

11. Voda jako teplotonosné médium

Základy energetiky

Vyučující

Luděk Jelínek

Spotřeba chladicí vody

- Měrná spotřeba asi 50 kg/kg
- 200 MW blok cirkulace asi 30 000 m³/h

$$m_{\text{CHV}} = \Delta h_v / (c_p \Delta t)$$

ΔT [K]	m_{CHV} [kg/kg]
6	90
7	77
8	68
9	60
10	54

m_{CHV} množství chladicí vody na kilogram páry [kg/kg]

Δh_v výparné teplo vody 2260 kJ/kg (100 °C)

C_p tepelná kapacita vody 4,184 kJ/kgK (při 20 °C)

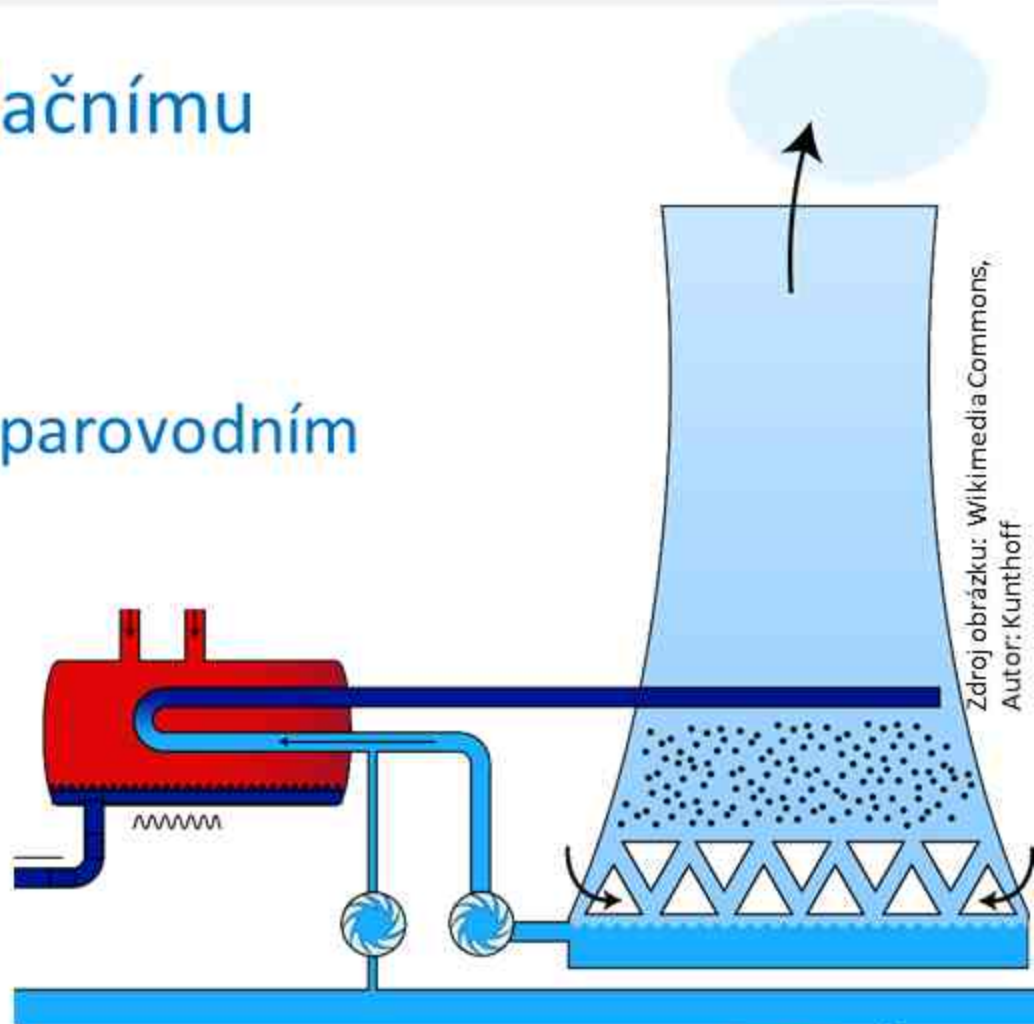
Δt změna teploty chladicí vody – obvykle 6-10 °C

