

Zásobování teplem

Cvičení 1 2015

Ing. Martin NEUŽIL, Ph. D

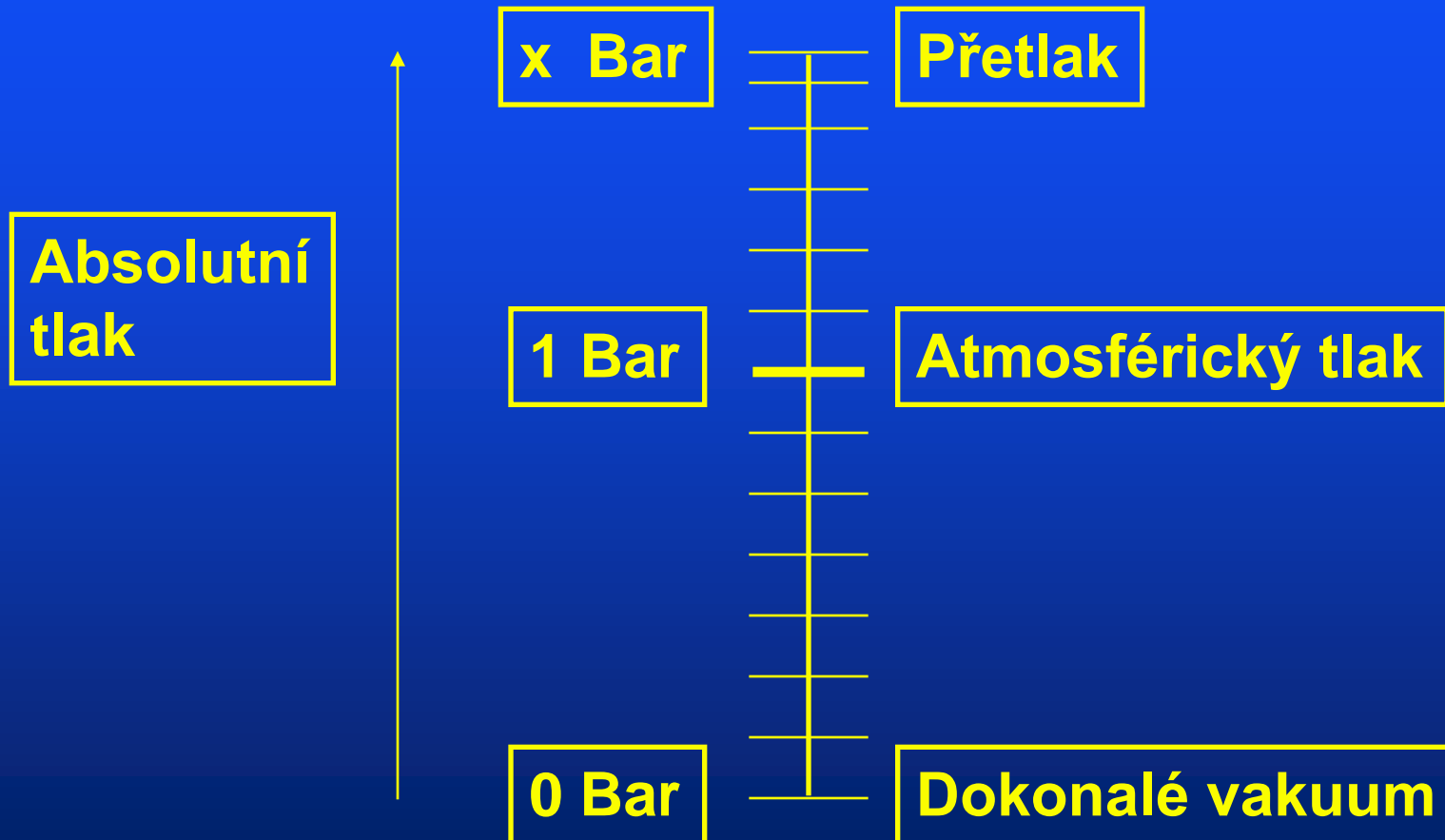
Ústav Energetiky

ČVUT – FS

Technická 4

166 07 Praha 6

Měření tlaku (1 bar = 100 kPa = 1000 mbar)

