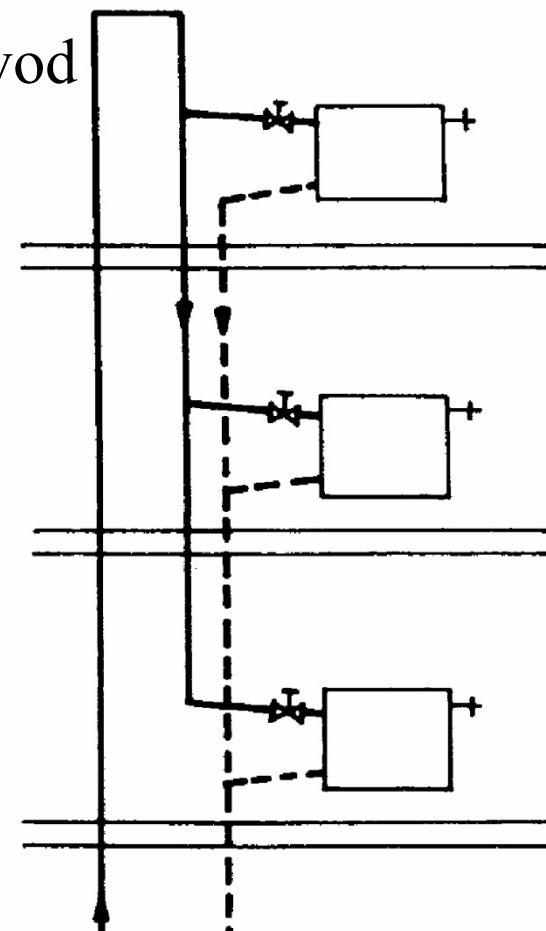
Protiproudé zapojení

# Vzájemné propojení otopných těles

Vertikální rozvod



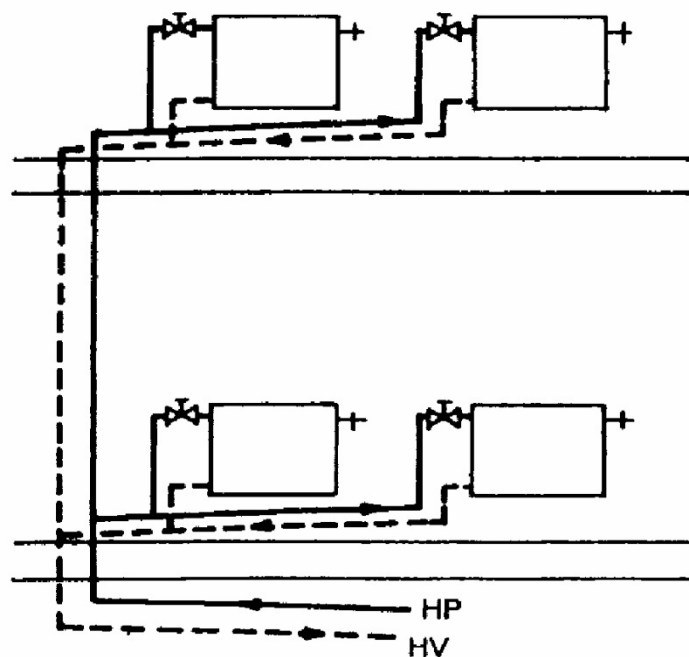
Protiproudé zapojení  
dvoutrubkové sous.



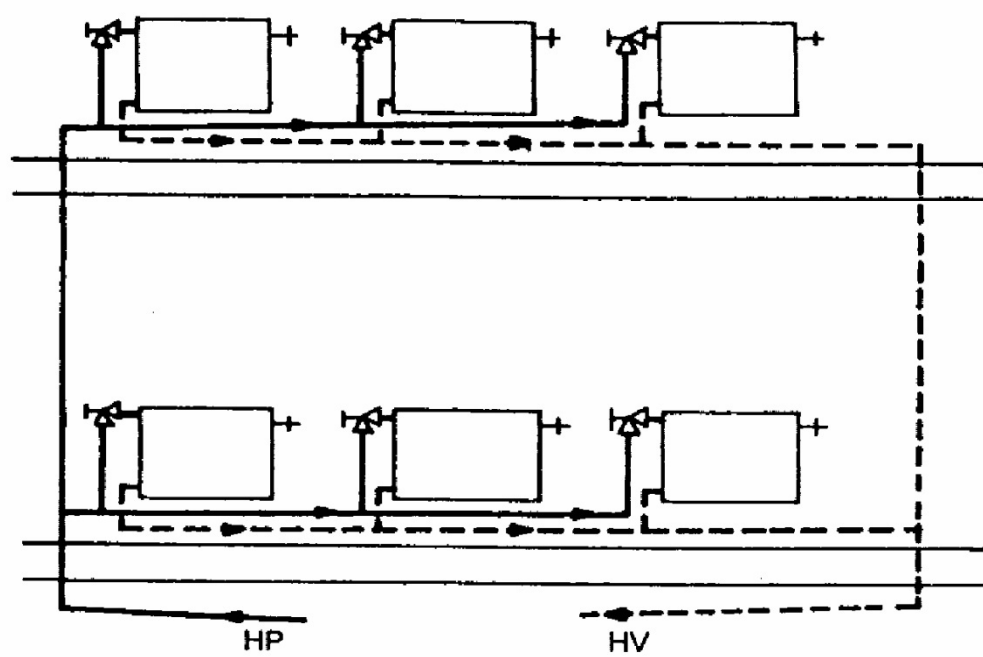
Souproudé zapojení  
dvoutrubkové sous.