Hlavní typy chladících okruhů

- průtočné okruhy (u nás jen EMĚ)
 - úprava vody
 - pouze mechanická filtrace
 - problém oteplení toku/moře
- **cirkulační okruhy otevřené** (nejběžnější)
 - omezené možnosti úpravy vody
 - čiření
 - biocidy
 - sekvestrační činidla
- cirkulační okruhy uzavřené
 - komplexní možnosti úpravy vody
 - demineralizace
 - odplynění
 - alkalizace
 - inhibitory koroze
 - biocidy

Cirkulační chladicí okruh

- K otevřenému cirkulačnímu okruhu patří:
 - **chladicí věž**
 - **kondenzátor** (styk s parovodním okruhem)
 - **cirkulační čerpadlo**
 - Čerpadlo a zásobní nádrž přídatné vody



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons,
Autor: Kunthoff

Chladicí věže

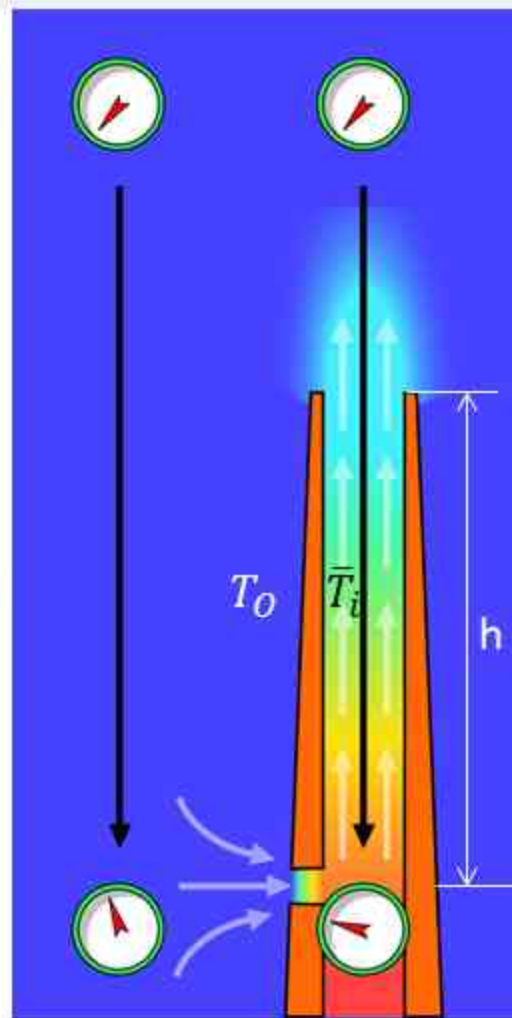
- Přirozený tah
 - Vysoké investiční náklady
 - „Dominanta“ krajiny
 - Nízké provozní náklady
- Nucený tah
 - Kompaktní zařízení
 - Vyšší provozní náklady
 - Energie pro pohon ventilátoru