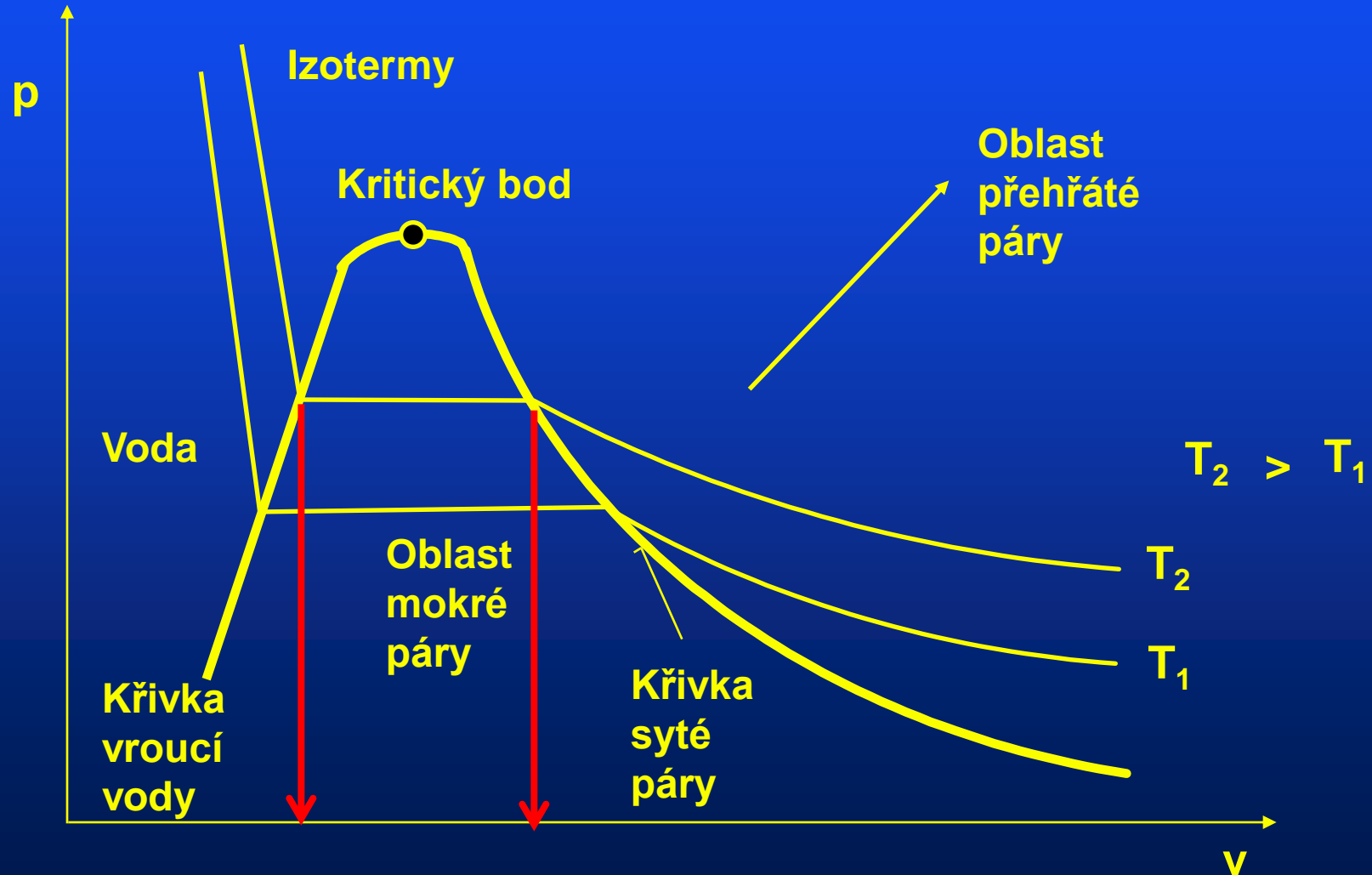


$$\text{Přetlak} = \text{Absolutní tlak} - \text{Atmosférický tlak}$$

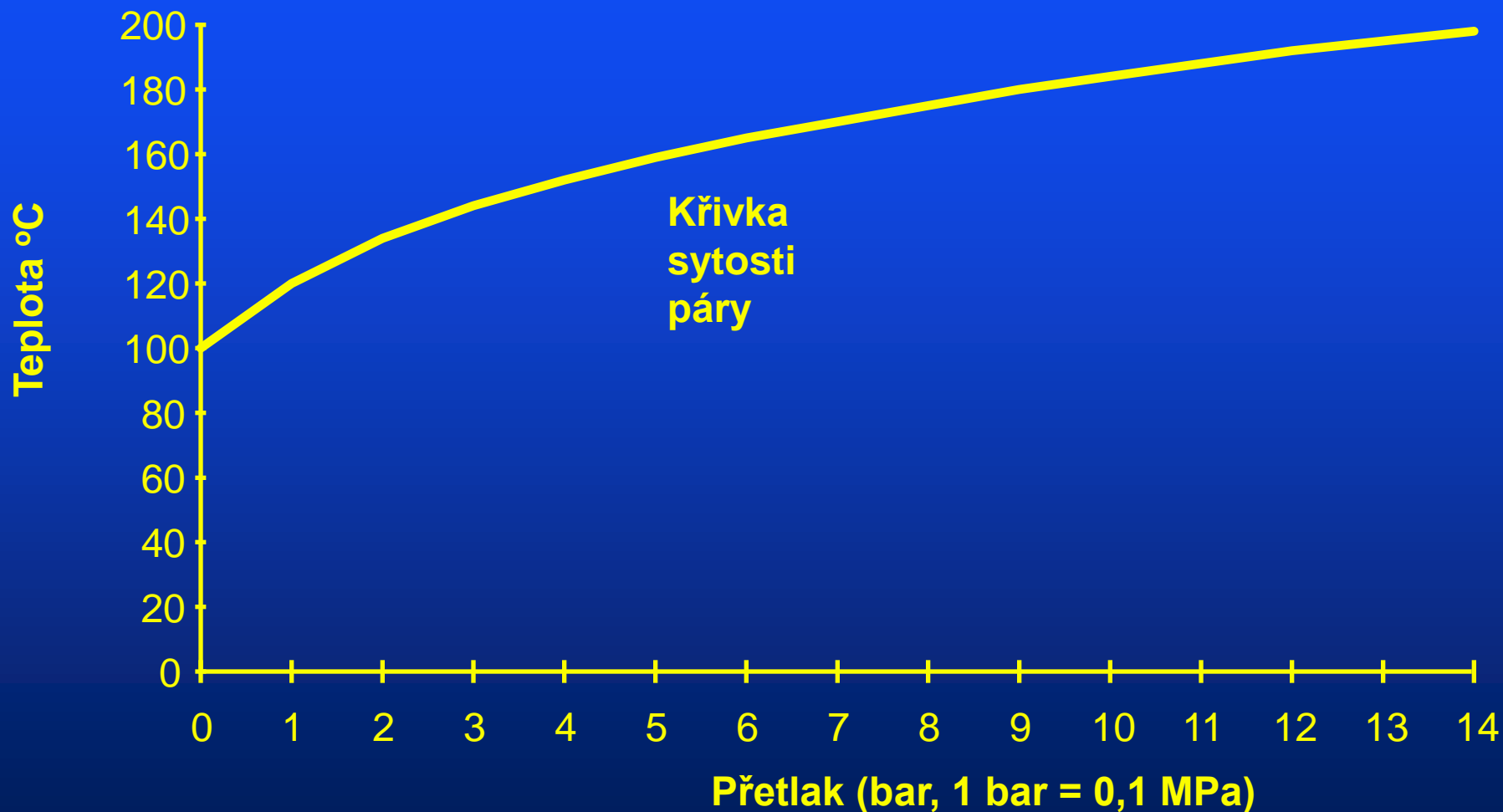
Parní tabulky

Přetlak páry		Teplota sytosti	Měrný tepelný obsah kJ/kg			
Bar(g)	kPa(g)	°C	Voda kJ/kg	Výparné teplo vodv kJ/kg	Pára kJ/kg	Měrný objem m ³ /kg
0	0	100	419	2257	2676	3.67
1	100	120	506	2201	2707	0.881
2	200	134	562	2163	2725	0.603
3	300	144	605	2133	2738	0.461
4	400	152	671	2108	2749	0.374
5	500	159	641	2086	2757	0.315
6	600	165	697	2066	2763	0.272
7	700	170	721	2048	2769	0.24
8	800	175	743	2031	2774	0.215
9	900	180	763	2015	2778	0.194
10	1000	184	782	2000	2782	0.177
11	1100	188	799	1986	2785	0.163
12	1200	192	815	1973	2788	0.151
13	1300	195	830	1960	2790	0.141
14	1400	198	845	1947	2792	0.132

