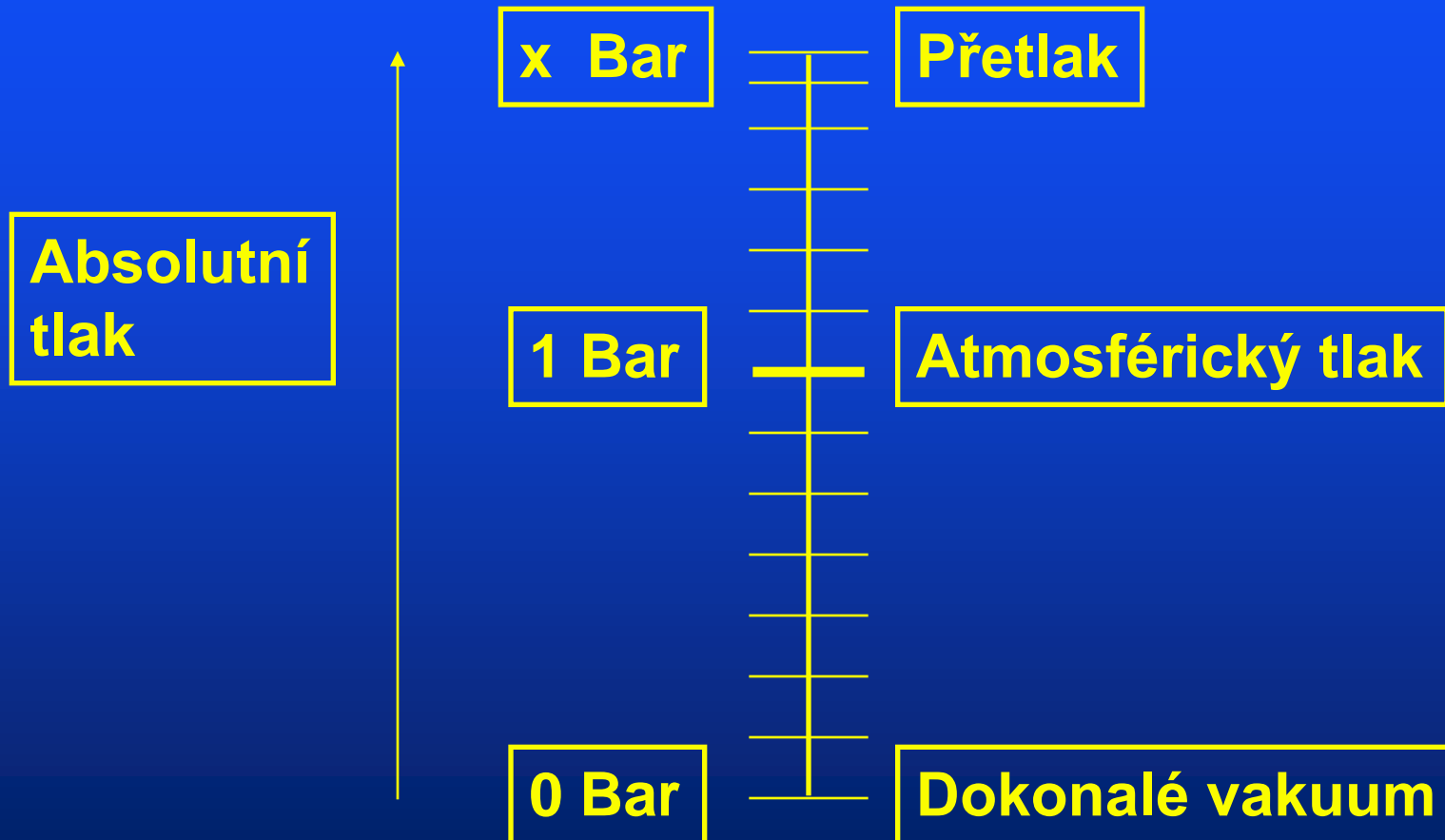


# **Zásobování teplem**

## **Cvičení 2 2015**

**Ing. Martin NEUŽIL, Ph. D**  
**Ústav Energetiky**  
**ČVUT – FS**  
**Technická 4**  
**166 07 Praha 6**

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

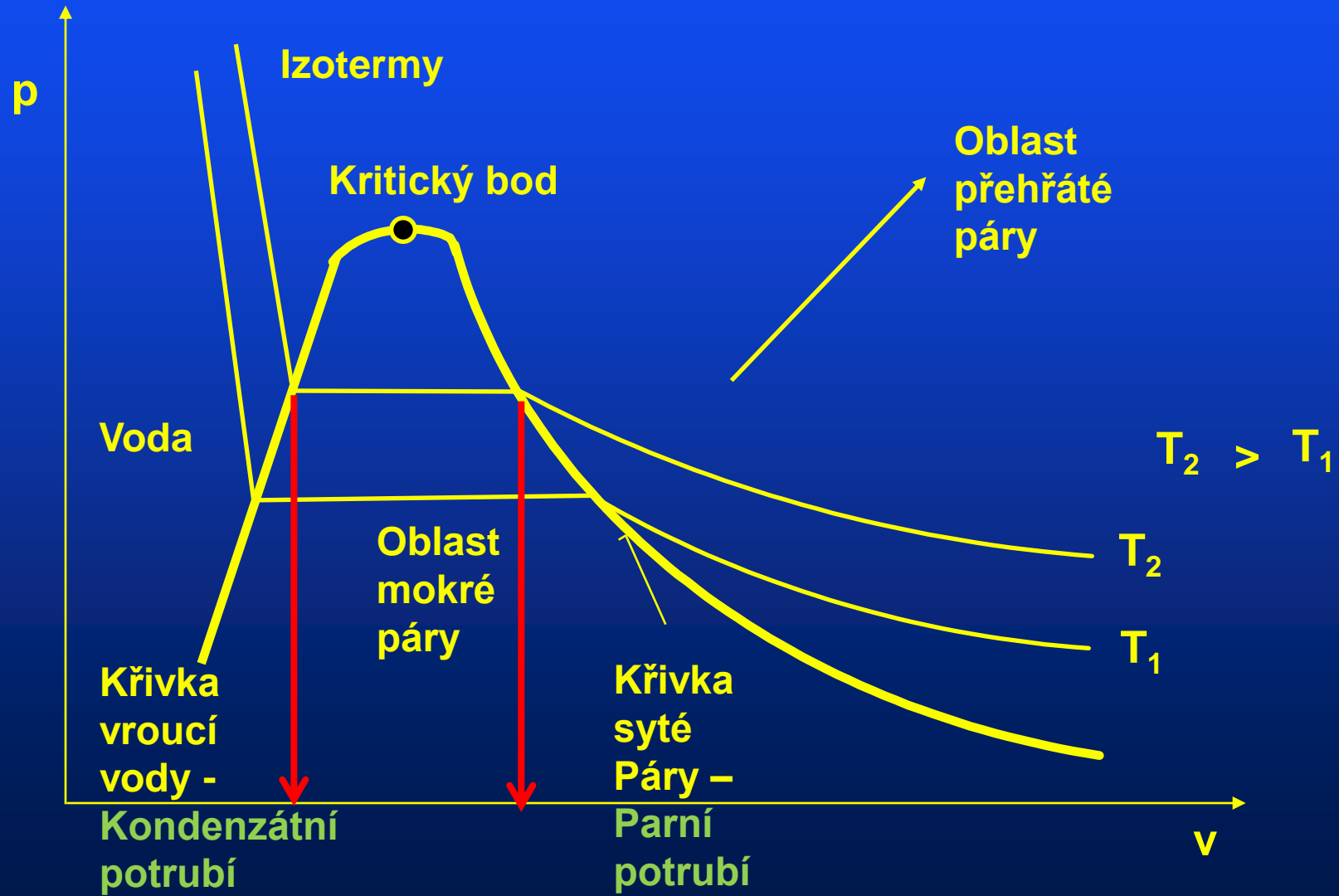


$$\text{Přetlak} = \text{Absolutní tlak} - \text{Atmosférický tlak}$$

# 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 <sup>3</sup> /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