# Vzájemné propojení otopných těles

## Horizontální rozvod

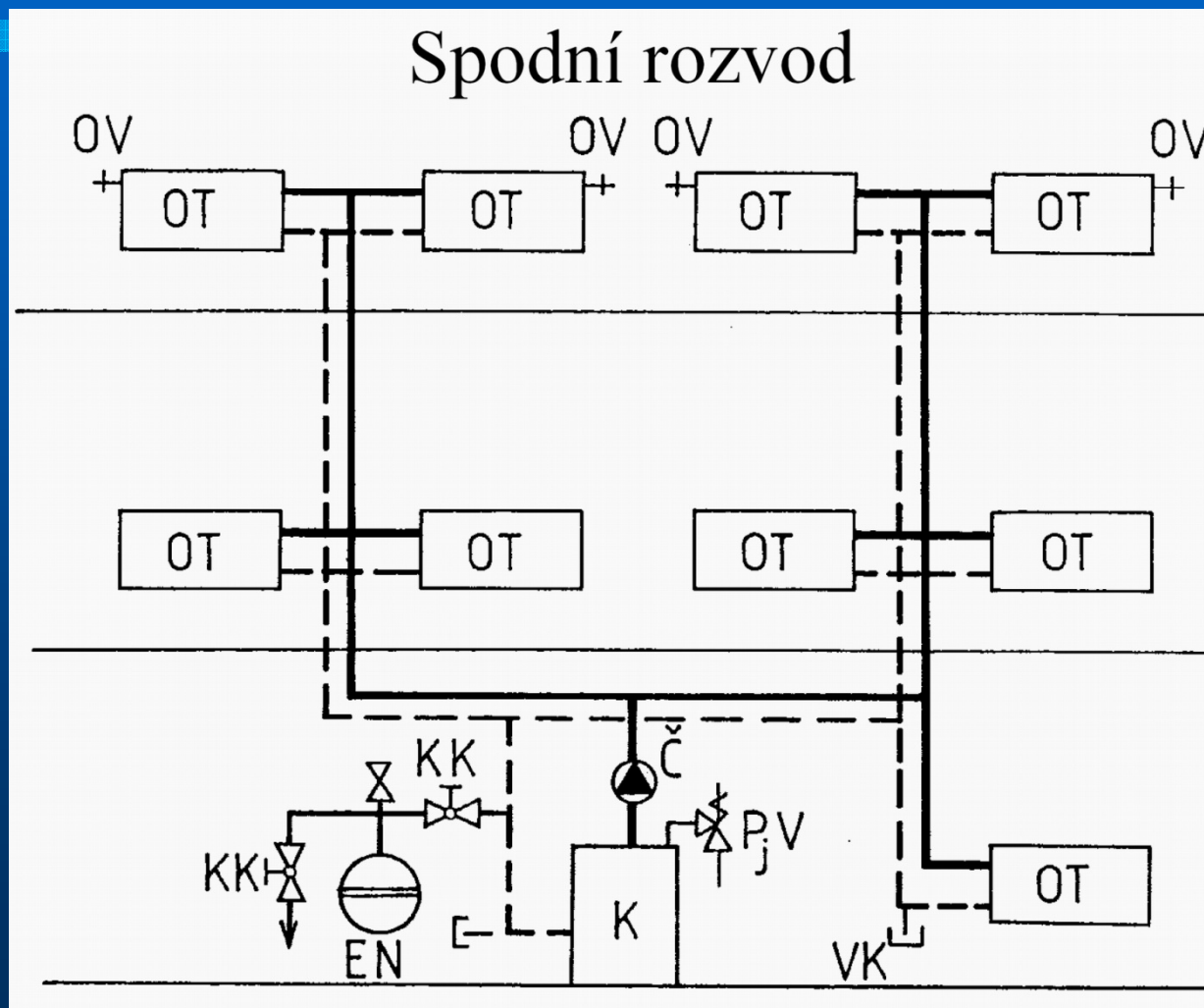


Protiproudé zapojení

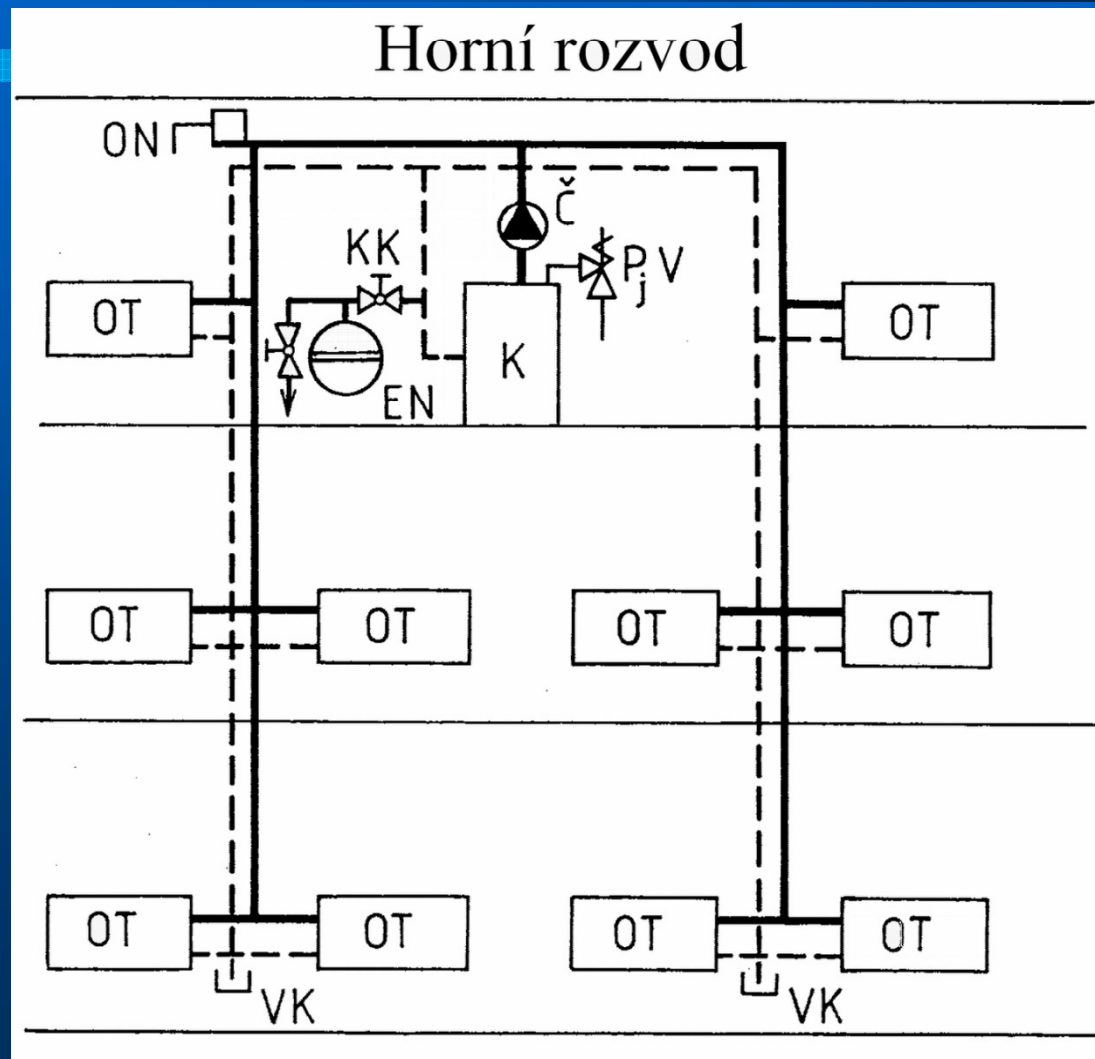


Souproudé zapojení

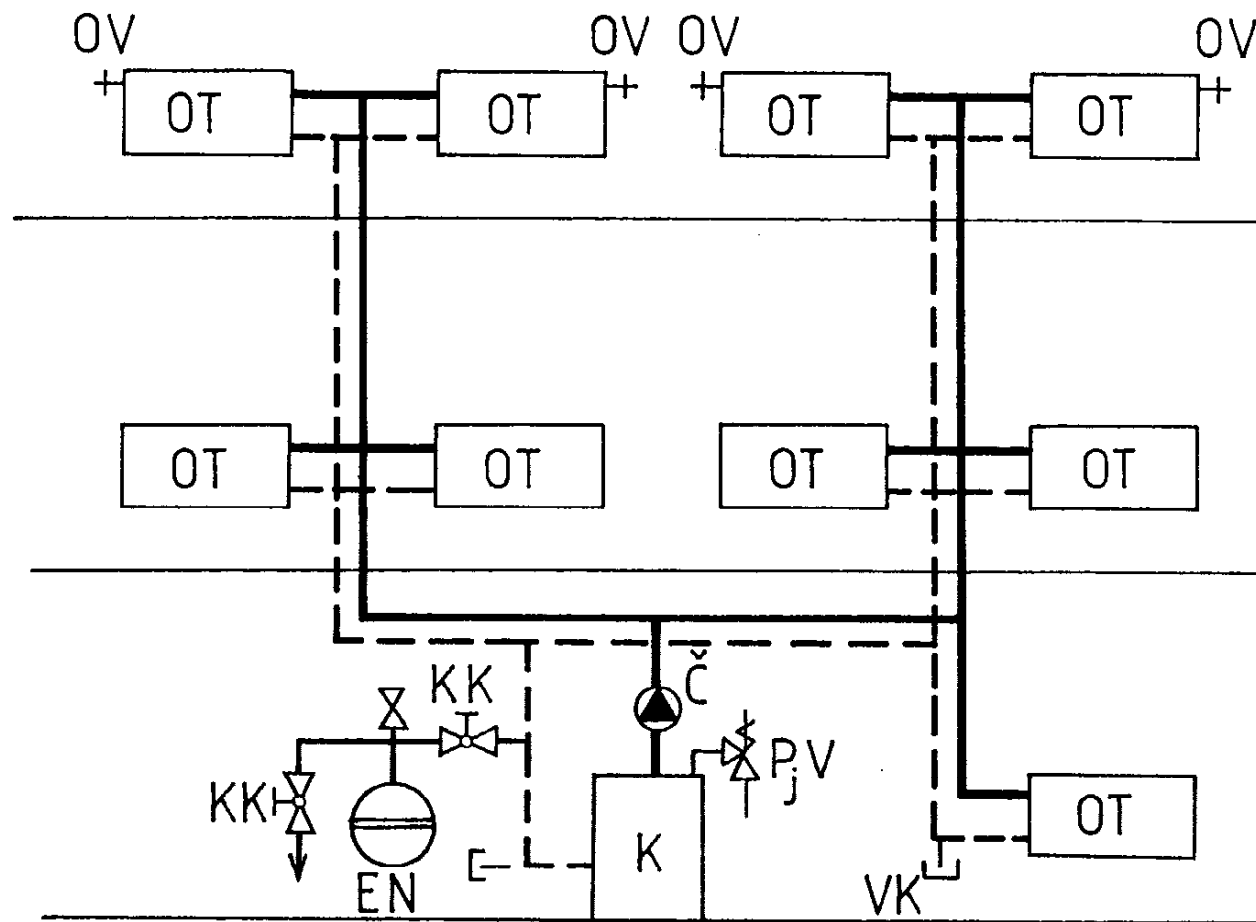