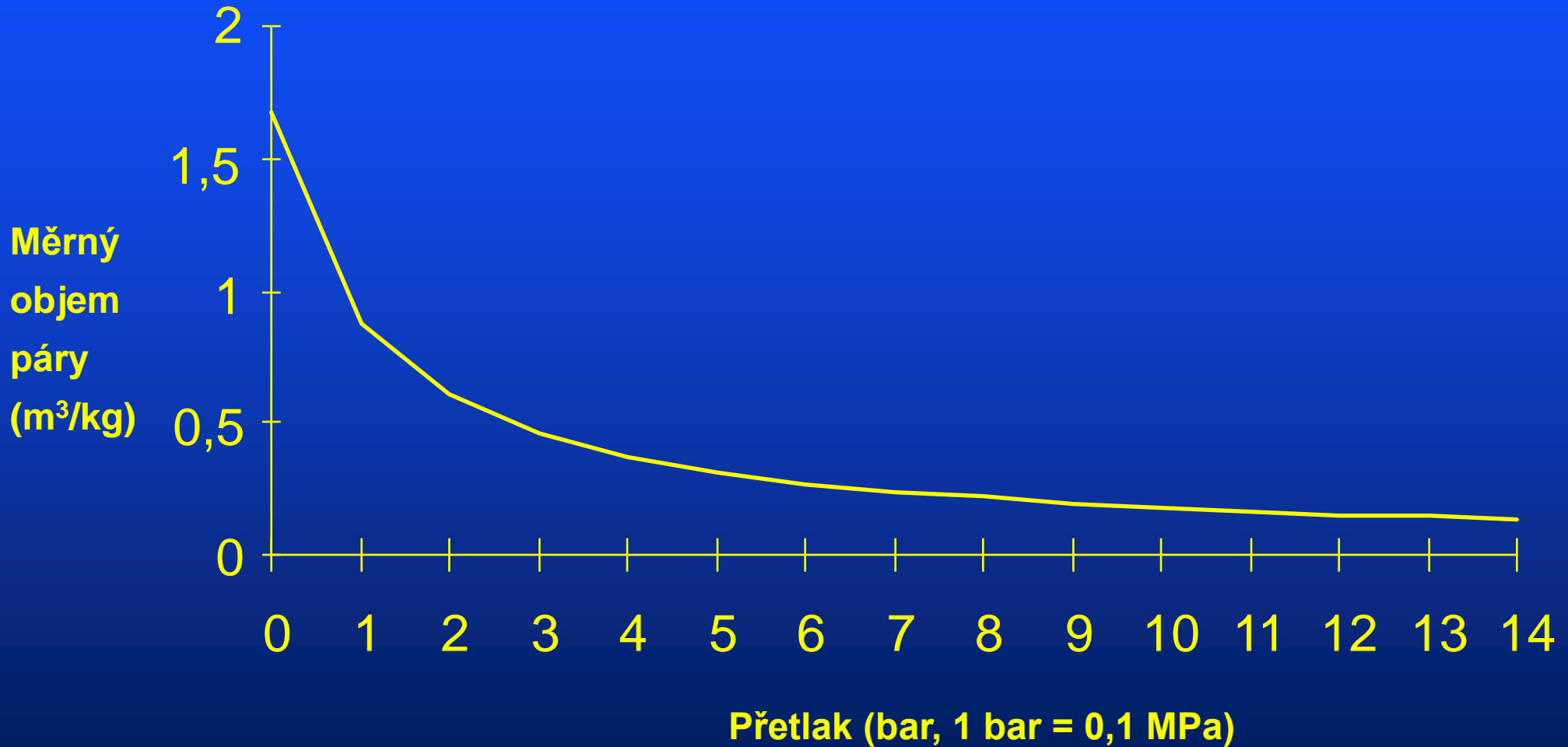
Grafické vyjádření parních tabulek



Závislost teplota sytosti páry - tlak



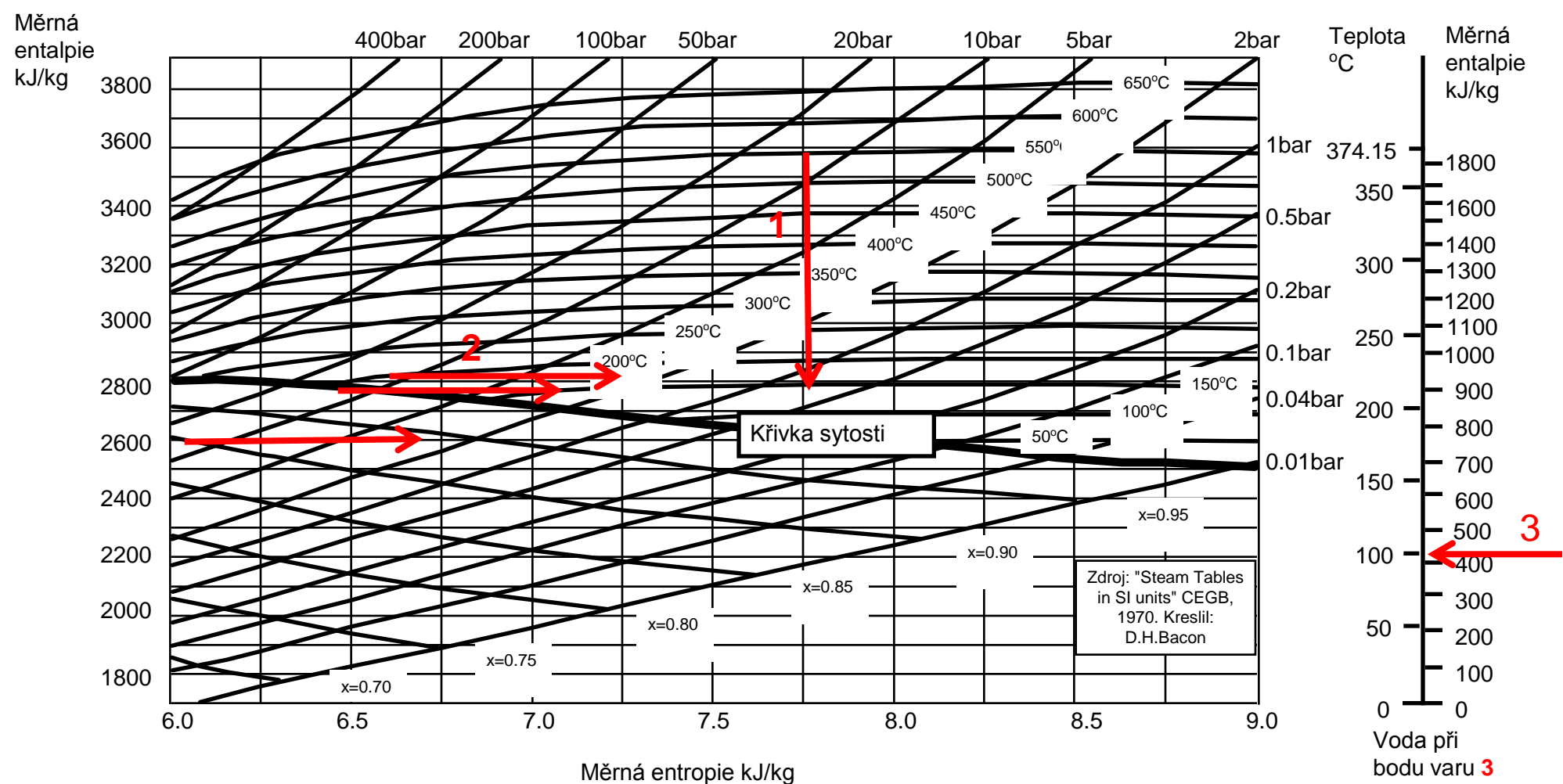
Závislost měrný objem páry - tlak



Mollierův diagram

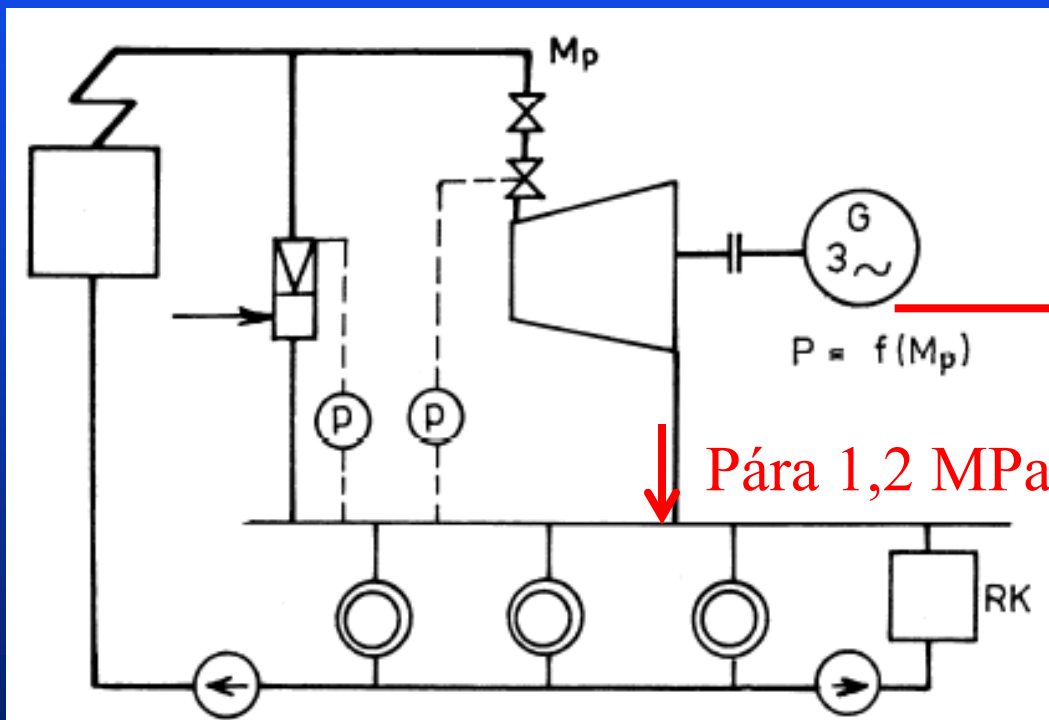
(entalpie = tepelný obsah, entropie = míra nevratnosti tepelných dějů)

1 – expanze páry na turbíně, 2 – redukce tlaku páry na RV



Teplárna s protitlakou turbínou

(dodávka technologické páry – protitlak turbíny)



Elektrárna s POT:

- velká spotřeba el. energie
- velká spotřeba páry/tepla

El. energie – elektrizační soustava