Zdroj: vlastní tvorba, Autor: L. Jelinek

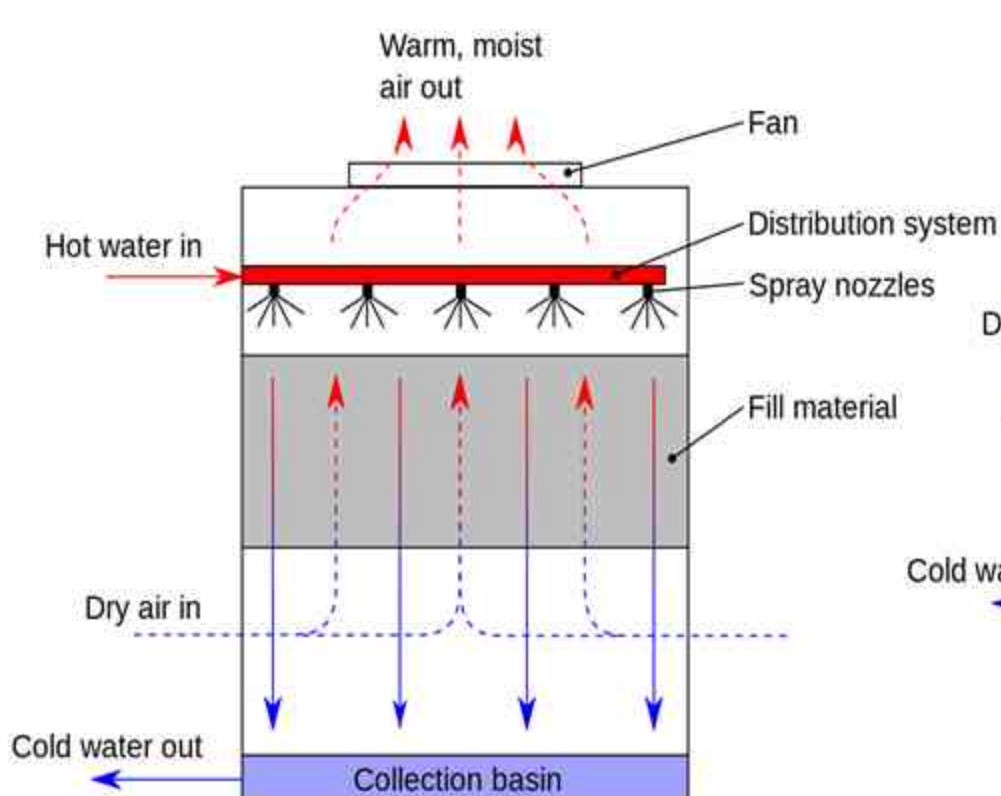
Komínový efekt

- Sloupec teplého vzduchu je lehčí než sloupec chladného vzduchu tím vzniká tlakový rozdíl na patě komína (chladicí věže)
- Výpočet vychází ze závislosti hustoty vzduchu na teplotě a rozdílu hustot při teplotě okolí T_0 a střední teplotě vzduchu v komíně nebo chladicí věži $\bar{T}_i$
- Je nutno brát v úvahu vysokou vlhkost vzduchu v chladicí věži

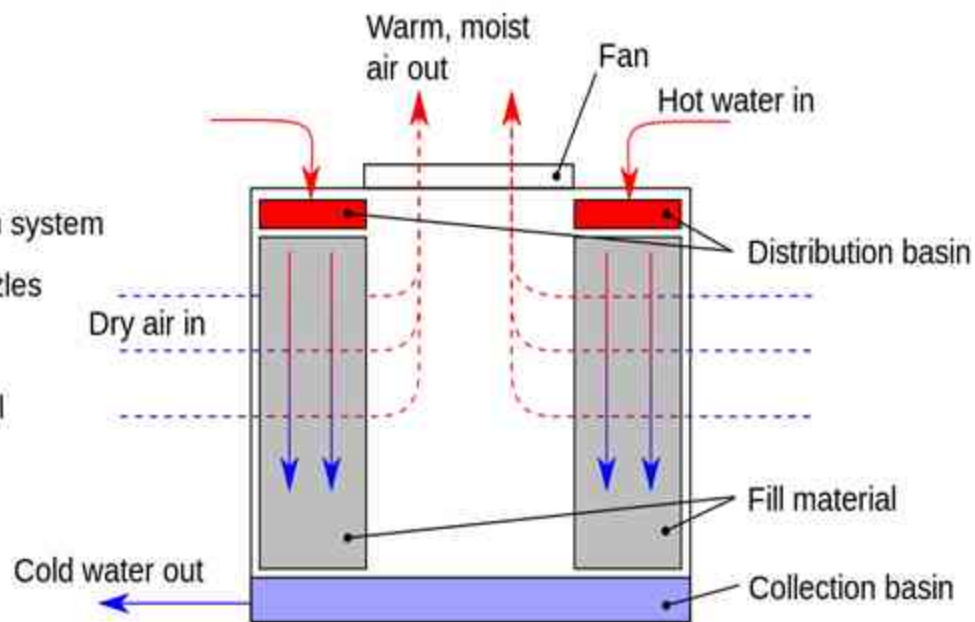


Zdroj obrázku: Wikimedia Commons,
Autor: Kimbar (upraveno)

Chladicí věže s nuceným tahem (ventilátorové)