# Umístění ležatého rozvodu



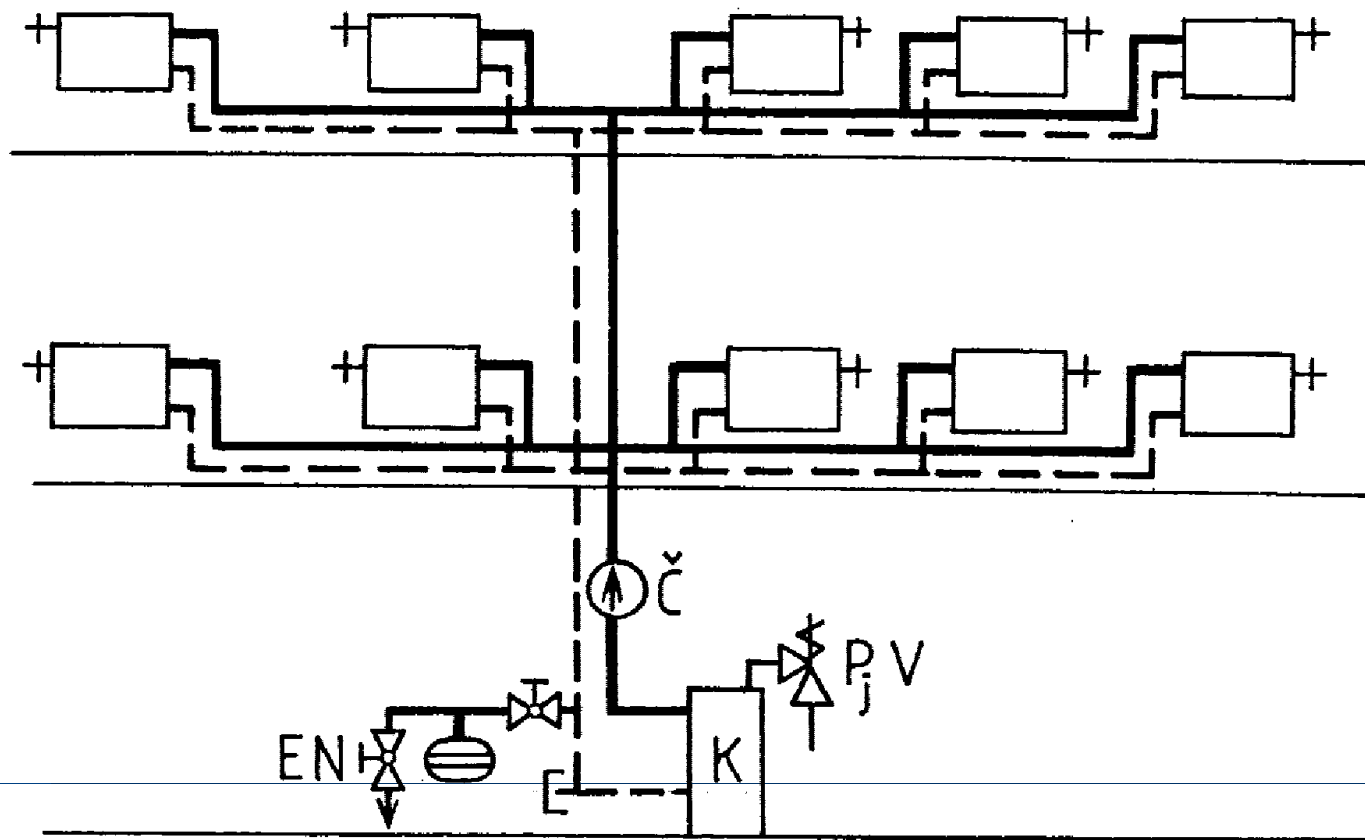
# Umístění ležatého rozvodu



# Vertikální otopná soustava

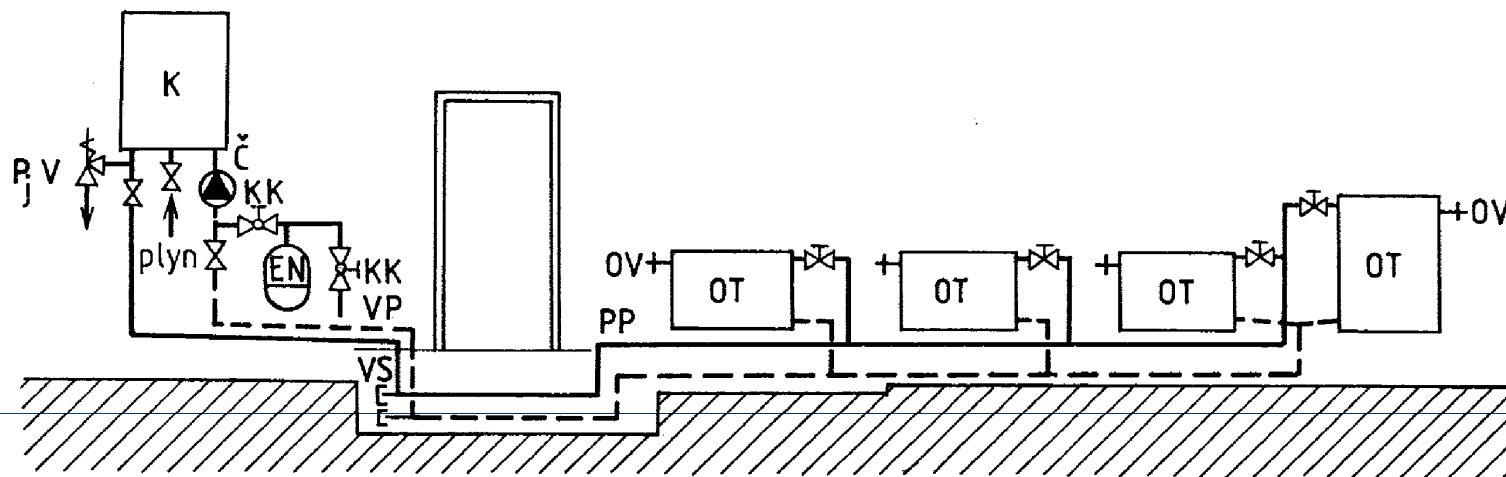
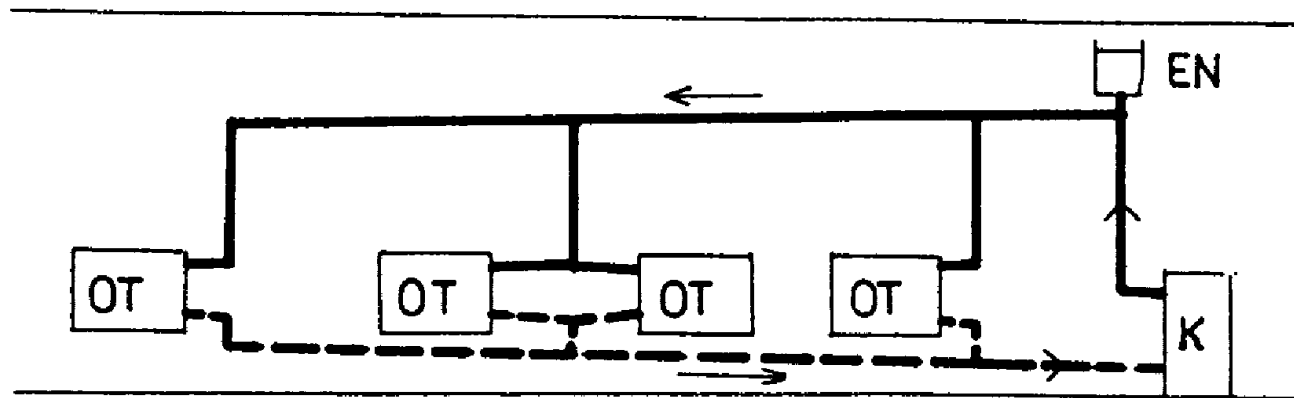