Pára 1,2 MPa(g) – zásobování městských sítí

Výměníkové stanice

(parní – vytápění a příprava TV u průmyslových hal
- ohřev průmyslových/procesních médií)

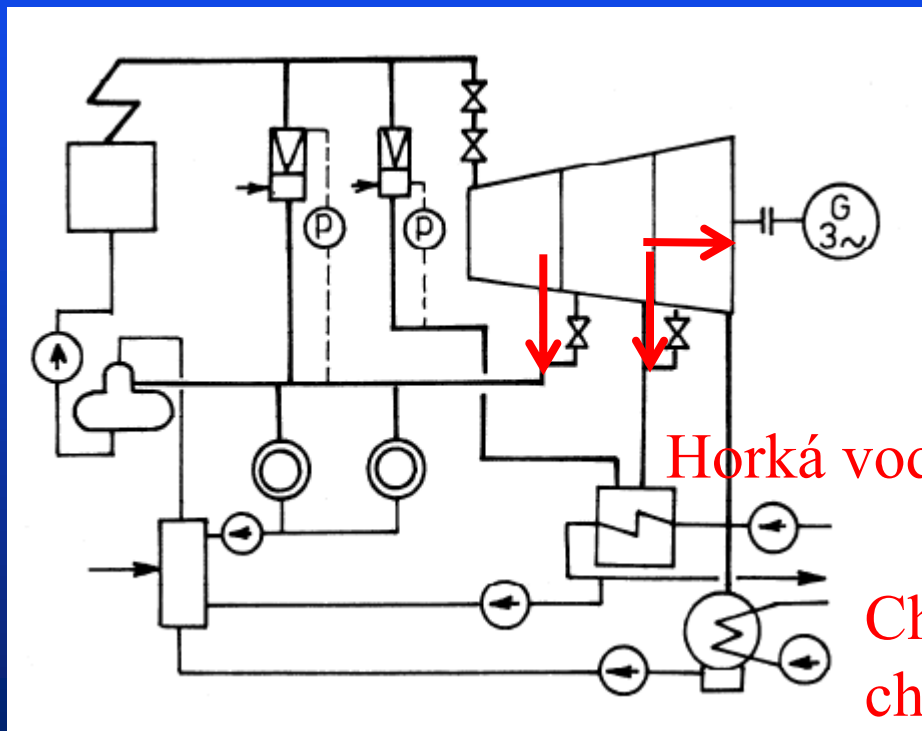


Výměníkové stanice

(parní – vytápění a příprava TV u obytných budov)



Elektrárna s kondenzační odběrovou turbínou



Elektrárna s KOT:

- velká spotřeba el. energie
- malá spotřeba páry/tepla

Horká voda 130/70 °C – zásobování městských sítí

Chladící voda kondenzátoru – okruh
chladících věží

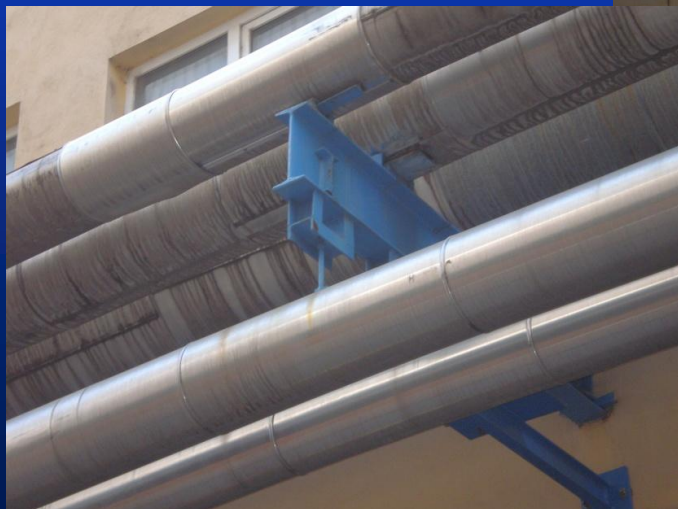
Horkovody

(horkovodní městské sítě – předizolované potrubí)