Protiproudé uspořádání



Uspořádání s křížovým tokem
vody a vzduchu

Zdroj obrázků: Wikimedia Commons,
Autor: Zerodamage

Kondenzátory

- Materiál trubek

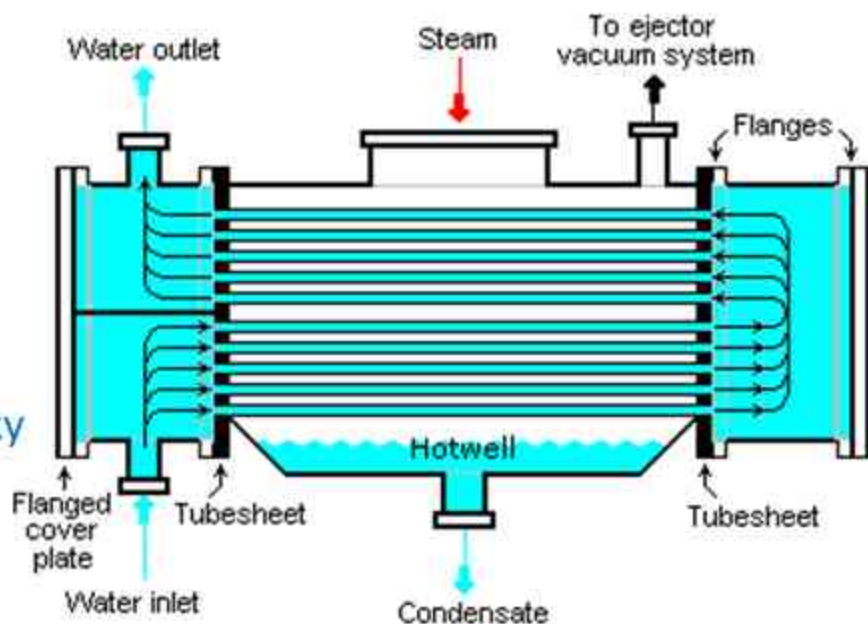
- Cu/Zn (mosaz) klasické bloky
- Ti – jaderné elektrárny – korozní odolnost/cena

- Trubkovnice

- většinou se používají přímé trubky
 - možné kontinuální čištění viz dále
- možné též použití „U“ trubek
 - obtížnější čištění

- Chladicí voda

- většinou minimální úprava
- problematika **biofoulingu**
- velký odpar a odnos (úlet)