# Horizontální otopná soustava





## Horizontální otopná soustava - etážová (přir. o. a nuc. o.)



# Jednotrubkové otopné soustavy

- Vertikální
- Horizontální

## *Podle uživatelů*

- ✓ okruh bytový
- ✓ okruh zónový

## *Podle umístění stoupaček*

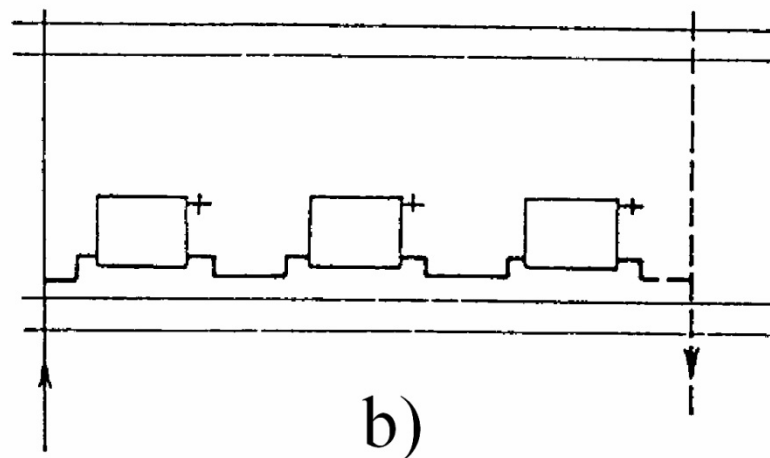
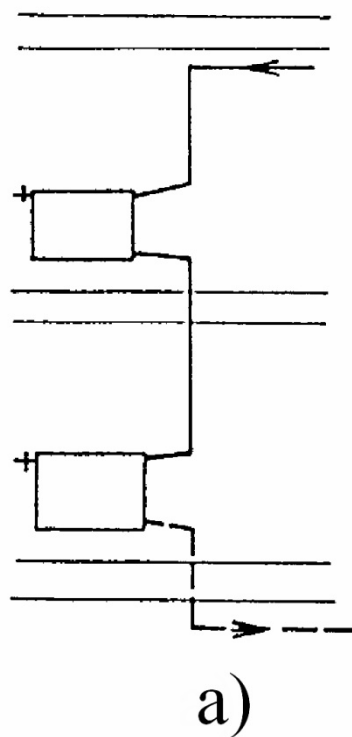
- ✓ okruh uzavřený
- ✓ okruh rozvinutý

# Jednotrubkové otopné soustavy

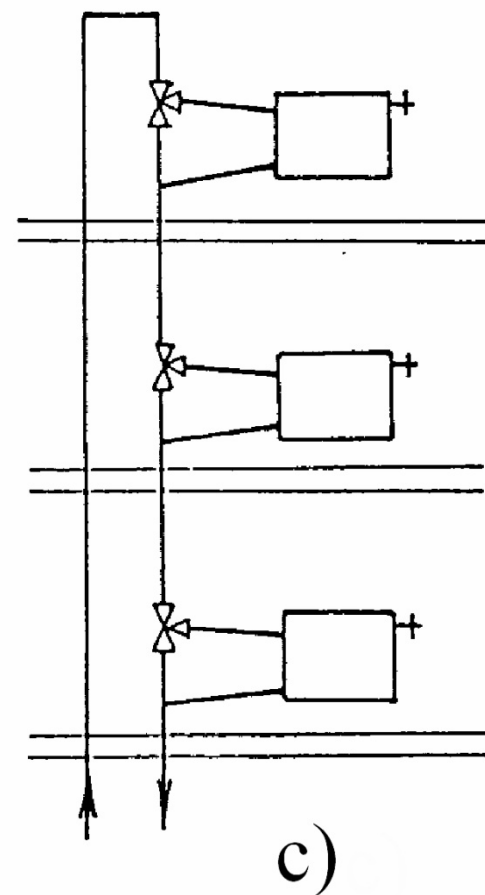
## Podle napojení otopných těles

- soustavy průtočné
- soustavy s obtokem těles
- soustavy se čtyřcestnými směšovacími armaturami u otopných těles

# Jednotrubkové otopné soustavy



Průtočné zapojení ot.těles  
a) vertikální  
b) horizontální  
c) JVOS s obtoky



# Jednotrubkové otopné soustavy

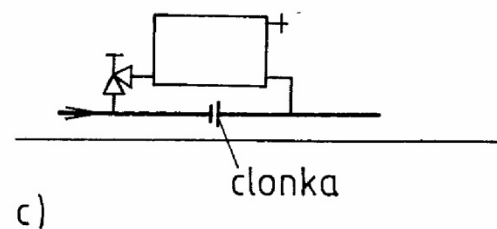
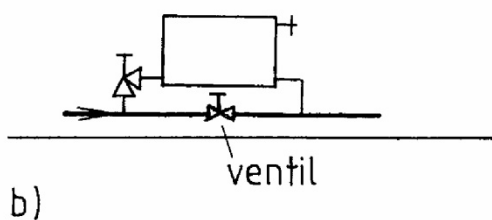
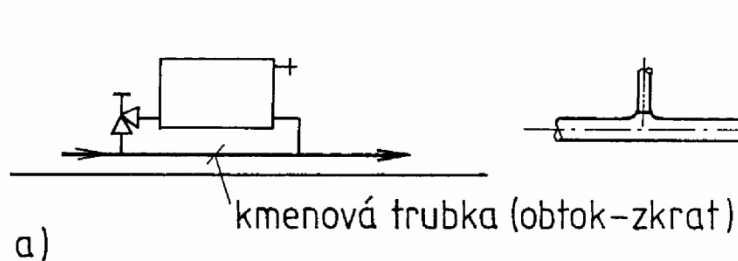
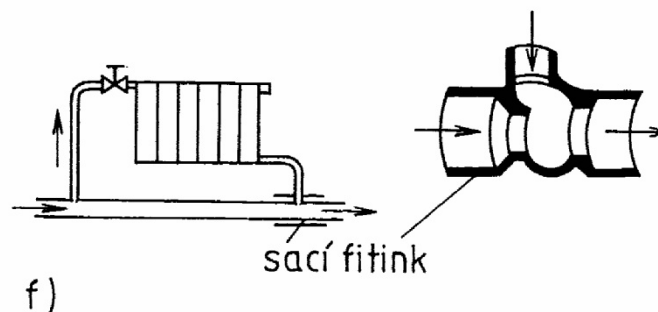
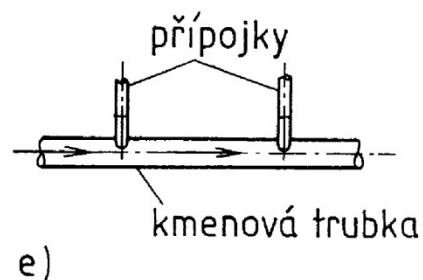
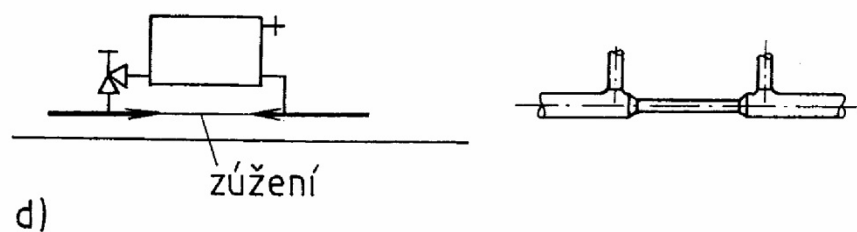