Parovody - kompenzátory

(rozvod technologické páry v průmyslovém závodě)

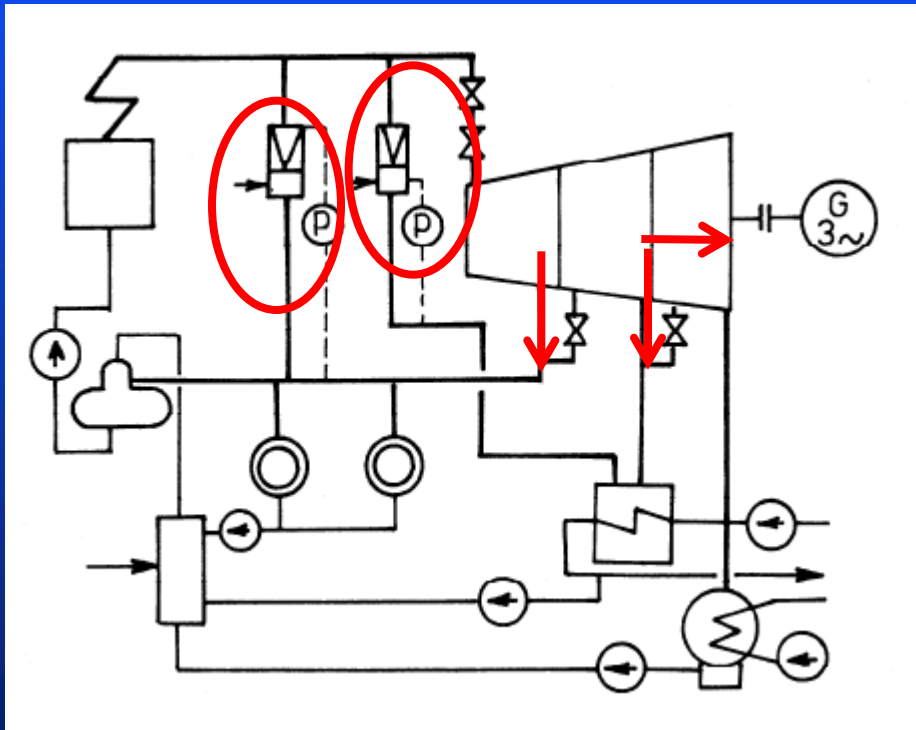


Výměníkové stanice

(horkovodní - vytápění a příprava TV obytných budov)



Elektrárna s kondenzační odběrovou turbínou



Redukční a chladicí stanice:

- snižuje teplotu páry dle požadavku procesní technologie:

- Omezení maximální teploty syté páry dle konstrukce aparátu,

- Zvýšení přestupu tepla při kondenzaci syté páry,

- Omezení maximální teplotou ohřívaného produktu.

Redukční a chladicí stanice

snižuje tlak a přehřátí páry dle technologického odběru

Hmotnostní bilance – zákon zachování hmoty:

Přehřátá pára + zadržovaná voda = sytá pára (cca 8 K nad sytost)

$$M_p + M_w = M_s$$

Tepelná bilance – zákon zachování energie:

Entalpie vstupující do procesu = Entalpie vystupující z procesu

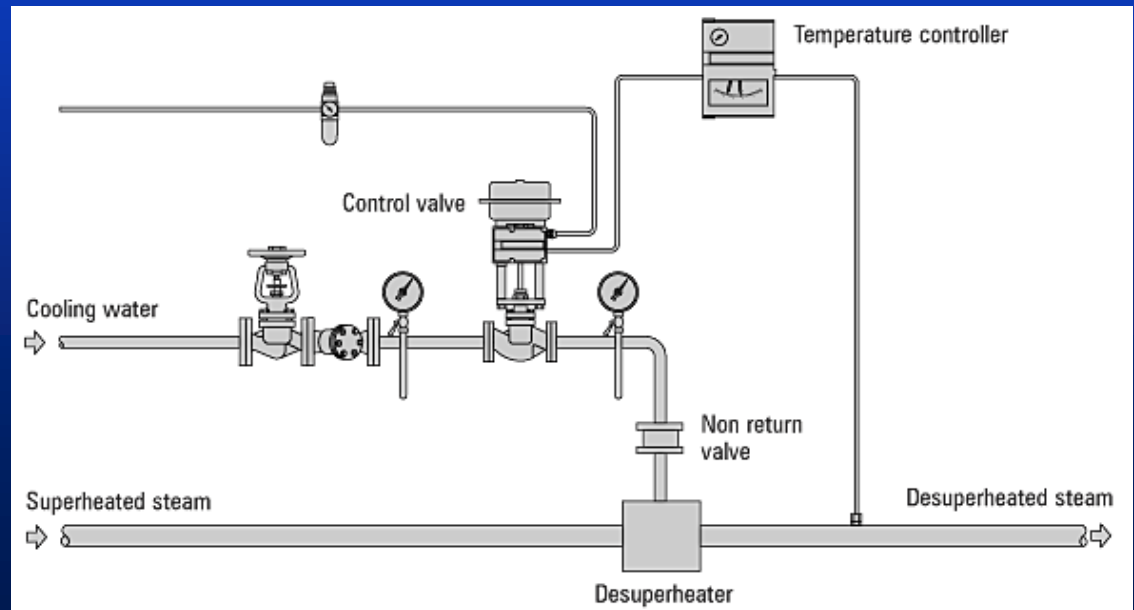
$$M_p \cdot I_p + M_w \cdot I_w = M_p \cdot I_d + M_w \cdot I_d$$

I_p = Entalpie přehřáté páry

I_w = Entalpie vody (zadržovaný kondenzát)