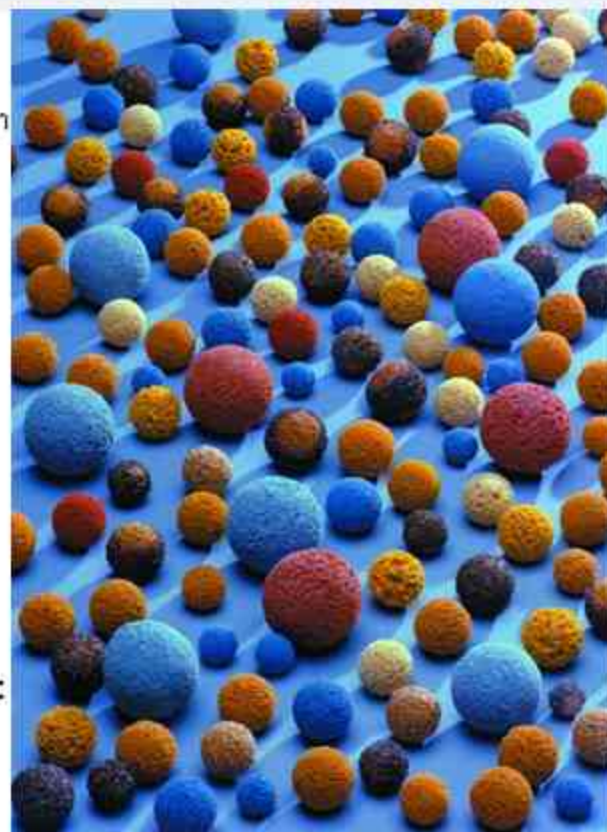
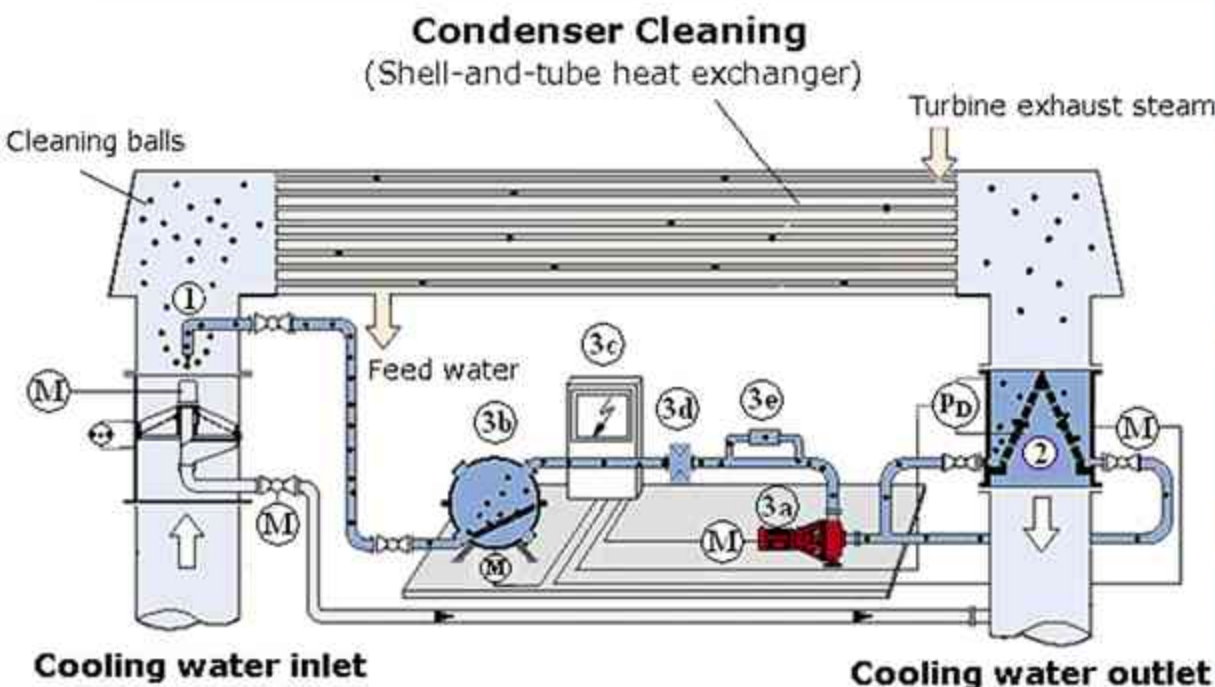


Zdroj obrázku: Wikimedia Commons,
Autor: Mbeychok



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons,
Autor: Taprogge GmbH

Kontinuální čištění kondenzátoru (systém Taprogge)



Zdroj obrázku: Wikimedia Commons,
Autor: Taprogge GmbH – press release

Zdroj obrázku: Wikimedia Commons,
Autor: Taprogge GmbH

Bloková úprava kondenzátu (BÚK)

- Turbínový kondenzát je většinou čistý ale i tak je nutné ho upravovat
 - mechanická filtrace korozních produktů (oxidy Fe)
 - odstranění kationtů (Fe, Cu) na katexu
 - dočištění na mixbedu
- Nezařazení BÚK vyžaduje
 - bezvadnou úpravu a kondicionaci vody – korozní produkty
 - absolutní těsnost kondenzátoru (splňují např. JE)
 - kontinuální měření kvality
 - v případě mosazných kondenzátorů může být kritická přítomnost Cu v kombinaci s amoniakem nebo aminy – cementace na obnažených Fe površích

Úprava chladicí vody pro otevřené cirkulační okruhy

- Rozsah úpravu chladicí vody závisí na složení surové vody, požadovaném „zahuštění“ a případně navazujících provozech (např. rybářství které odebíralo oteplenou chladicí vodu z ETI)
- Zahuštění neudává násobek hustoty vody ale násobek obsahu iontů proti surové vodě většinou dosahuje hodnot jednotek
- Optimální parametry „zahuštění“ lze laboratorně stanovit tzv. zahušťovacím testem
- Vzhledem k množství většinou provádíme omezenou kombinaci:
 - mechanickou filtraci
 - čiření
 - dávkování biocidů
 - dávkování dispergantů
 - dávkování sekvestračních činidel (tzv. stabilizátory tvrdosti, nepoužívají se anorganické fosforečnany viz biologické oživení okruhu)
 - dávkování inhibitorů koroze
- Vždy je nutné snažit se omezit dávkování toxických aditiv
 - hledat vhodné alternativy
 - upravit režim a vybavení (nižší zahuštění, biocidní nátěry)