Schéma napojení  
otopného tělesa

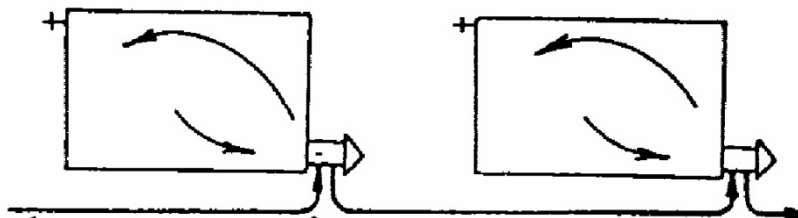


# Jednotrubkové otopné soustavy



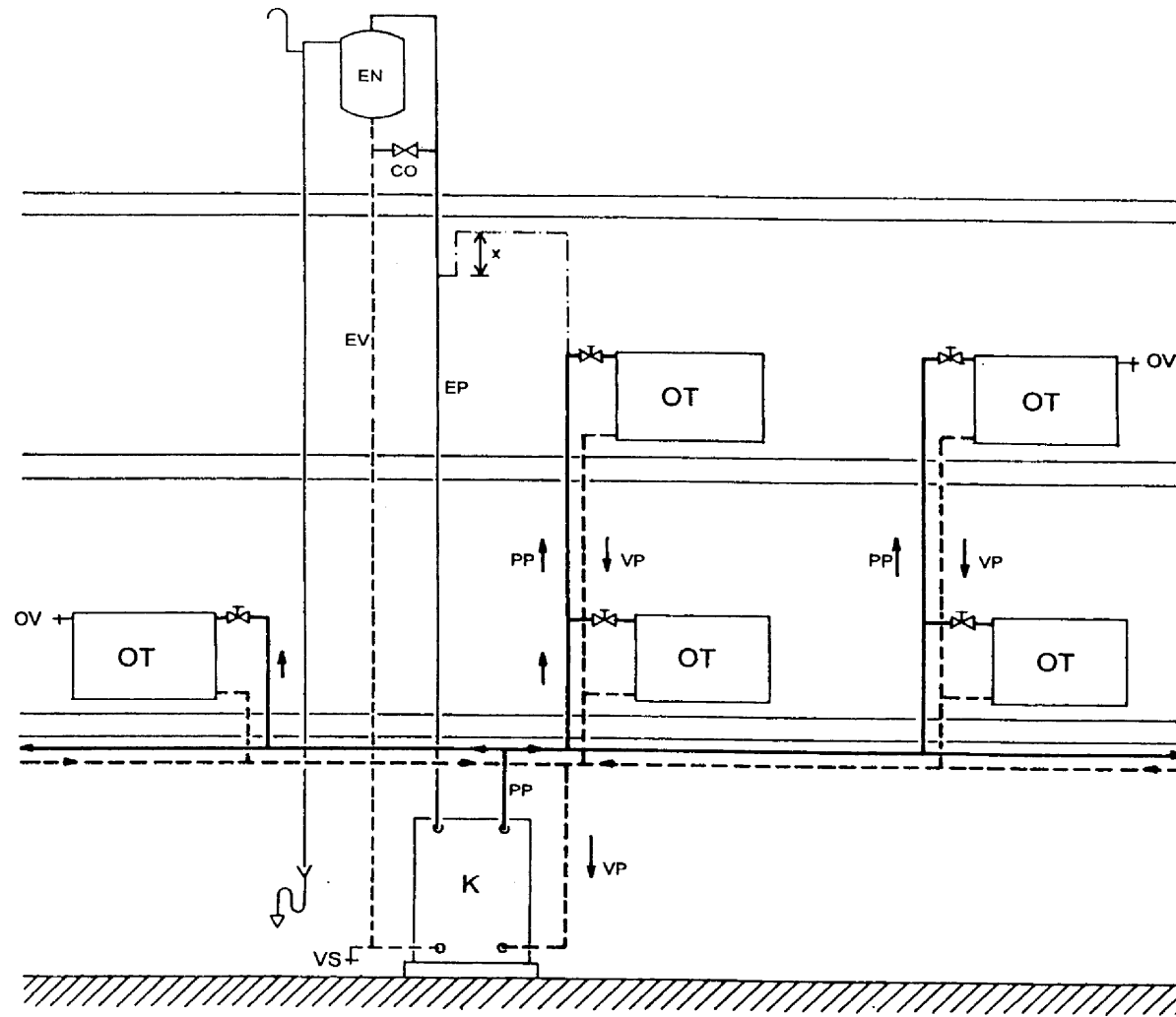
dvoubodové napojení

Schéma napojení ot.t.  
čtyřcestnou armaturou

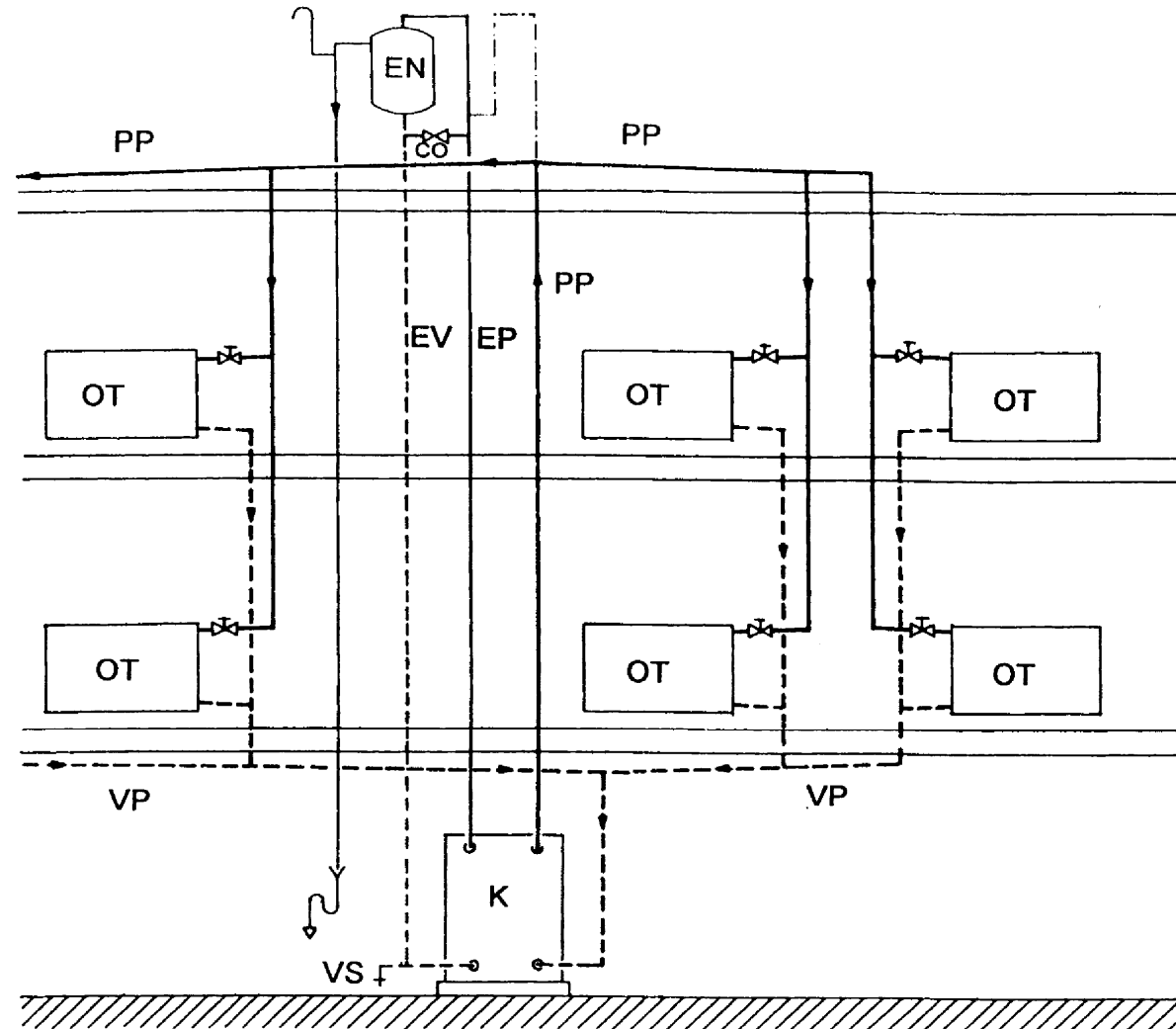


jednobodové napojení

# Dvoutrubková otopná soustava vertikální se spodním rozvodem s přirozeným oběhem, teplovodní, otevřená, s protiproudým zapojením otopných těles