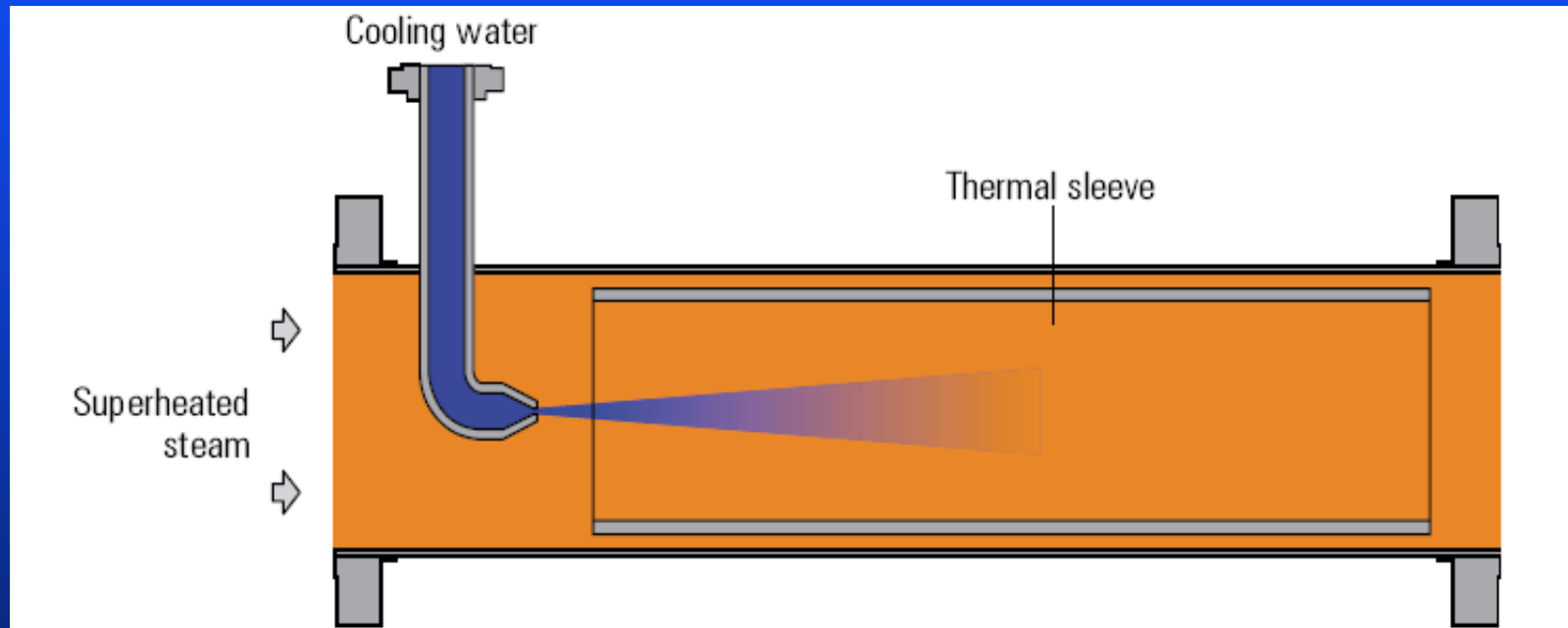
I_d = Entalpie páry po zchlazení

$$M_w = M_p \cdot \frac{I_p - I_d}{I_d - I_w}$$



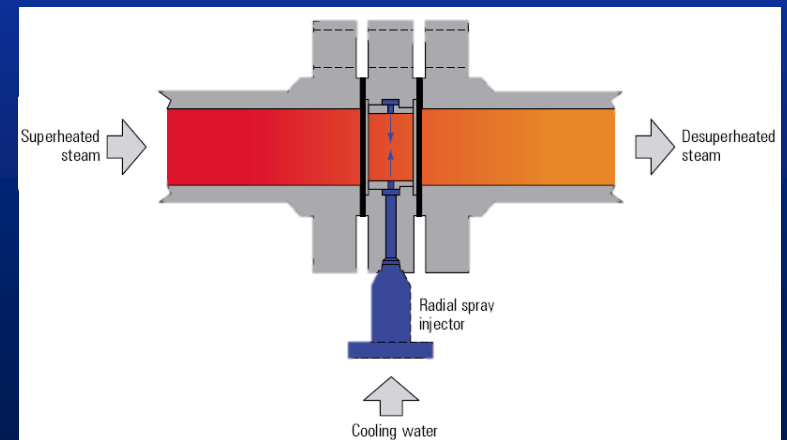
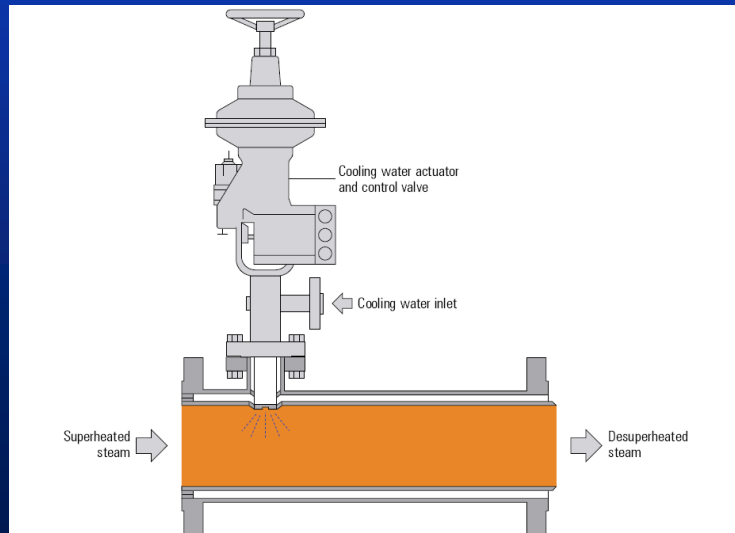
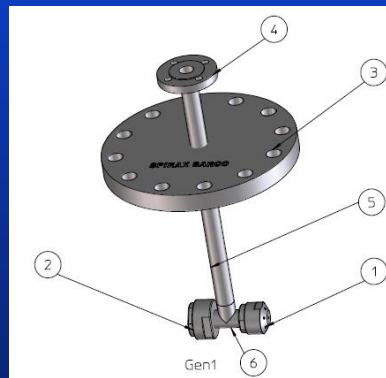
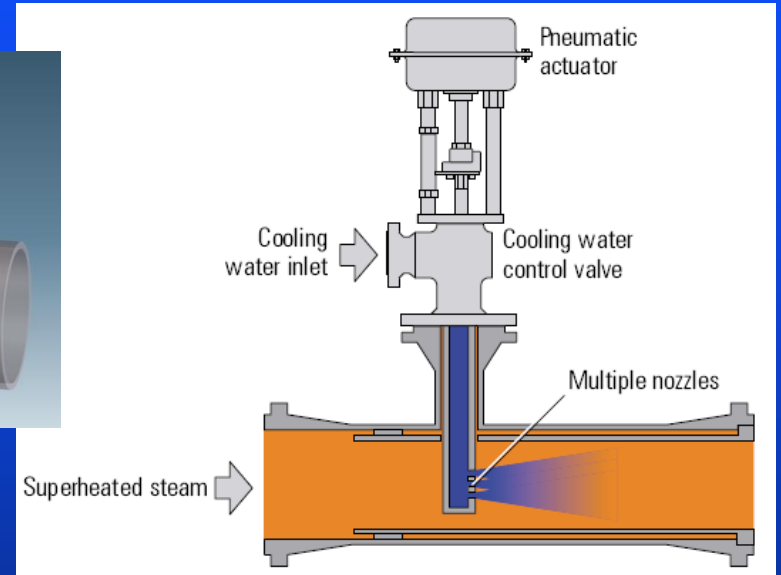
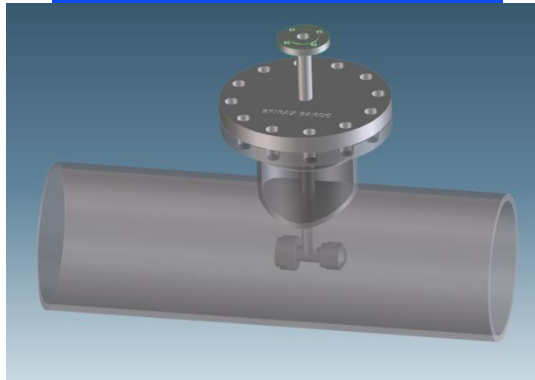
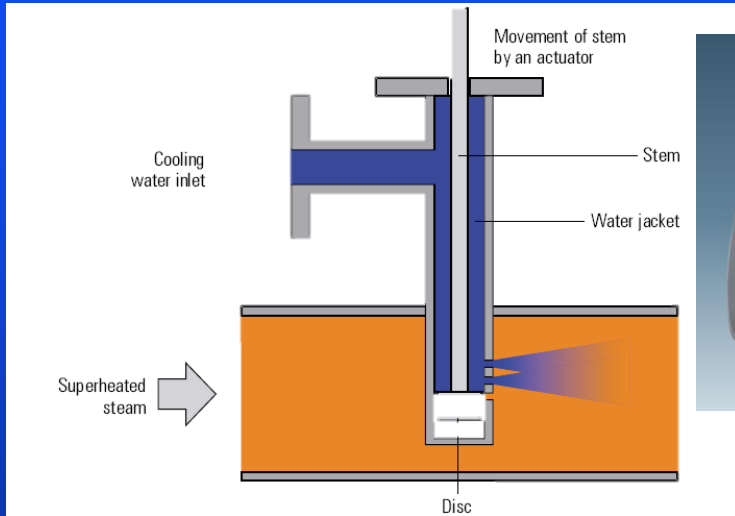
Redukční a chladicí stanice