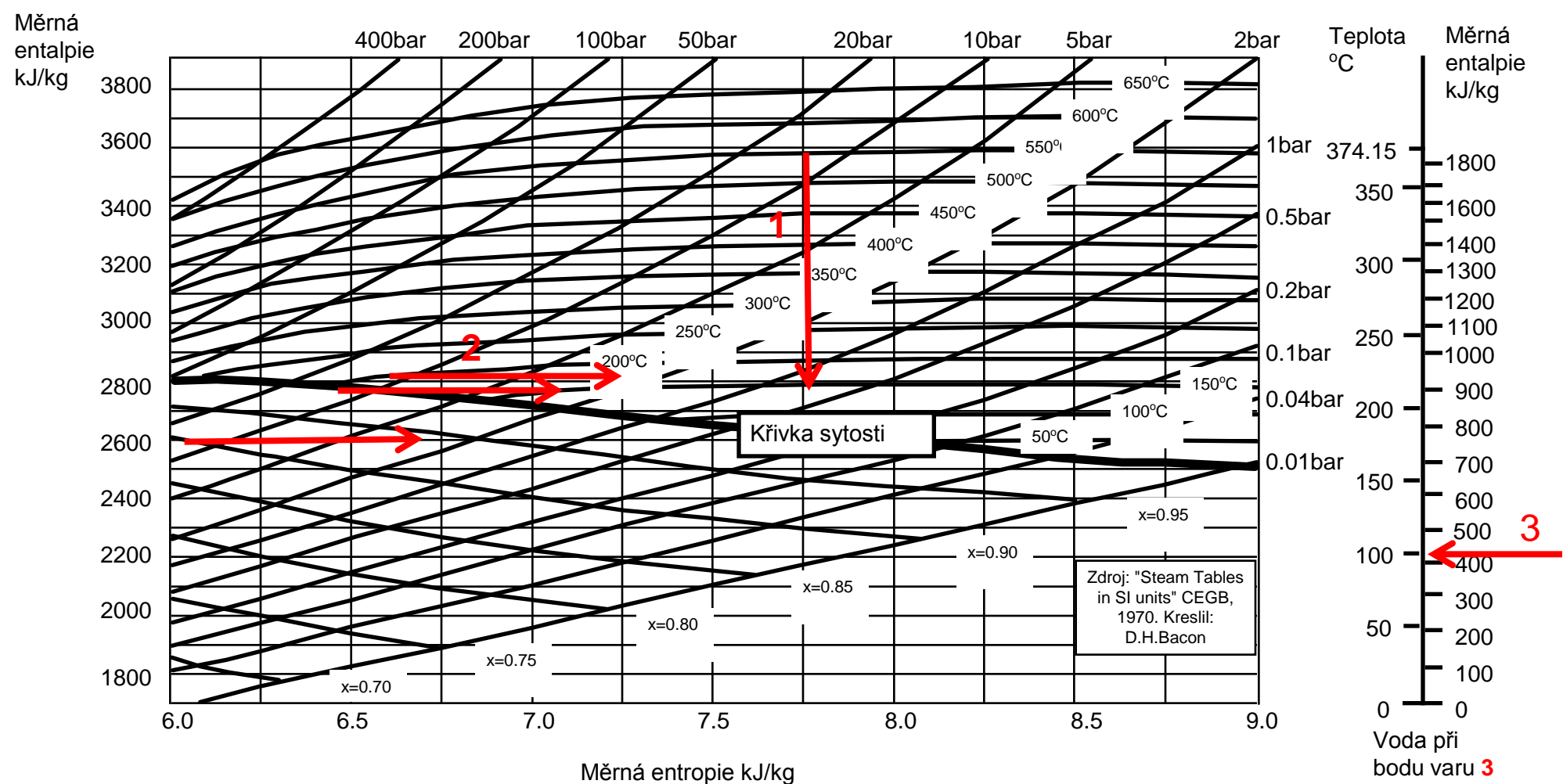
# Grafické vyjádření parních tabulek



# Mollierův diagram

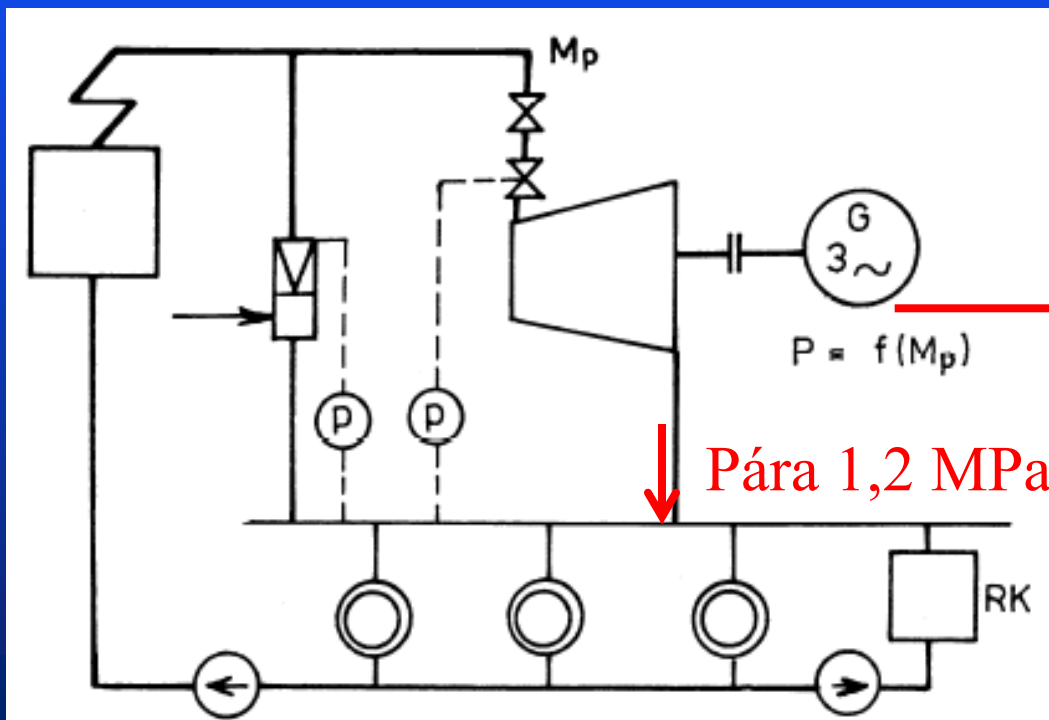
(entalpie = tepelný obsah, entropie = míra nevratnosti tepelných dějů)

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



# Teplárna s protitlakou turbínou

(dodávka technologické páry – protitlak turbíny)



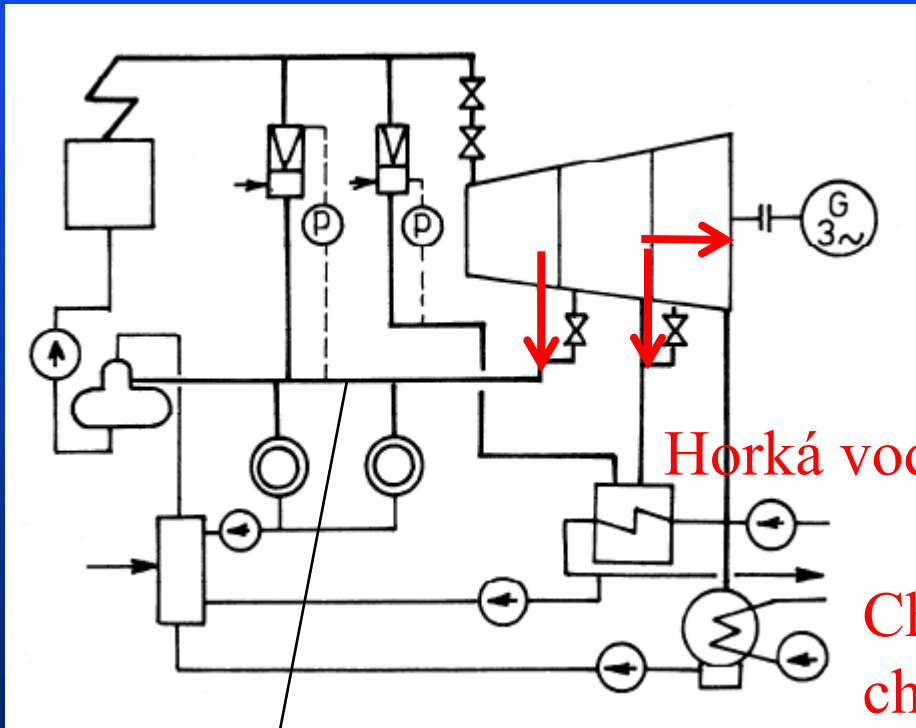
## Elektrárna s POT:

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

El. energie – elektrizační soustava

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

# Elektrárna s kondenzační odběrovou turbínou



## Elektrárna s KOT:

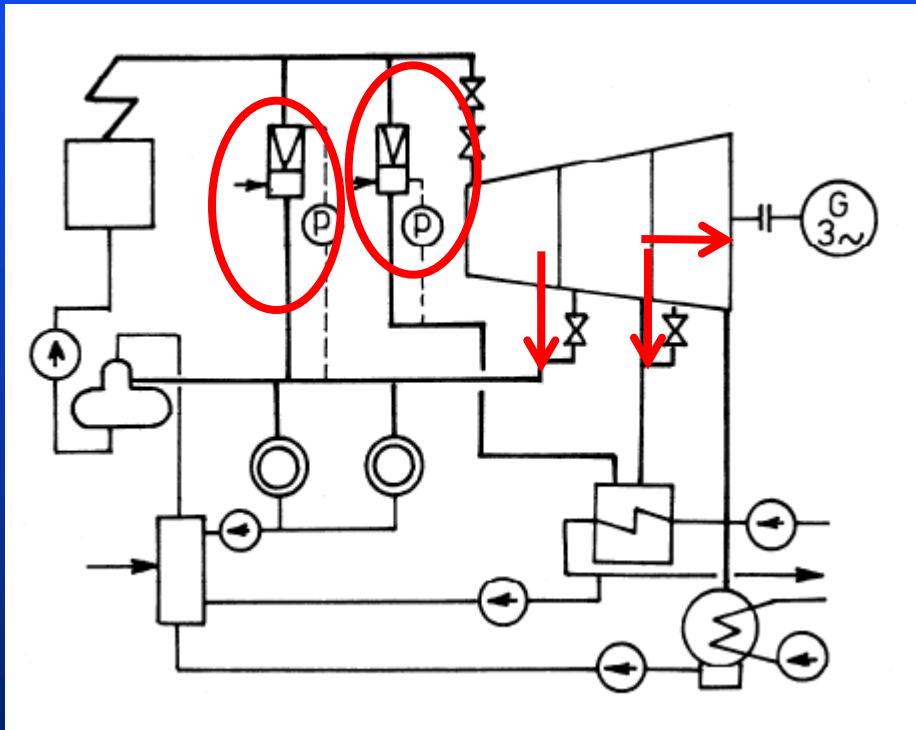
- velká spotřeba el. energie
- malá spotřeba páry/tepla

Horká voda 130/70 °C – zásobování městských sítí

Chladící voda kondenzátoru – okruh  
chladících věží

Pára – zásobování průmyslových odběrů

# 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.



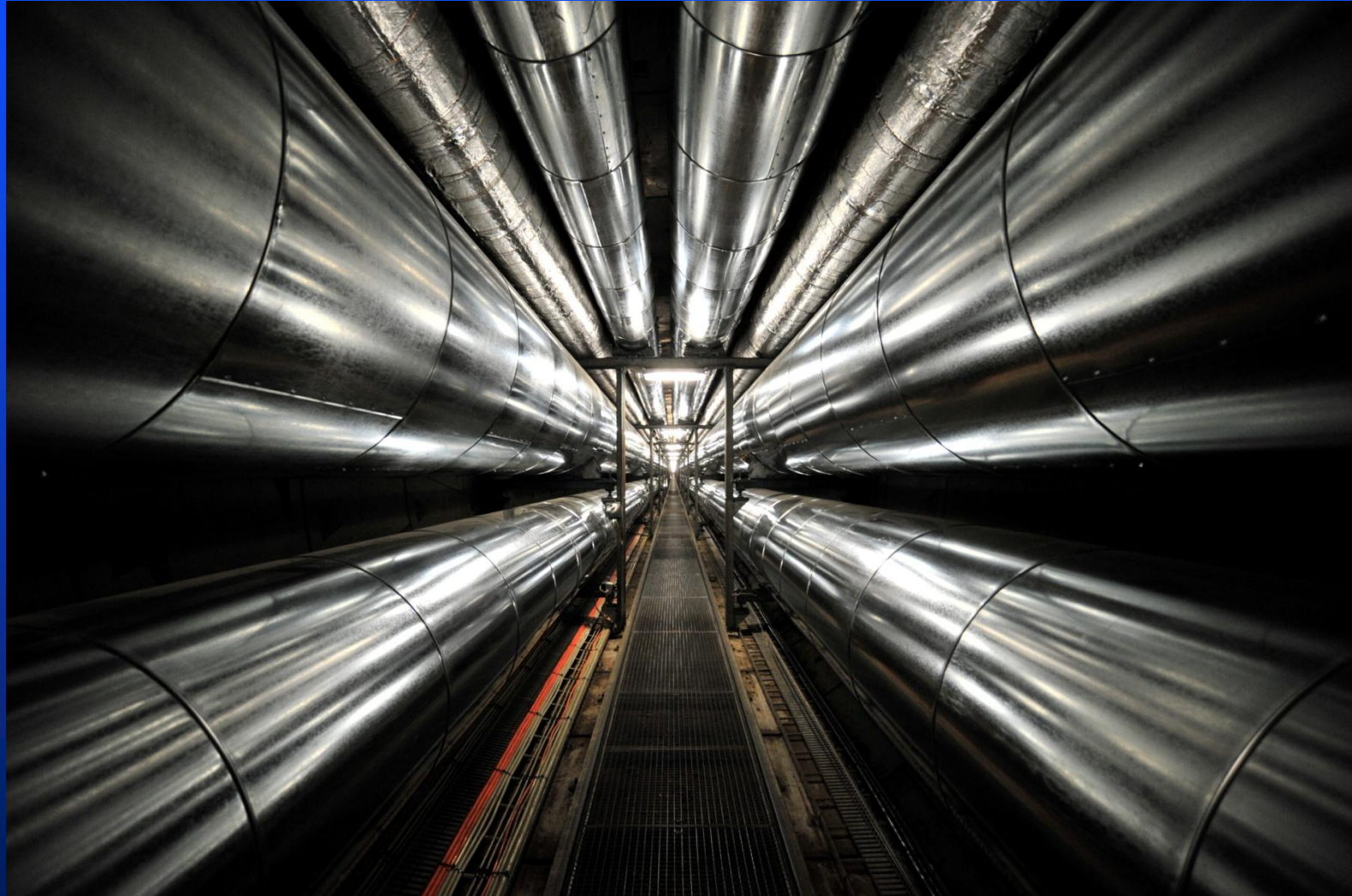
# Parovody

(parní městské sítě – předizolované potrubí??)