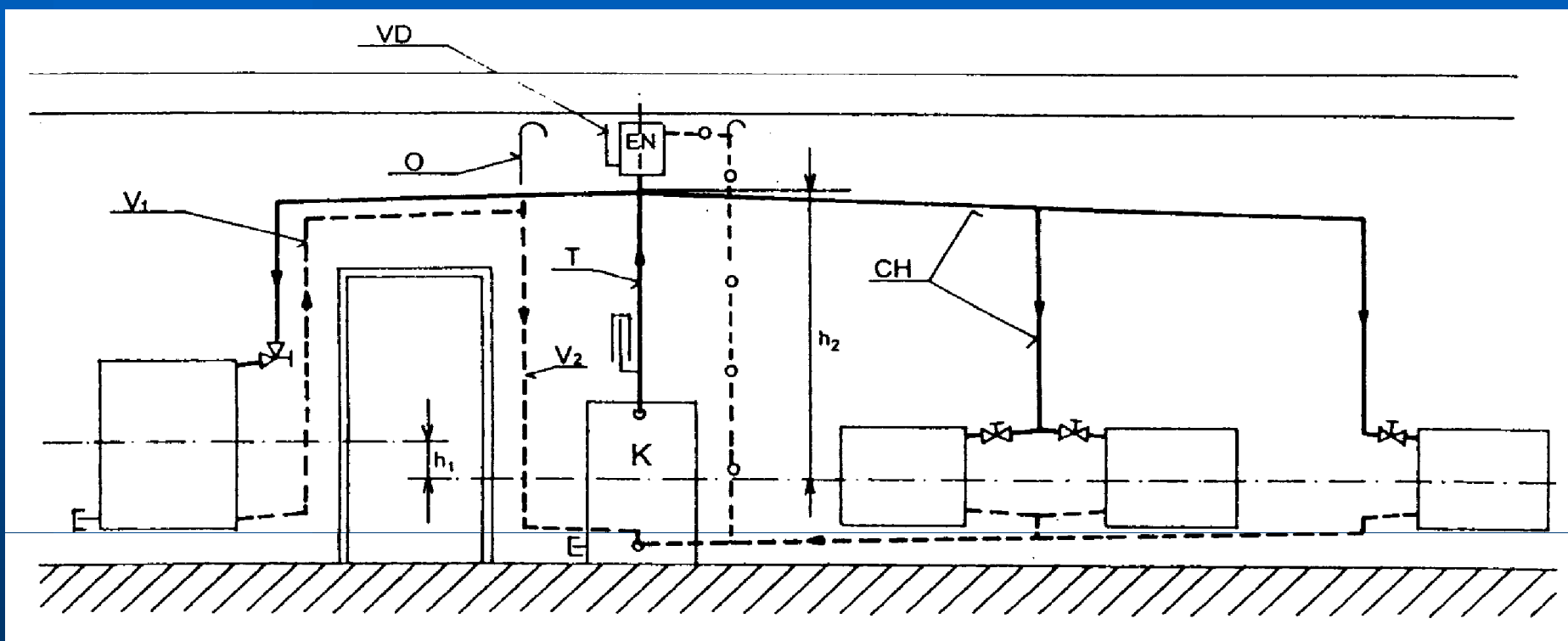


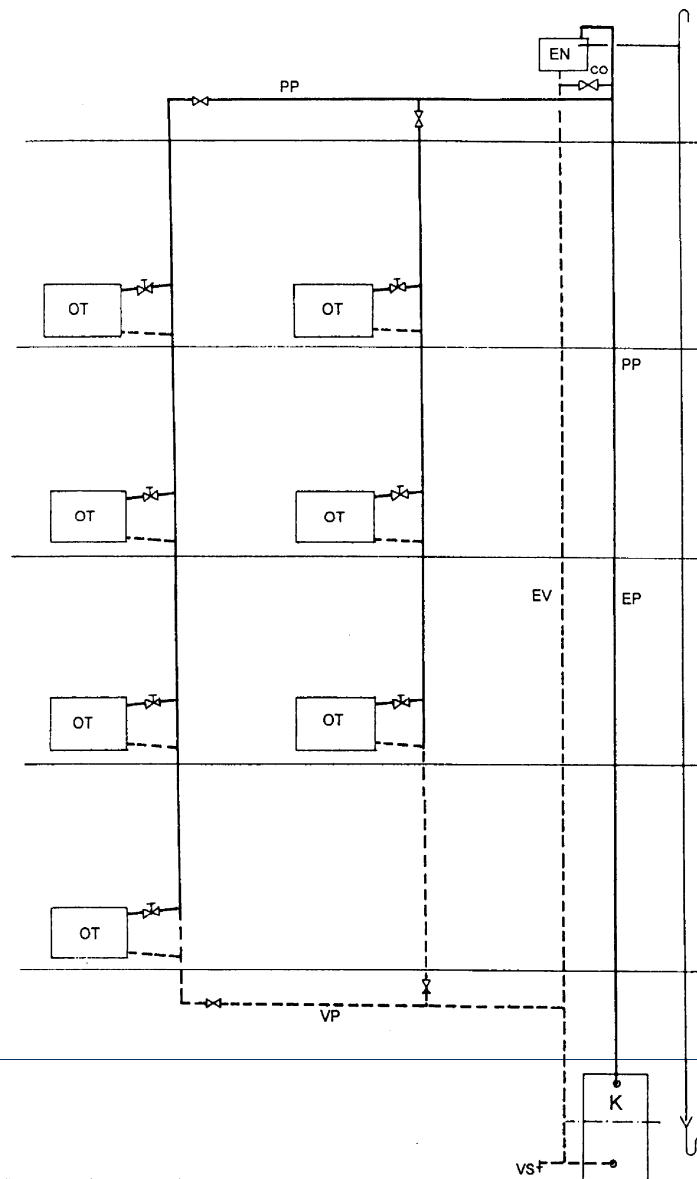
# Dvoutrubková otopná soustava vertikální s horním rozvodem s přirozeným oběhem, teplovodní, otevřená, se souproudým zapojením otopných těles





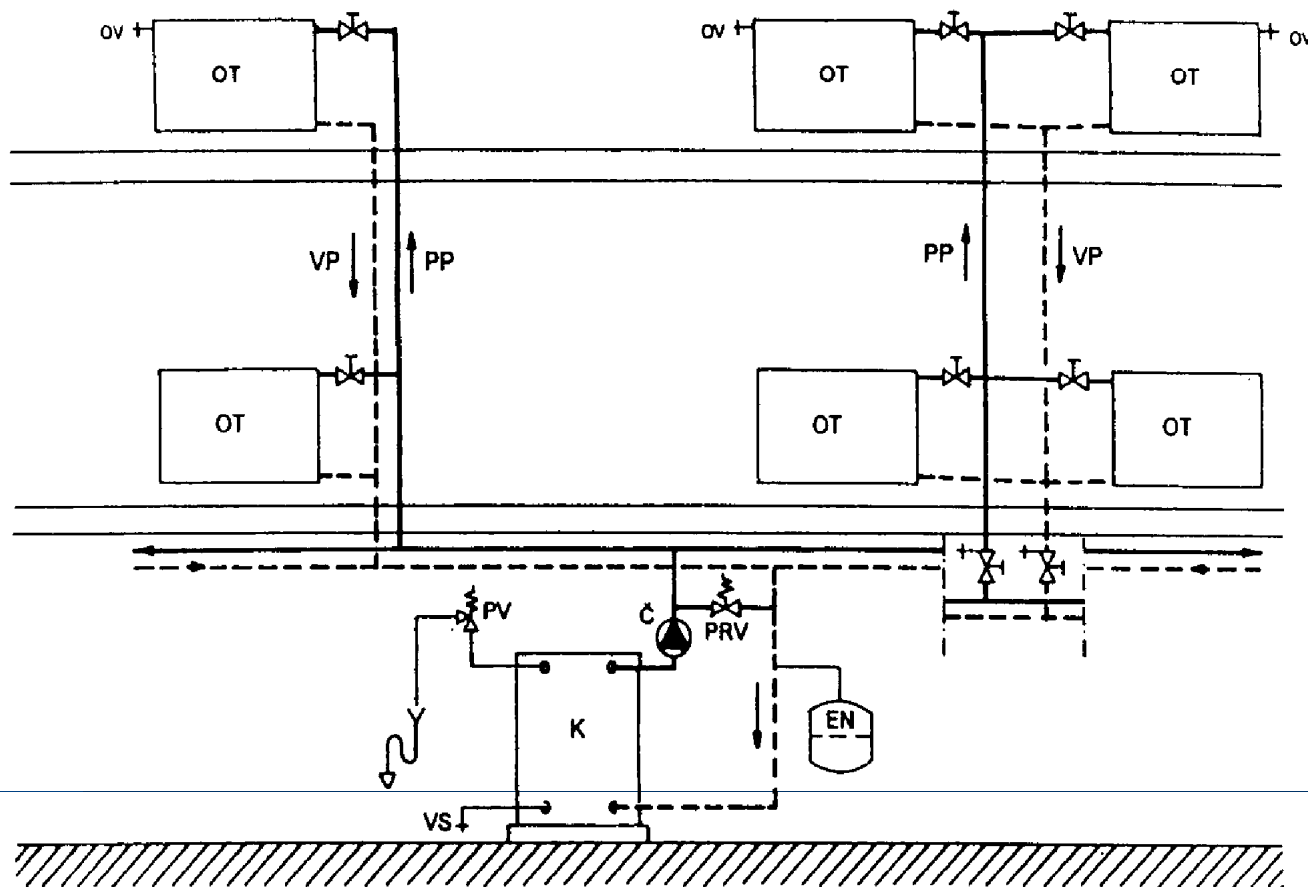
# Dvoutrubková otopná soustava s kombinovaným etážovým rozvodem s přirozeným oběhem, teplovodní, otevřená, s protiproudým zapojením otopných těles