technické provedení

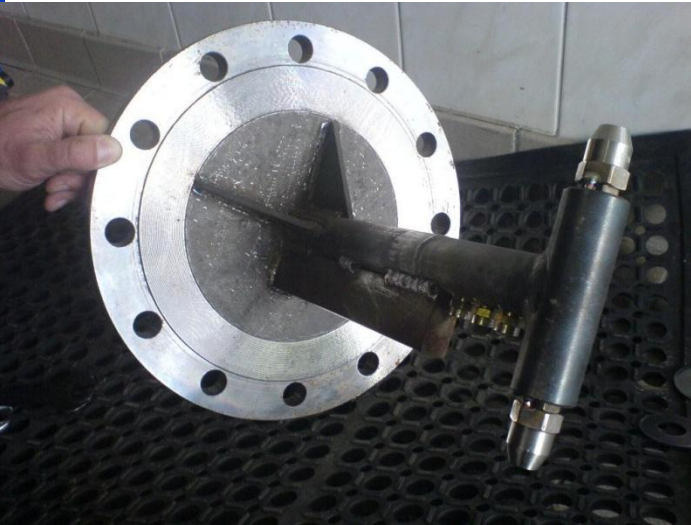
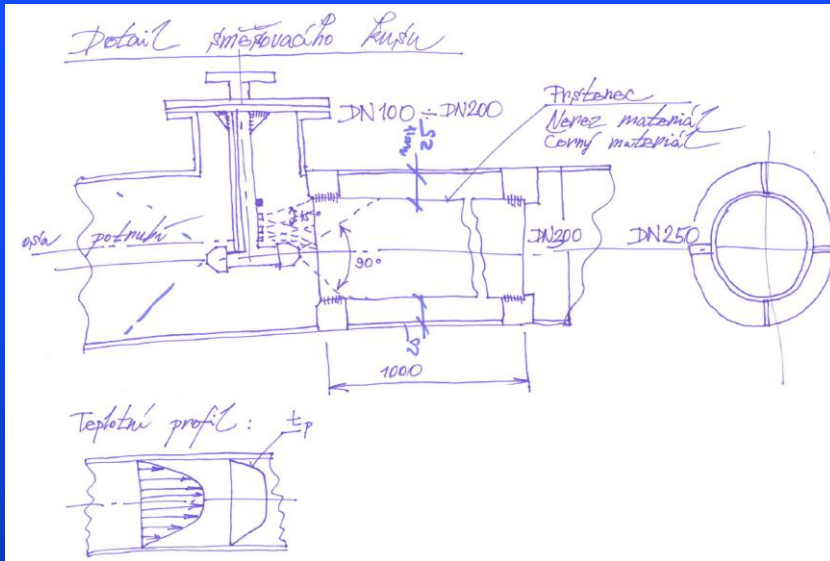