# Parovody

(parní městské sítě – příklad umístění v kolektorech)



# Výměníkové stanice

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

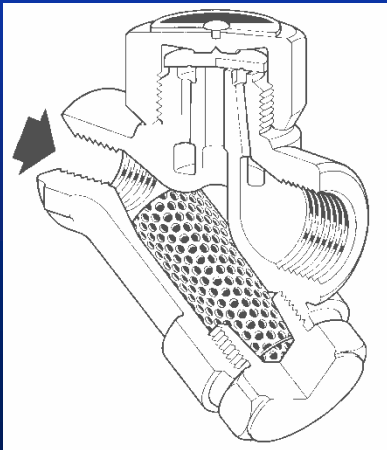
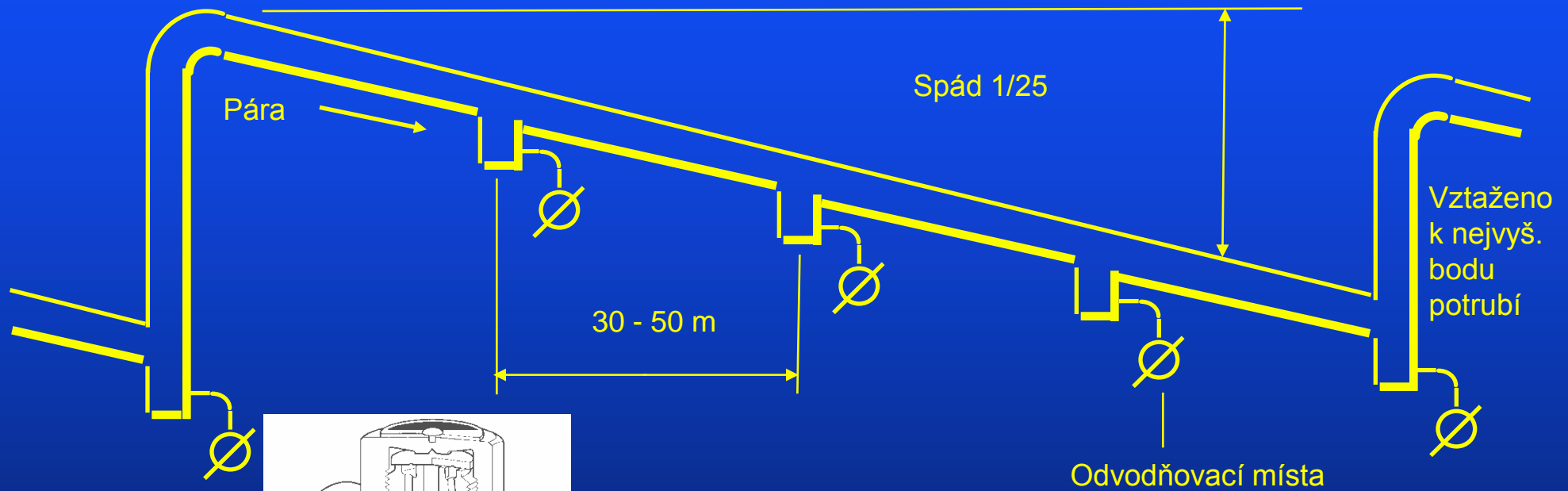


# Výměníkové stanice

(parní – vytápění a příprava TV u obytných budov)

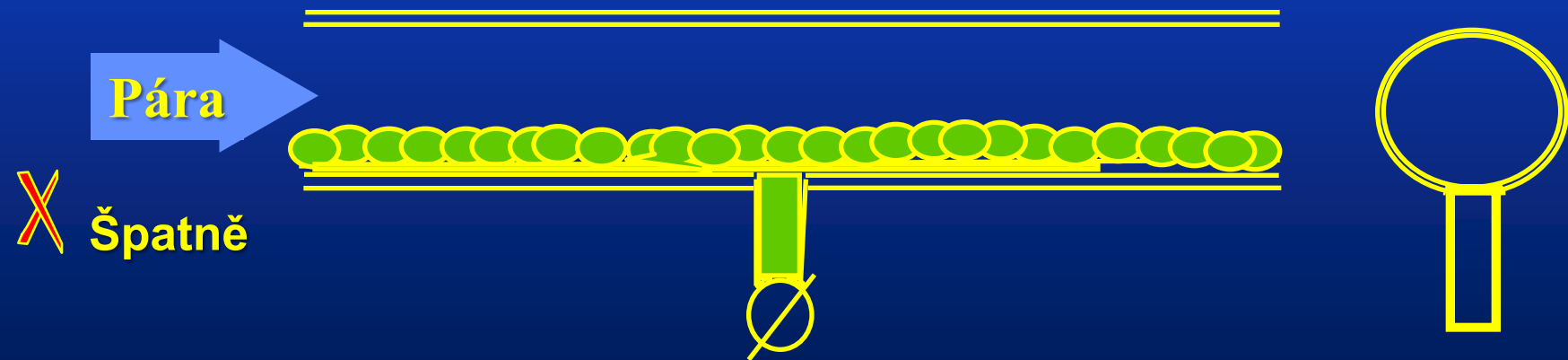
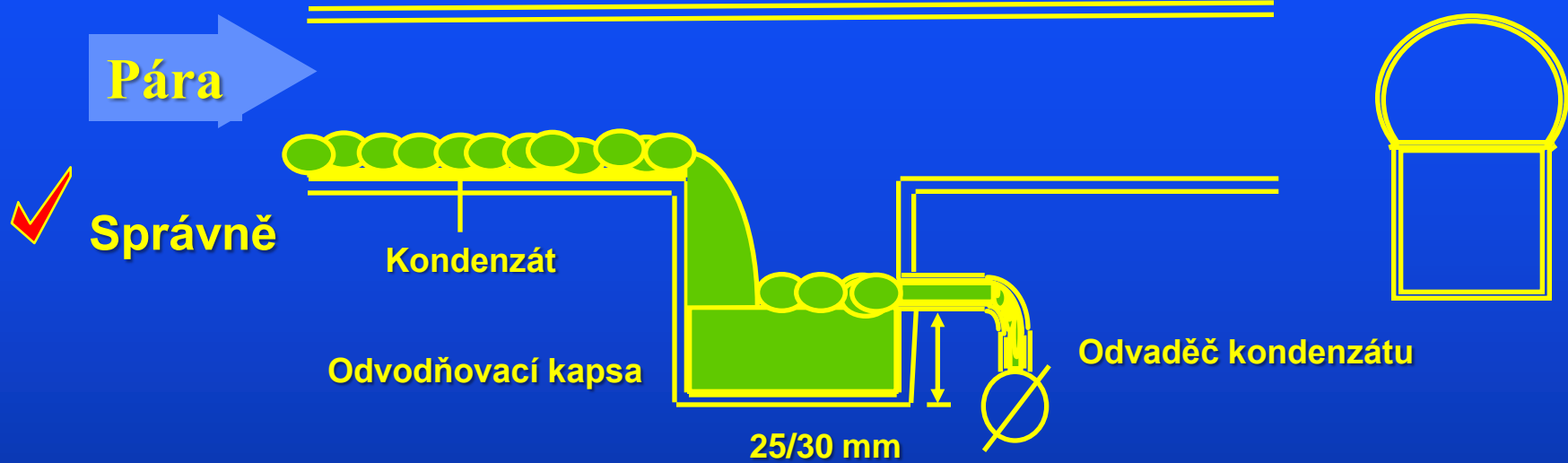