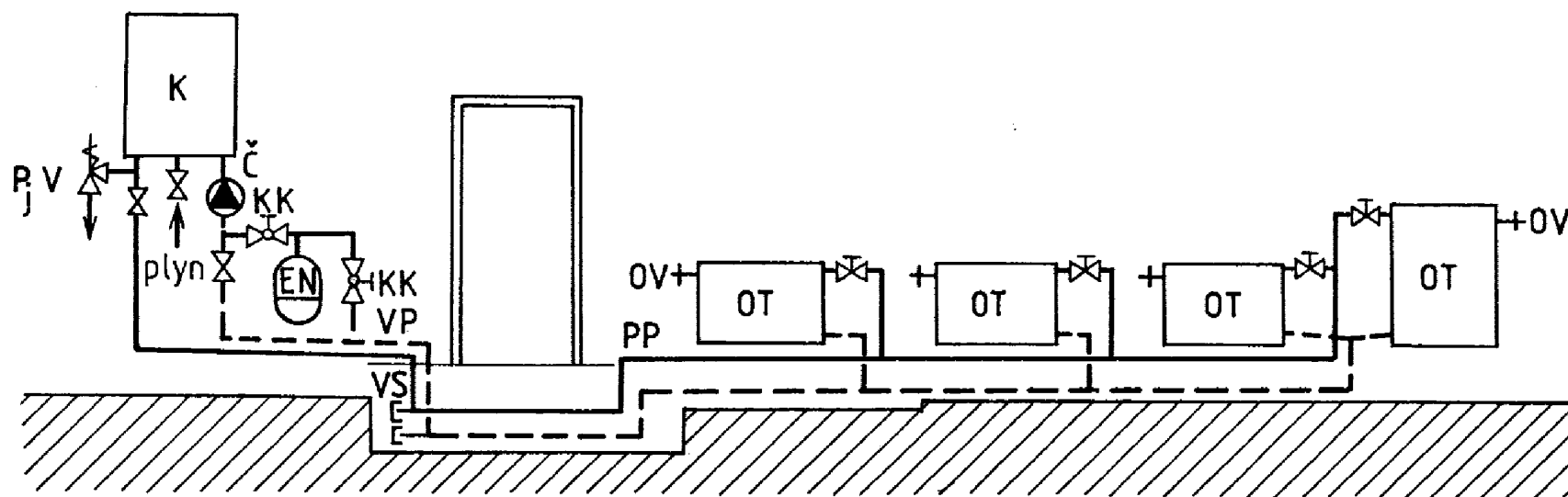


**Jednotrubková otopná soustava vertikální s kombinovaným rozvodem s přirozeným oběhem, teplovodní, otevřená, se zapojením otopných těles v obtoku**

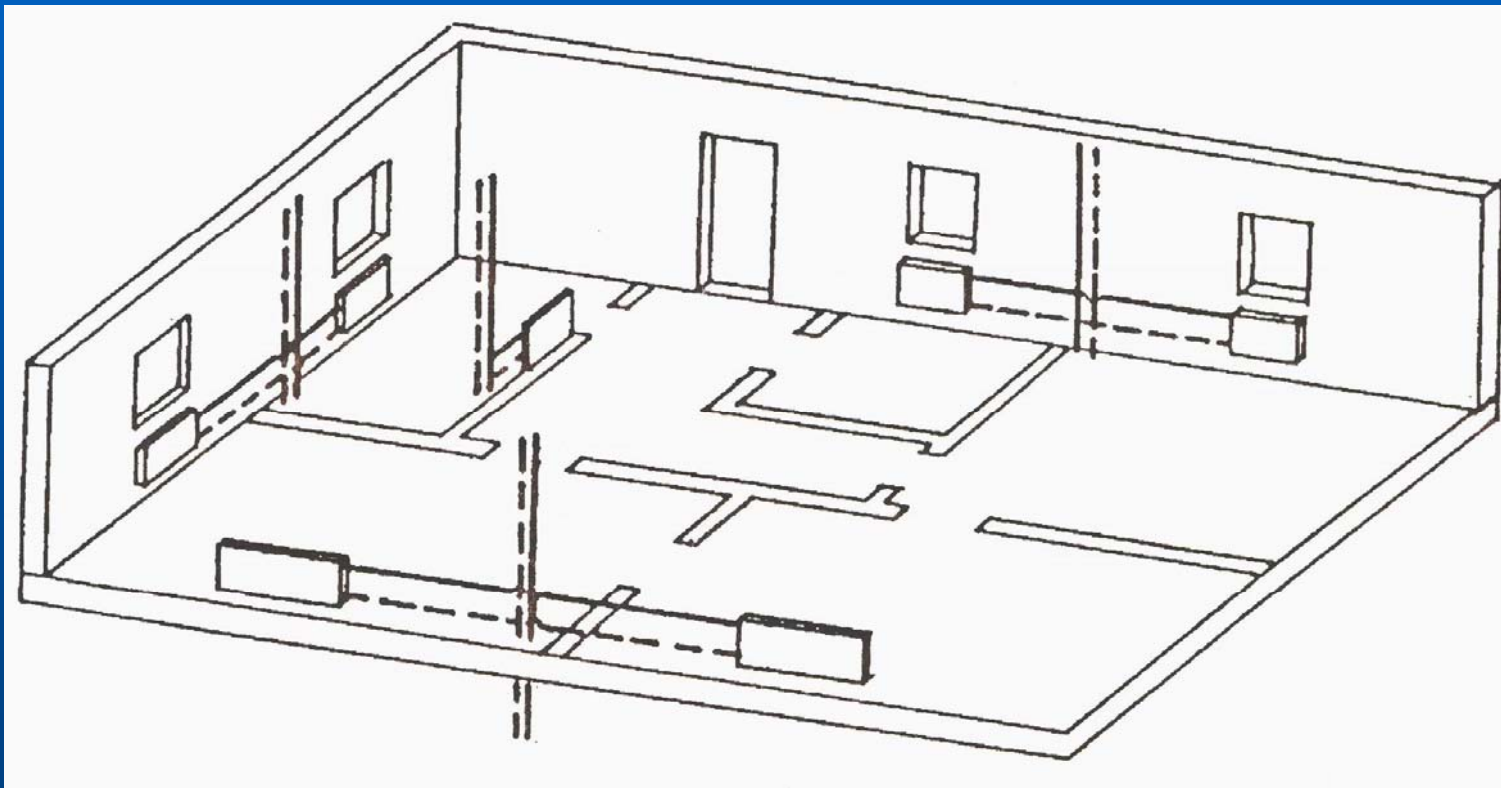
# Dvoutrubková otopná soustava vertikální se spodním (nebo horním) rozvodem s nuceným oběhem, teplovodní, uzavřená, s protiproudým (souproudým) zapojením otopných těles