Biologické oživení okruhu

- Vzhledem k zkoncentrování živin (N, P) a zvýšené teplotě vody dochází k rychlému rozvoji sinic, řas a dalších organismů
- Proto je důležité vhodně volit i dávkované chemikálie tak aby tento růst nepodporovaly, nelze proto například dávkovat fosforečnan sodný jako sekvestrační činidlo
- Filmy mikroorganismů na teplosměnných plochách zhoršují prostup tepla a může vznikat koroze pod nánosy, proto je nutné čištění kondenzátoru
- Vyšší vláknité řasy mohou narůstat a výplni chladících věží, zhoršovat proudění vody a vést až ke zhroucení výplně v důsledku přetížení

Algicidy/biocidy

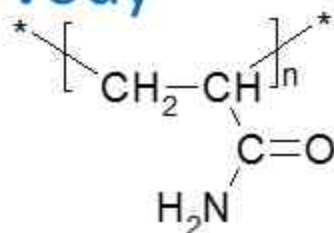
- Dávkování biocidních přípravků je složitý **problém, který je nutno konzultovat s odborníkem** mikrobiologem/algologem
- Každý způsob má své nevýhody
 - kontinuální dávkování – vznik resistantních kultur
 - šokové dávkování – prudké uvolnění živin do okruhu – možnost nástupu
- Nejběžnějším biocidem je chlór dávkováný jako Cl_2 nebo NaClO (samotný nebo v kombinaci s KBr) to však představuje riziko jak pro životní prostředí tak pro obsluhu
- V současné době většinou organické biocidy na bázi kvarterních amoniových solí
- V současné době je **snaha používat šetrné biocidy**
 - selektivita
 - odbouratelnost

Disperganty

- Používají se jak pro chladicí tak pro oběhové vody
- U chladicích vod, je důležité aby nezpůsobovaly nadměrné pění vody

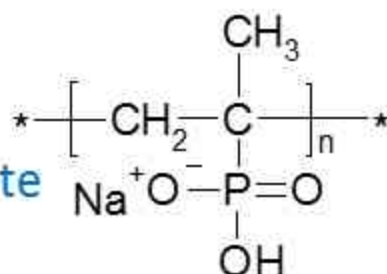
- Příklady

- poly(akrylamid)

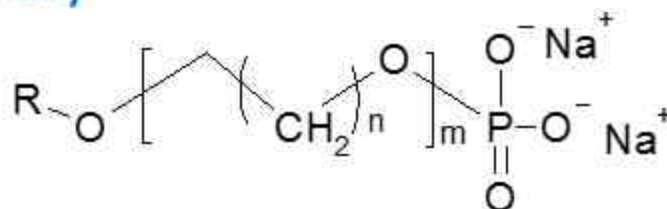


- organické fosfonové kyseliny

- PIPPA – polyisopropenyl phosphate



- různé organofosfáty



Inhibitory koroze

- Vzhledem k velkému objemu vody a vznikajících odpadních vod je **tendence minimalizovat množství dávkovaných inhibitorů koroze**
- Úlohu inhibitorů koroze plní i některé disperganty (aminomethyl fosfonáty)
- Používají se
 - benzotriazoly
 - tolyltriazoly
 - poly(alkylenpolyaminy)