# Správné spádování a odvodnění parovodu

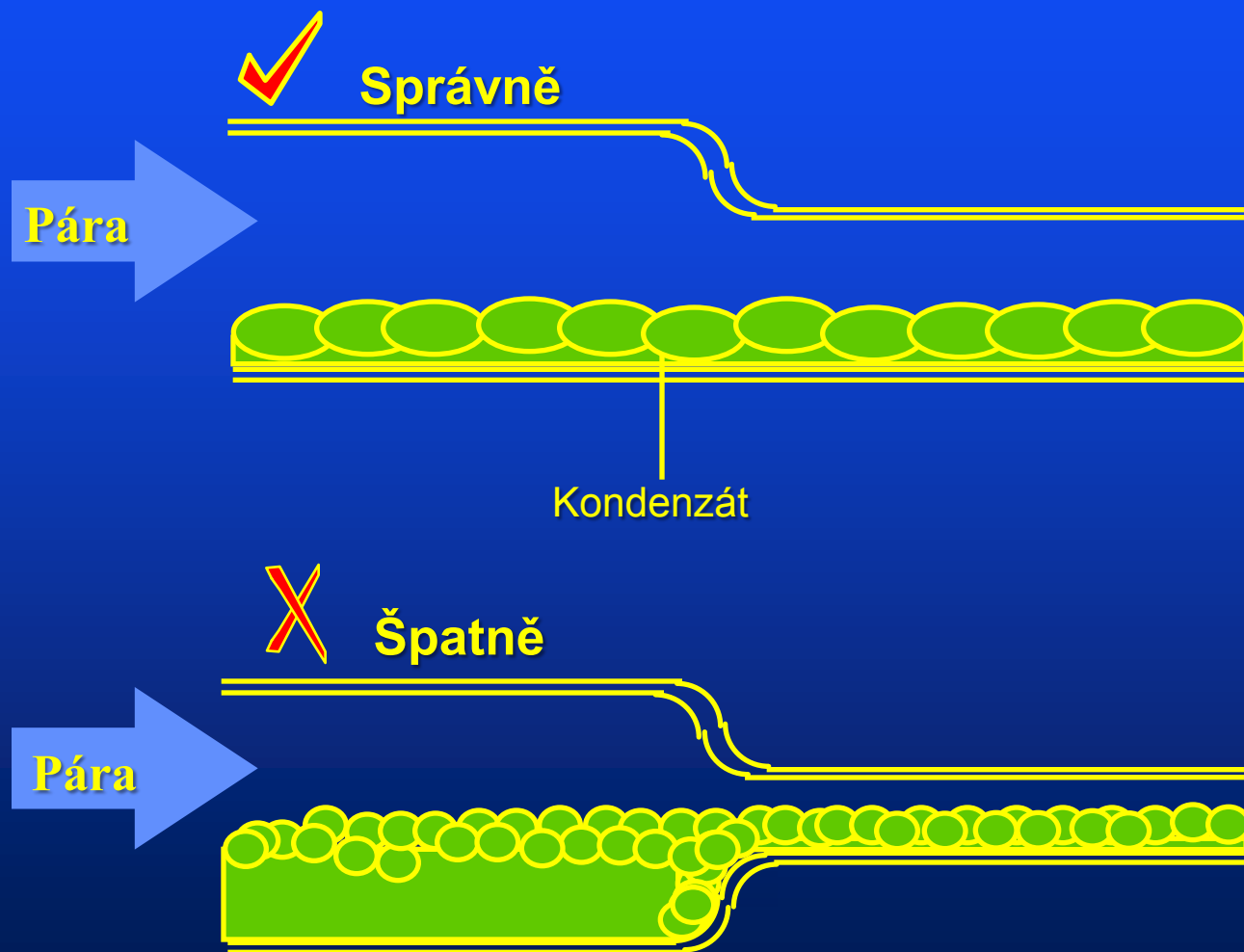


Termodynamické odvaděče kondenzátu

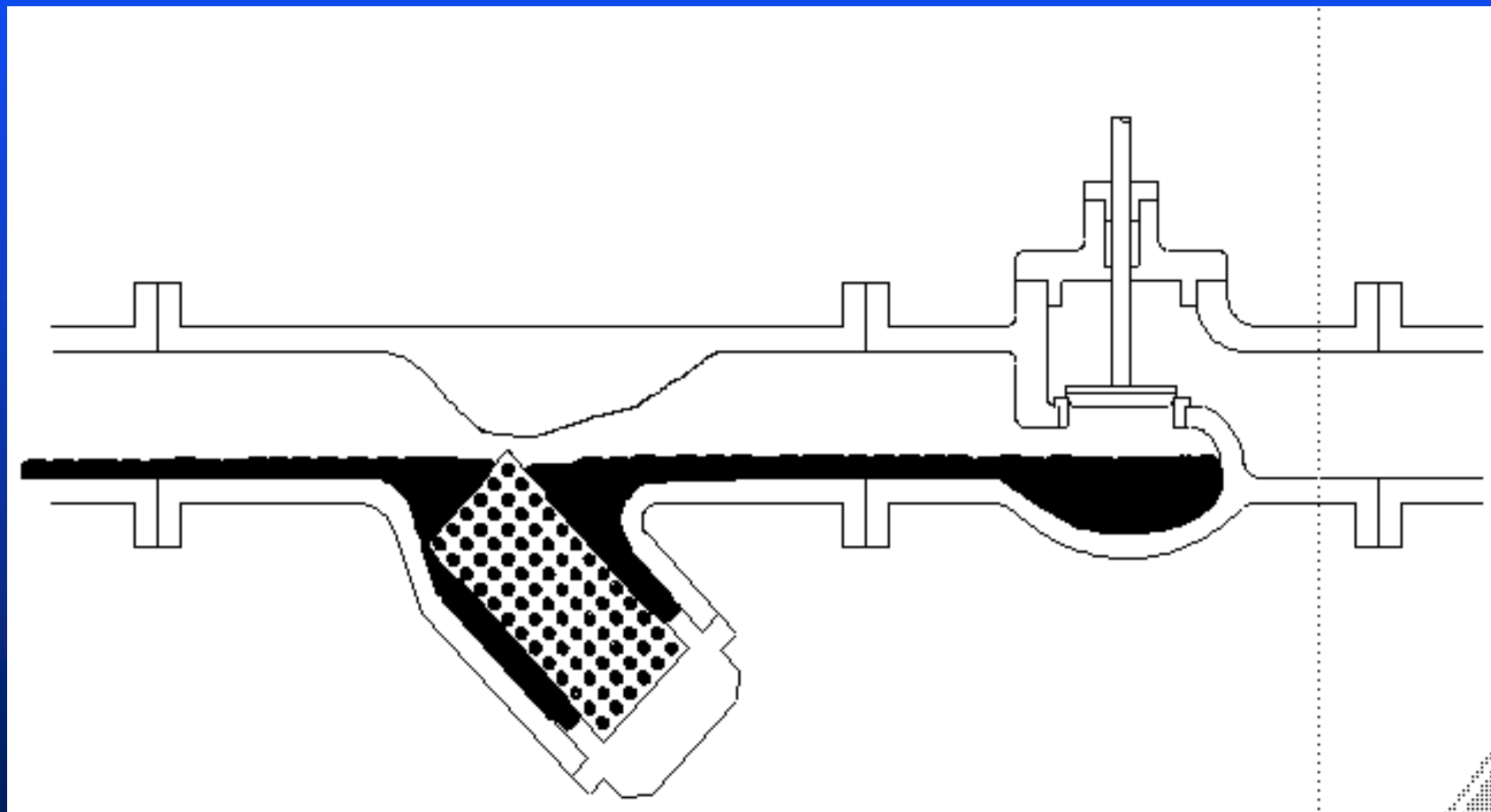
# Správný návrh kalníku



# Správný návrh redukce potrubí

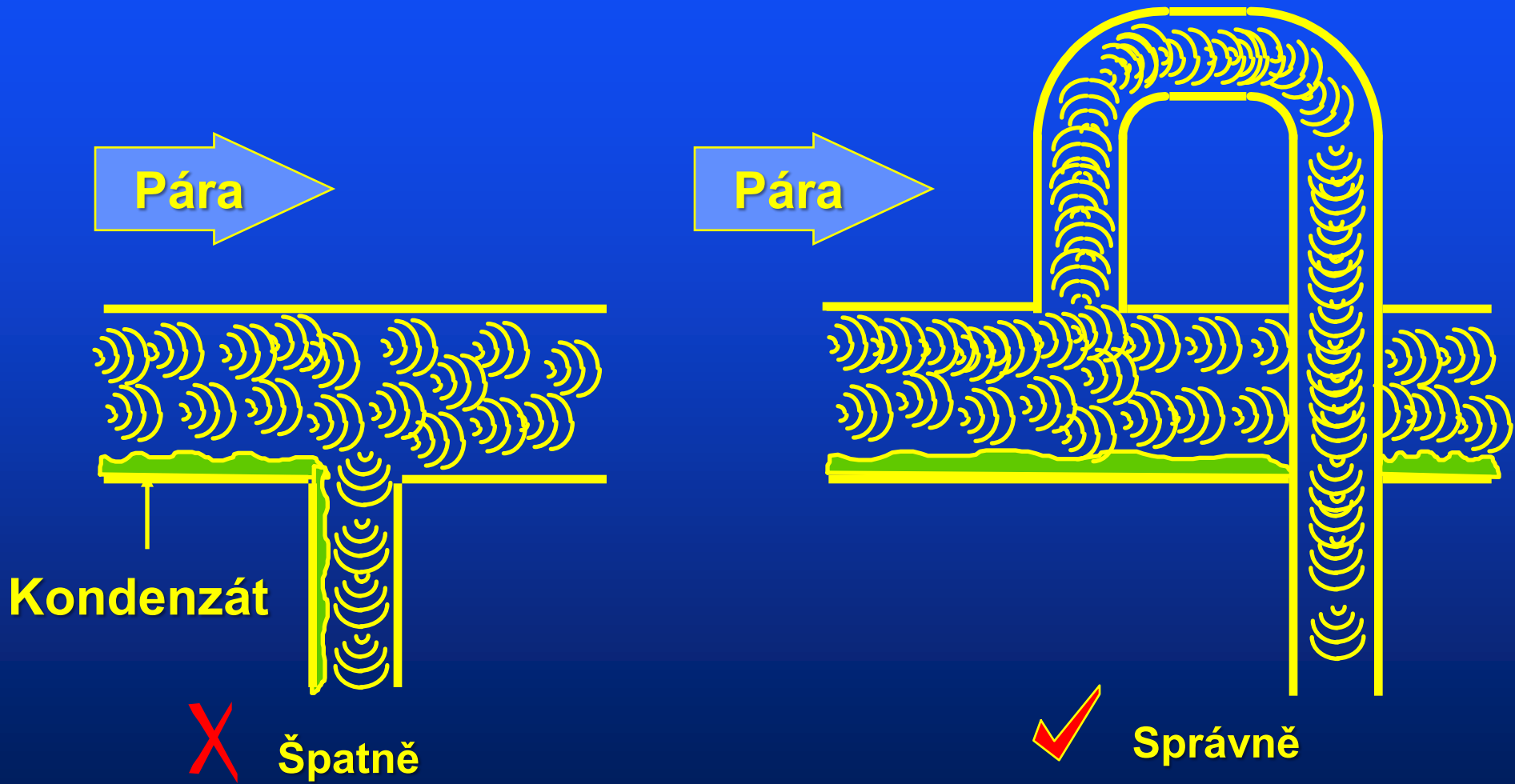


# Správná montáž armatur





# Správný návrh parních odboček



Kondenzát

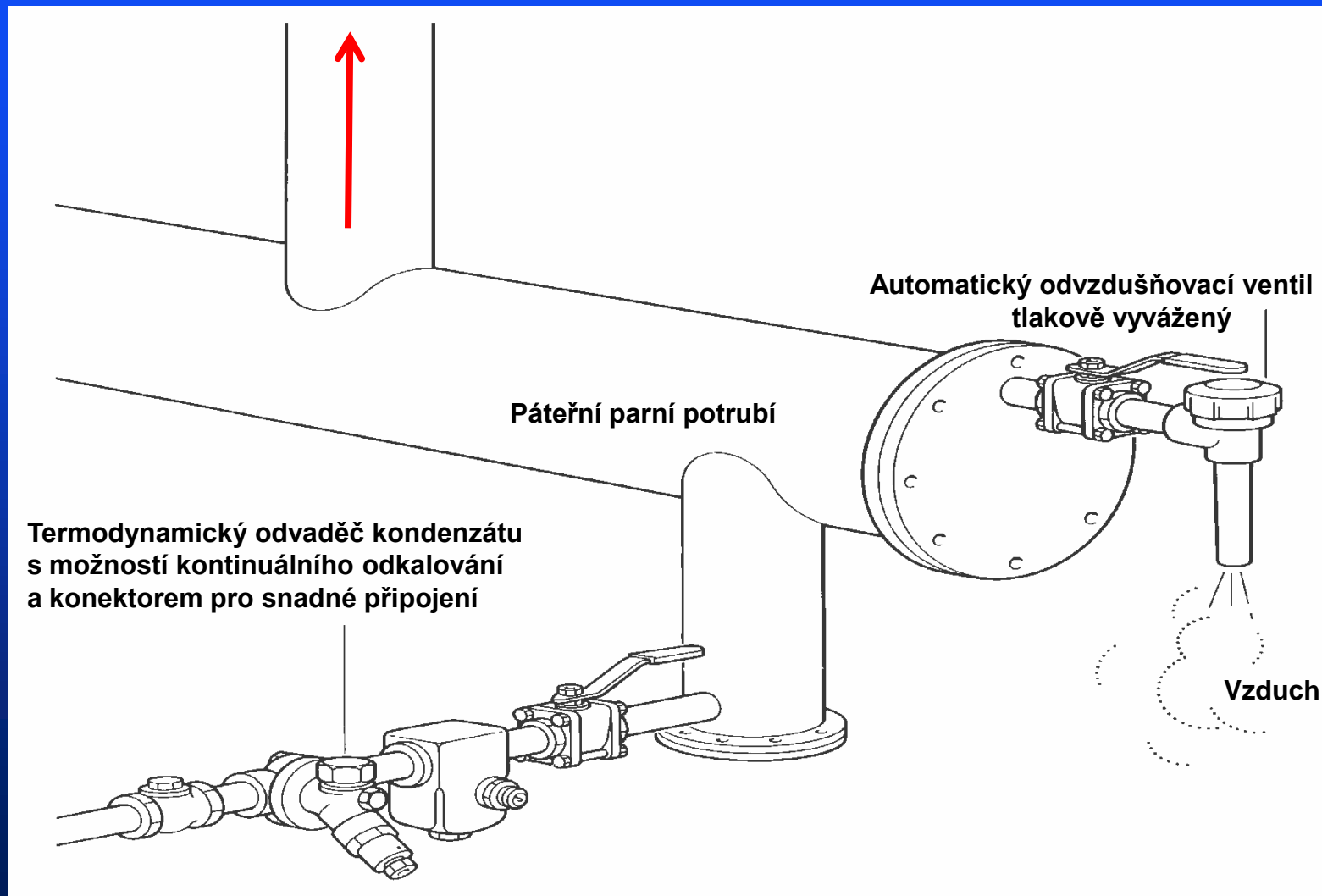
Pára

Pára

Špatně

Správně

# Správný návrh parních odboček

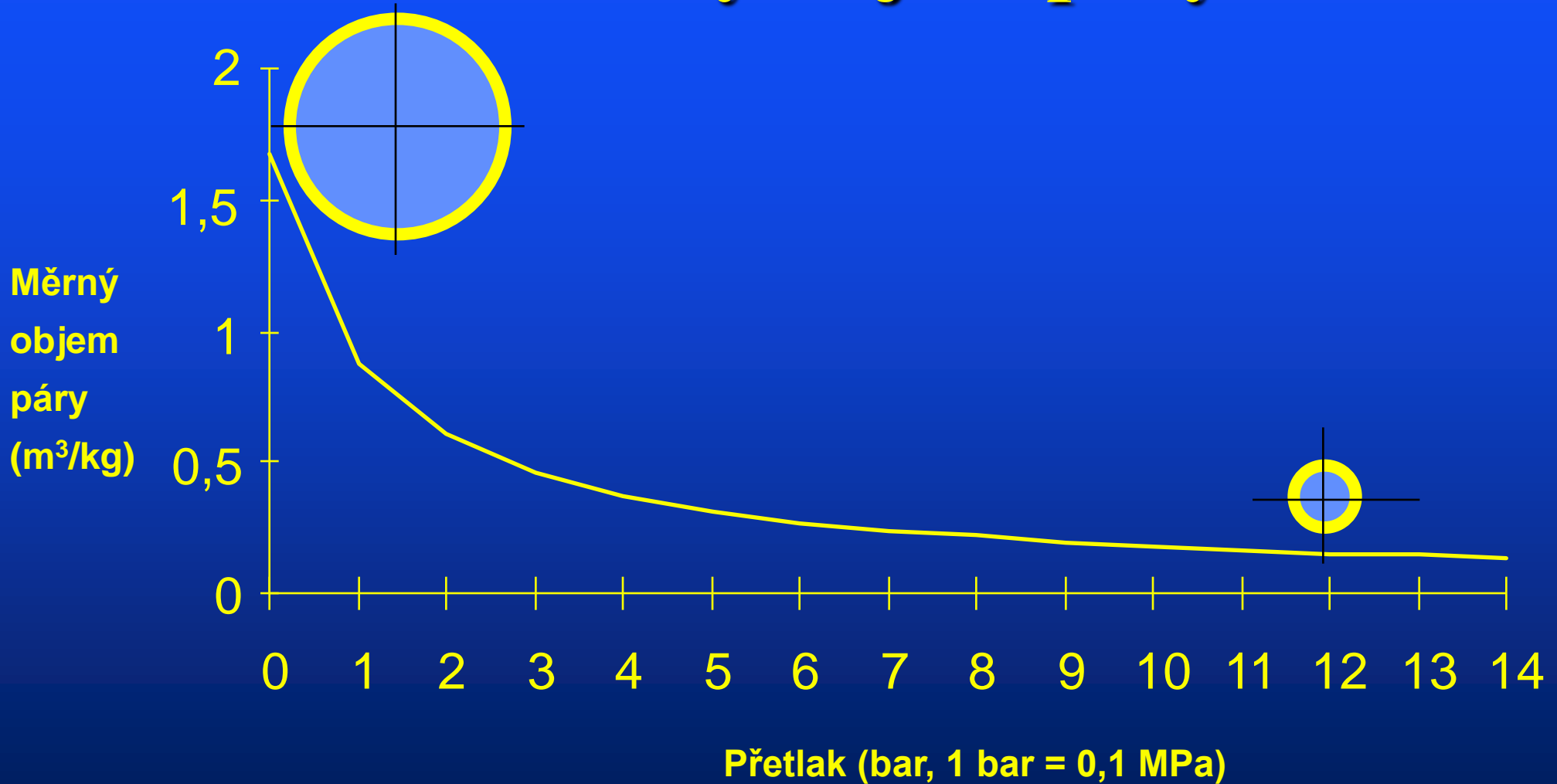