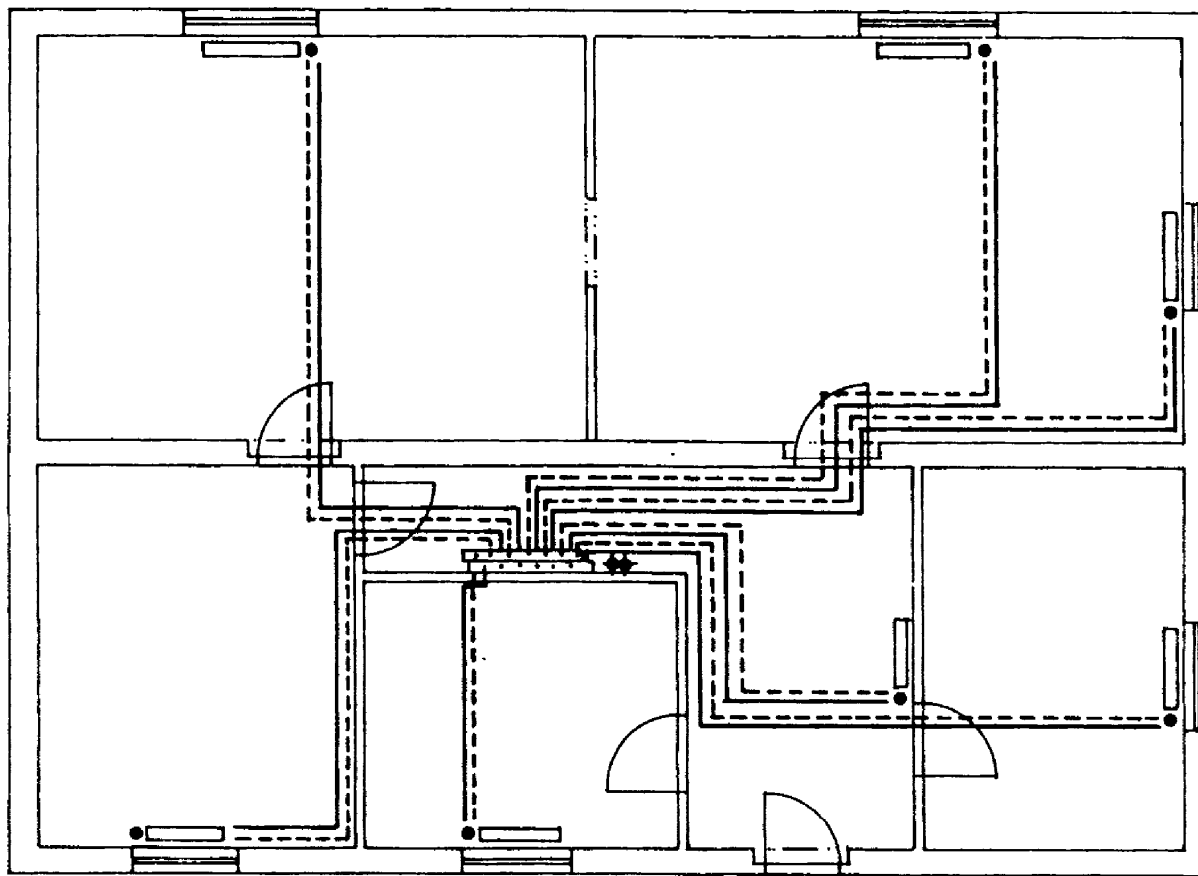
# Dvoutrubková otopná soustava horizontální etážová, s nuceným oběhem, teplovodní, uzavřená, s protiproudým zapojením otopných těles



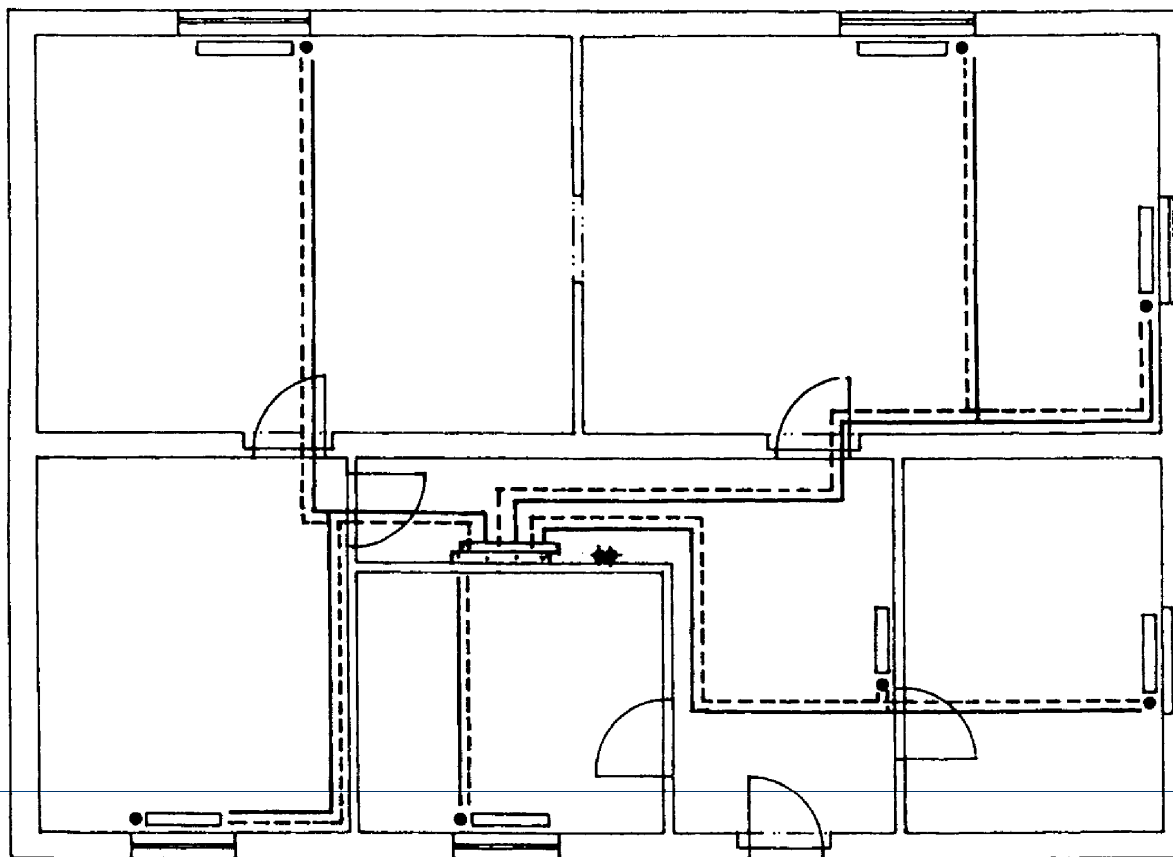
## Dvoutrubková soustava vertikální



## Hvězdicová otopná soustava s potrubím uloženým v ochranné trubce



## Hvězdicová otopná soustava s rozvětveným potrubím



# Teplotní parametry otopné soustavy

$$Q_{OT} = m_{OT} \cdot c \cdot (t_{w1} - t_{w2}) = k \cdot S_L \cdot (t_{wm} - t_L)$$

- $t_1$  – teplota otopné vody na vstupu do otopné soustavy
- $t_2$  – teplota otopné vody na výstupu z otopné soustavy
- $t_{w1}$  – teplota na vstupu do otopného tělesa
- $t_{w2}$  – teplota na výstupu z otopného tělesa
- $t_{Tp \max}$  – nejvyšší teplota povrchu otopného tělesa
- $t_{wm}$  – střední teplota otopného tělesa





[www.utp.fs.cvut.cz](http://www.utp.fs.cvut.cz)

**Děkuji za pozornost**