Více o inhibici koroze bude v příští přednášce

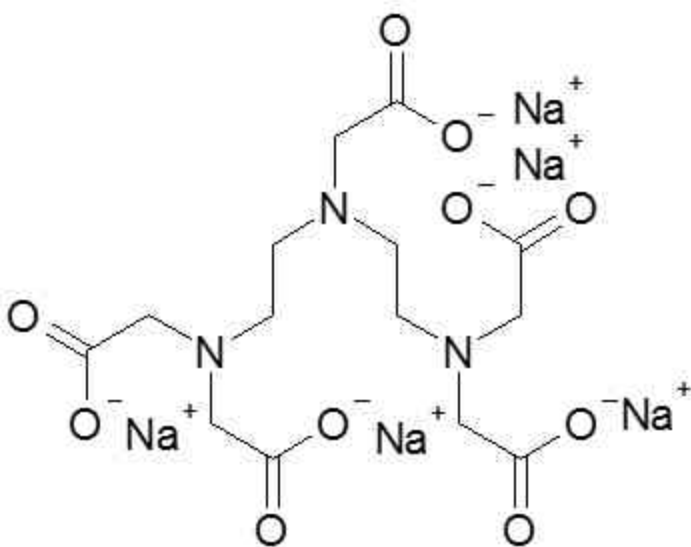
Úprava vody pro teplovody/horkovody

- Netýká se teplé užitkové vody !

Vstupní voda

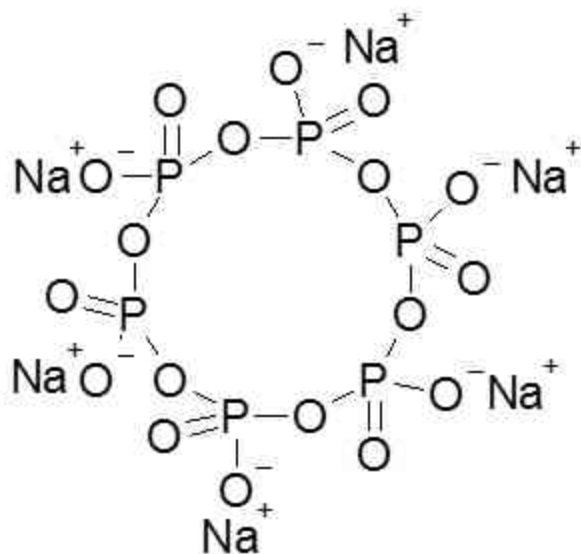
- Minimálně čiřená filtrovaná voda
- Běžně **změkčená voda**
- Ideální deionizovaná nebo demineralizovaná voda
- Provádí se aditivace k zamezení koroze a vypadávání vodního kamene
 - alkalizace – pozor na používání Cu v teplovodních rozvodech (možno použít fosfáty)
 - dávkování inhibitorů koroze (filmotvorné aminy viz dále)
 - sekvestrační činidla

Alkalizace – stabilizace tvrdosti



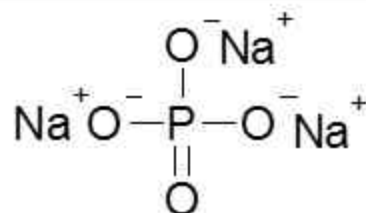
EDTA /DTPA

většinou jako sodné soli
vyšší cena
tvorba stabilních komplexů



Hexametafosforečnan sodný (E452 Grahamova sůl)

Původně se používal i jako hlavní složka přípravků pro maskování tvrdosti při praní



Ortofosforečnan sodný

Používá se i pro alkalizaci vody v bubnových kotlích

Málo rozpustné polyfosfáty (sklovité fosfáty)

Množství produktů po obchodními názvy např:

Silifos – směs polyfosforečnanů a křemičitanů Na, Mg a Ca

Vitranox – polyfosforečnan sodno-vápenatý

Inhibice koroze – odplynění

- Filmotvorné aminy 
– oktadecylamin (stearylamin)
- Odstranění kyslíku
 - expanzní prostory (N₂ kapsy)
 - membránové odplynění
 - odplynění siřičitanem sodným

Příklad - horkovod Mělník – Praha



Elektrárna Mělník I

6 x 230t/h páry

540°C / 9,3 MPa

Výkon: 696 MWt

- 551 MWt Praha
- 99 MWt Mělník
- 46 MWt vytápění
EMĚ +
Horní Počaply

Horká voda **140°C**

V Praze se ohřívá na
max. **160°C**

Zdroj dat: [http://www.mzp.cz/www/i/ppc.nsf/\\$pid/MZPXXFDUYOQA](http://www.mzp.cz/www/i/ppc.nsf/$pid/MZPXXFDUYOQA)

Zdroj obrázku: Wikimedia Commons,
Autor: Šjů