# Volba tlaku parovodu

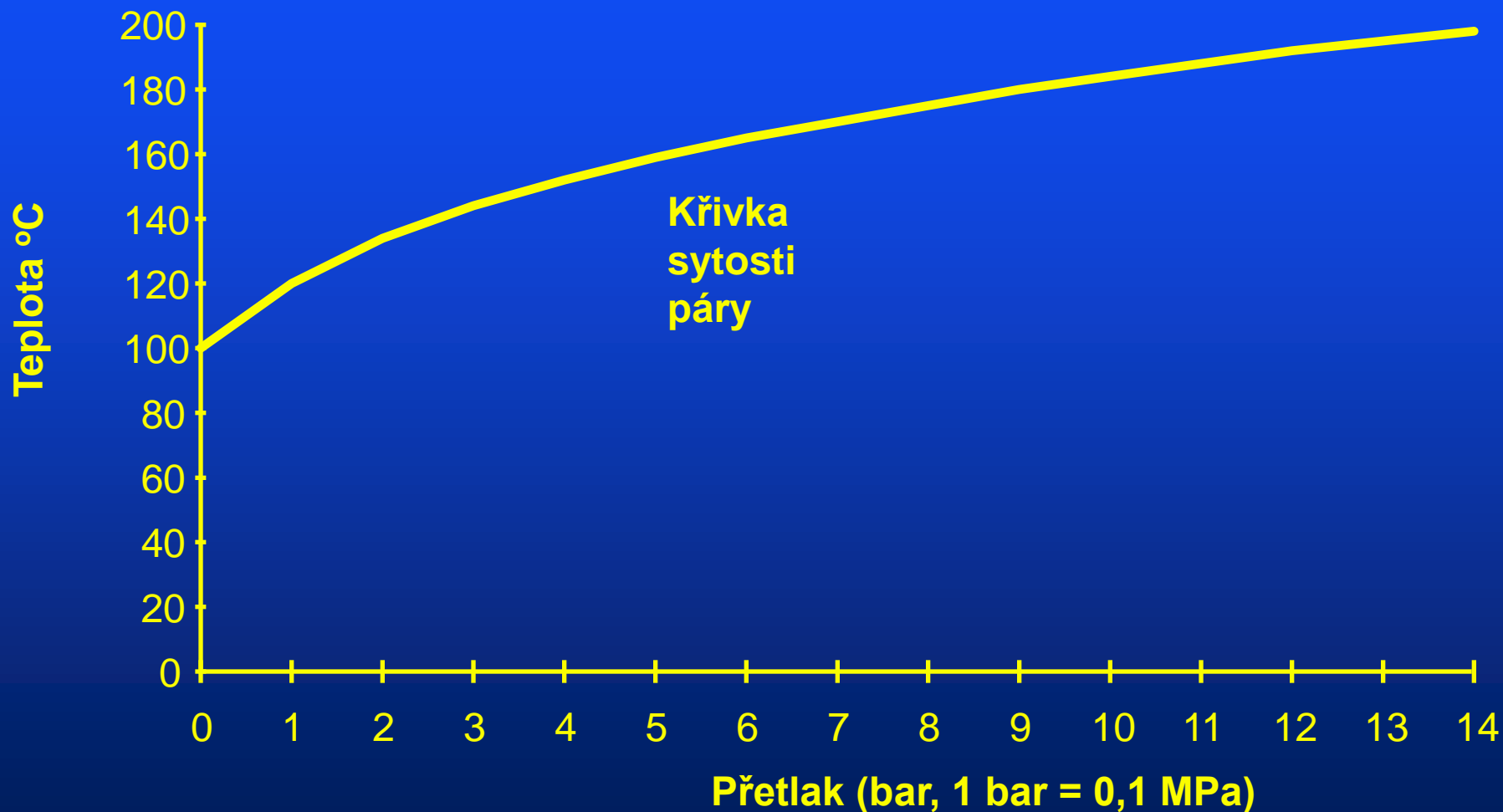
(dodávka technologické páry – protitlak turbíny)

- **Vysokotlaký rozvod má následující výhody:**
  - Je potřeba potrubí malého průměru, které má malý povrch a tím i tepelné ztráty.
  - Menší investiční a montážní náklady na potrubí, armatury, podpěry potrubí, atd.
  - Menší investiční a montážní náklady na tepelnou izolaci.
  - Pára u konečného spotřebitele je sušší, neboť při redukci z vyššího tlaku na nižší dochází k vysušení páry.
  - Parní kotel může být provozován na vyšším tlaku, kdy je účinnost výroby páry vyšší a rozměry kotle nižší.
  - Tepelná kapacita parního kotle je zvýšena, což pomáhá překonat problémy spojené s proměnlivým odběrem páry, kdy velmi často dochází k přestřiku kotlové vody do parního potrubí (vodní rázy v potrubí).

# Závislost měrný objem páry - tlak



# Závislost teplota sytosti páry - tlak



# Volba průměru parovodu

PŘEDDIMENZOVÁNÍ

- ◆ Vyšší investiční náklady
- ◆ Vyšší tepelné ztráty potrubí
- ◆ Vyšší množství vznikajícího kondenzátu