Redukční a chladicí stanice

technické provedení – axiální nebo radiální

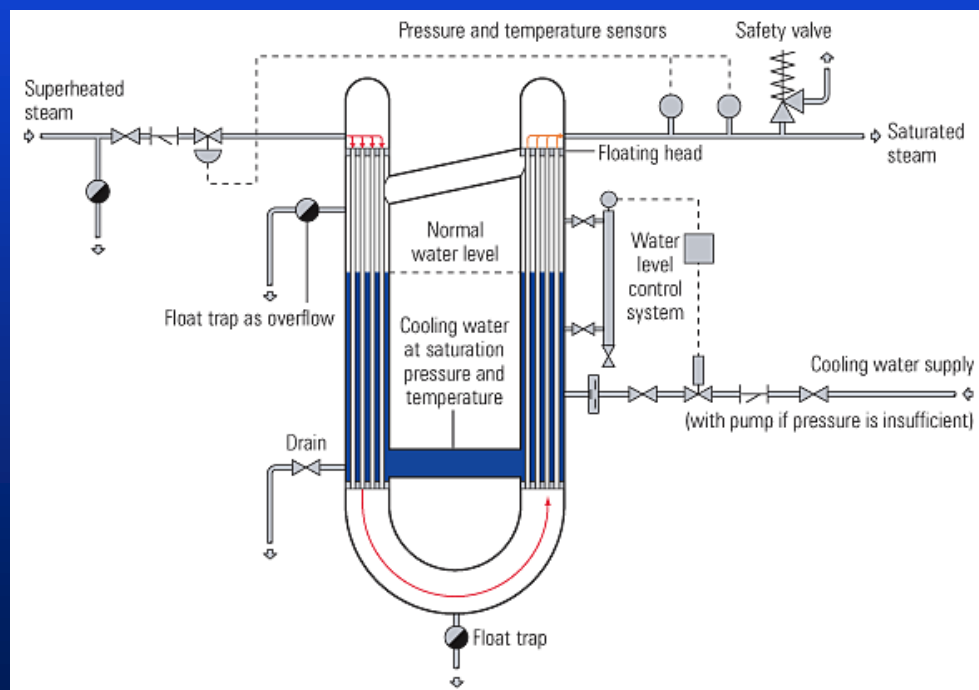
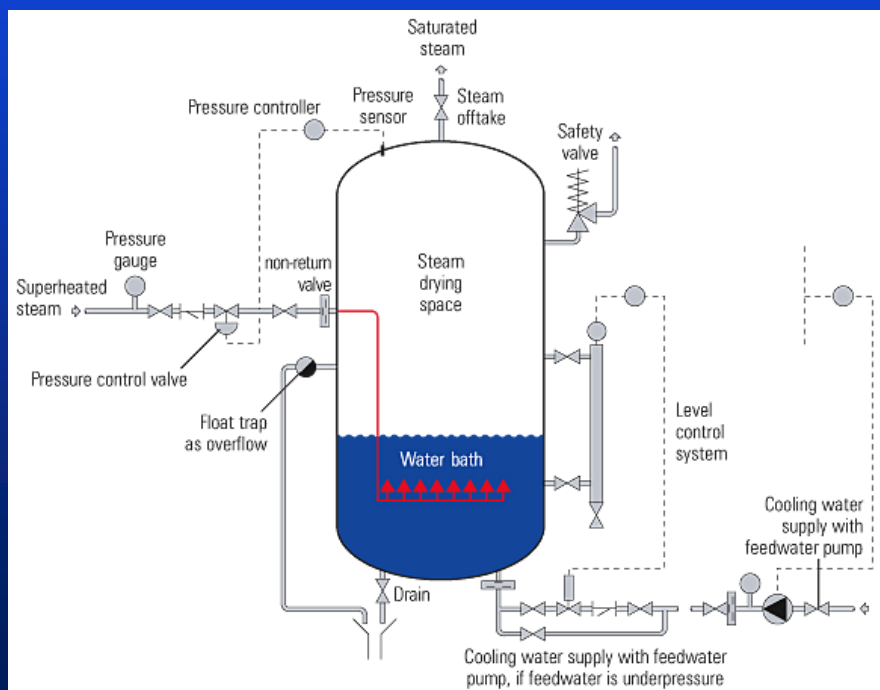


Zástržiková stanice (parní rozvodna)



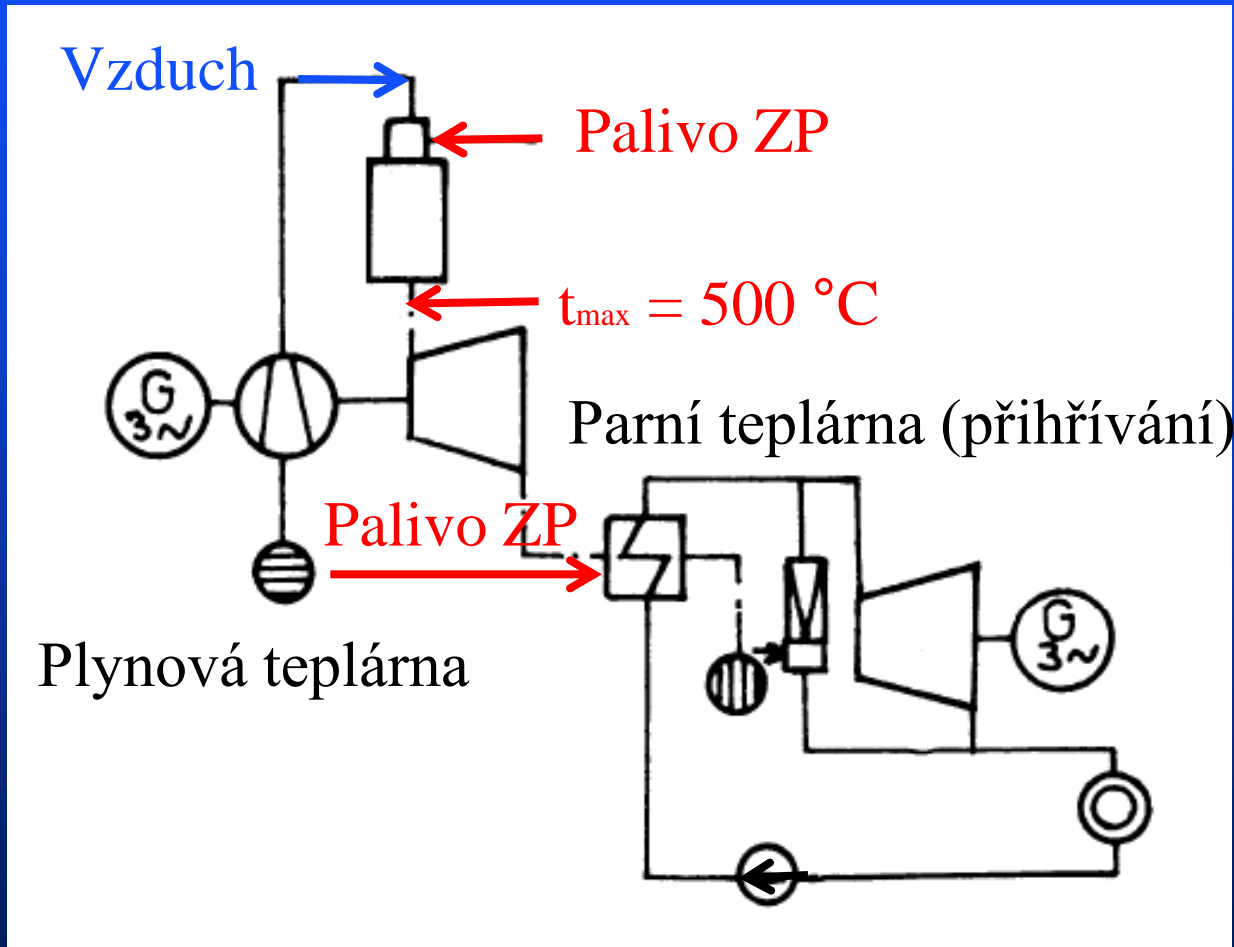
Jiné technické principy chlazení přehřáté páry

Obecně existují ještě jiná zařízení pro chlazení přehřáté páry (proudění nad hladinou kondenzátu a výměníky = nepřímé chlazení).



Paroplynové teplárny

(plynová + parní teplárna = vysoký modul teplárenské výroby el. energie)



Závěr

Paroplynové teplárny mají vysoký stupeň využití primárního paliva – dvě teplárny řazené sériově za sebou. Na paroplynové teplárny lze například přestavět bývalé plynárny vyrábějící svítiplyn zplyňováním hnědého uhlí (např. projekt Vřesová v ČR).

Prameny:

- 1. Kadrnožka, J.: Tepelné elektrárny a teplárny, SNTL 1984**
- 2. Dlouhý, T., Hrdlička, F., Kolovratník, M.: Průmyslová energetika ,
ČVUT 2003**