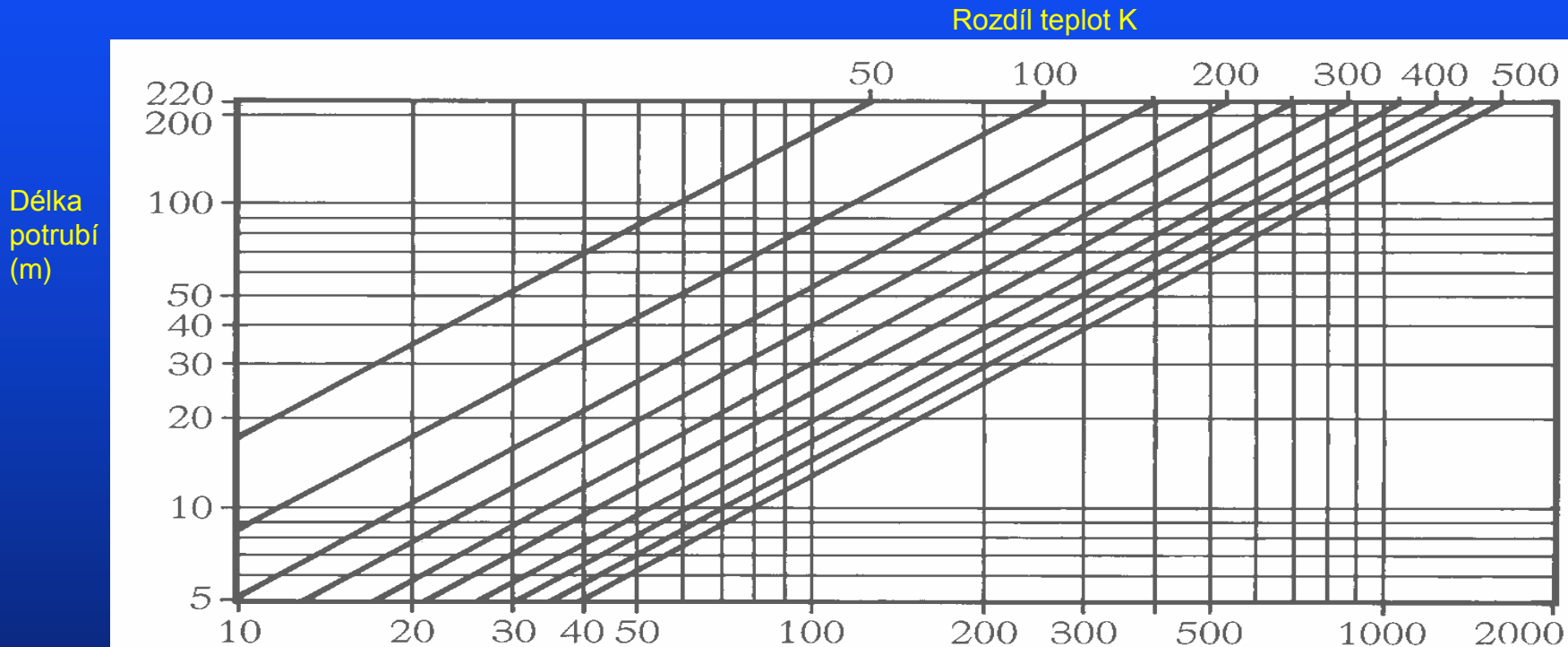
PODDIMENZOVÁNÍ

- ◆ Nižší tlak páry u odběratelů nebo
- ◆ Nedostatečné množství páry
- ◆ Nebezpečí vzniku eroze a vodního rázu

# Jak navrhovat velikost potrubí?

- **Parní potrubí - na základě:**
  - ◆ Rychlosti proudění
  - ◆ Tlakové ztráty – přesný výpočet
- **Kondenzátní potrubí – Zaplavené/Nezaplavené - na základě:**
  - ◆ Rychlosti proudění (vody/páry)
  - ◆ Tlakové ztráty – přesný výpočet

# Graf dilatací pro potrubí z měkké uhlíkové oceli



<b>bar g</b>	1	2	3	4	5	7.5	10	15	20	25	30
<b>°C</b>	120	133	143	152	158	162	183	200	214	225	235

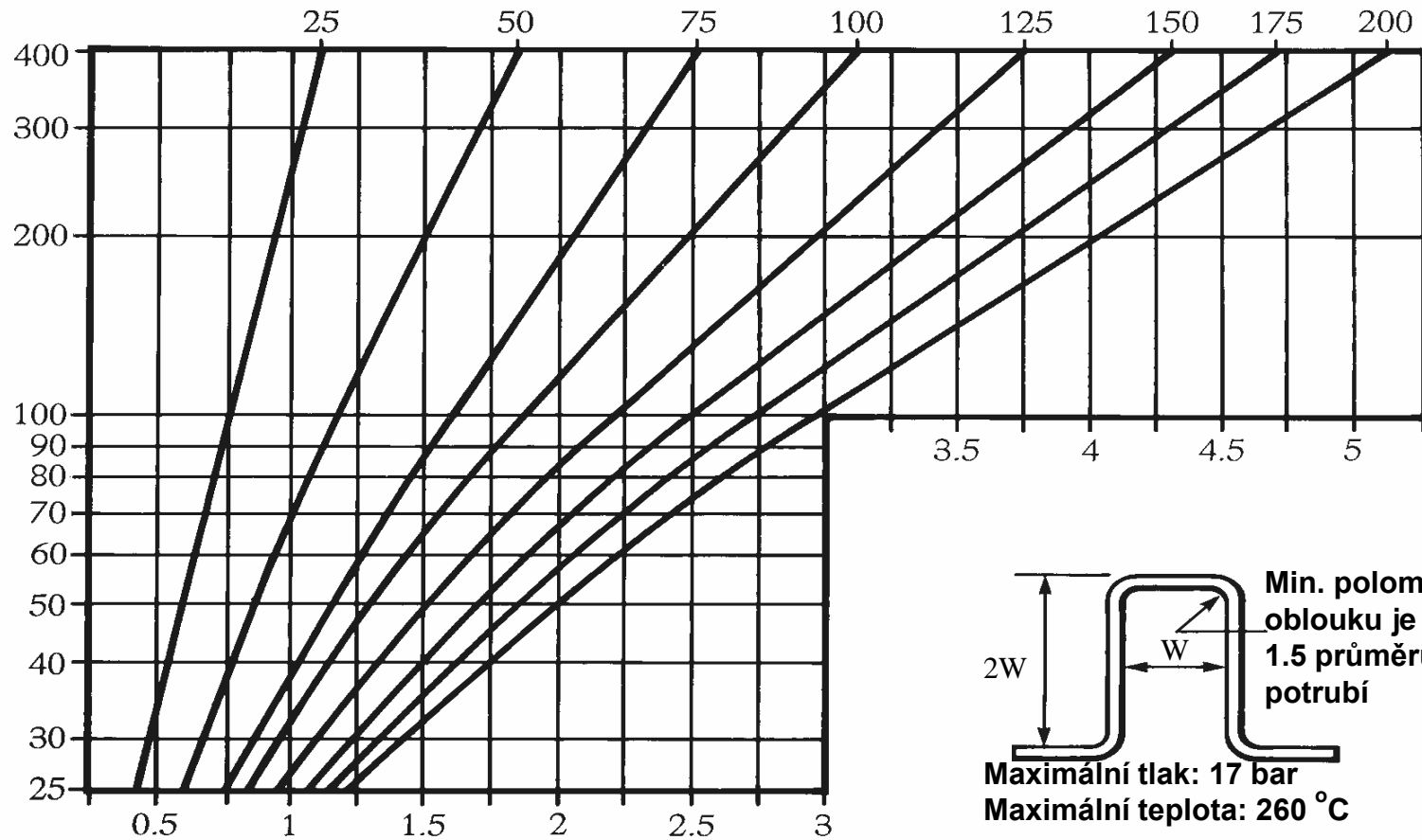
Dilatace potrubí (mm)



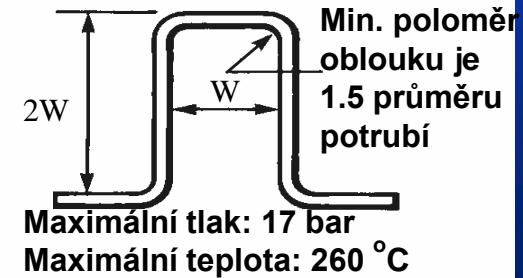
# Jak navrhovat kompenzatory

Kompenzační schopnost z neutrálního stavu (mm)

Jmenovitá světlost potrubí (mm)



Délka W (m)



# Vzdálenost podpěr potrubí

Průměr potrubí ocel/měď		Vzdálenosti podpěr - vodorovné potrubí (m)			
Di	De	Uhlíková ocel	Měď	Uhlíková ocel	Měď
12	15	--	1.0	--	1.2
15	18	2.0	1.2	2.4	1.4
20	22	2.4	1.4	3.0	1.7
25	28	2.7	1.7	3.0	2.0
32	35	2.7	1.7	3.0	2.0
40	42	3.0	2.0	3.6	2.4
50	54	3.4	2.0	4.1	2.4
65	67	3.7	2.0	4.4	2.4
80	76	3.7	2.4	4.4	2.9
100	108	4.1	2.7	4.9	3.2
125	133	4.4	3.0	5.3	3.6
150	159	4.8	3.4	5.7	4.1
200	194	5.1	--	6.0	--
250	267	5.8	--	5.9	--

# Závěr

## Parovody se používají k zásobování teplem tam, kde:

- jsou průmyslové odběry vyžadující procesní páru,
- je potřebné přenést velký tepelný výkon malým potrubím,
- je velmi členitý hornatý terén.

## Prameny:

1. Kadrnožka, J.: Tepelné elektrárny a teplárny, SNTL 1984
2. Dlouhý, T., Hrdlička, F., Kolovratník, M.: Průmyslová energetika ,  
ČVUT 2003
3. Firemní materiály Spirax Sarco