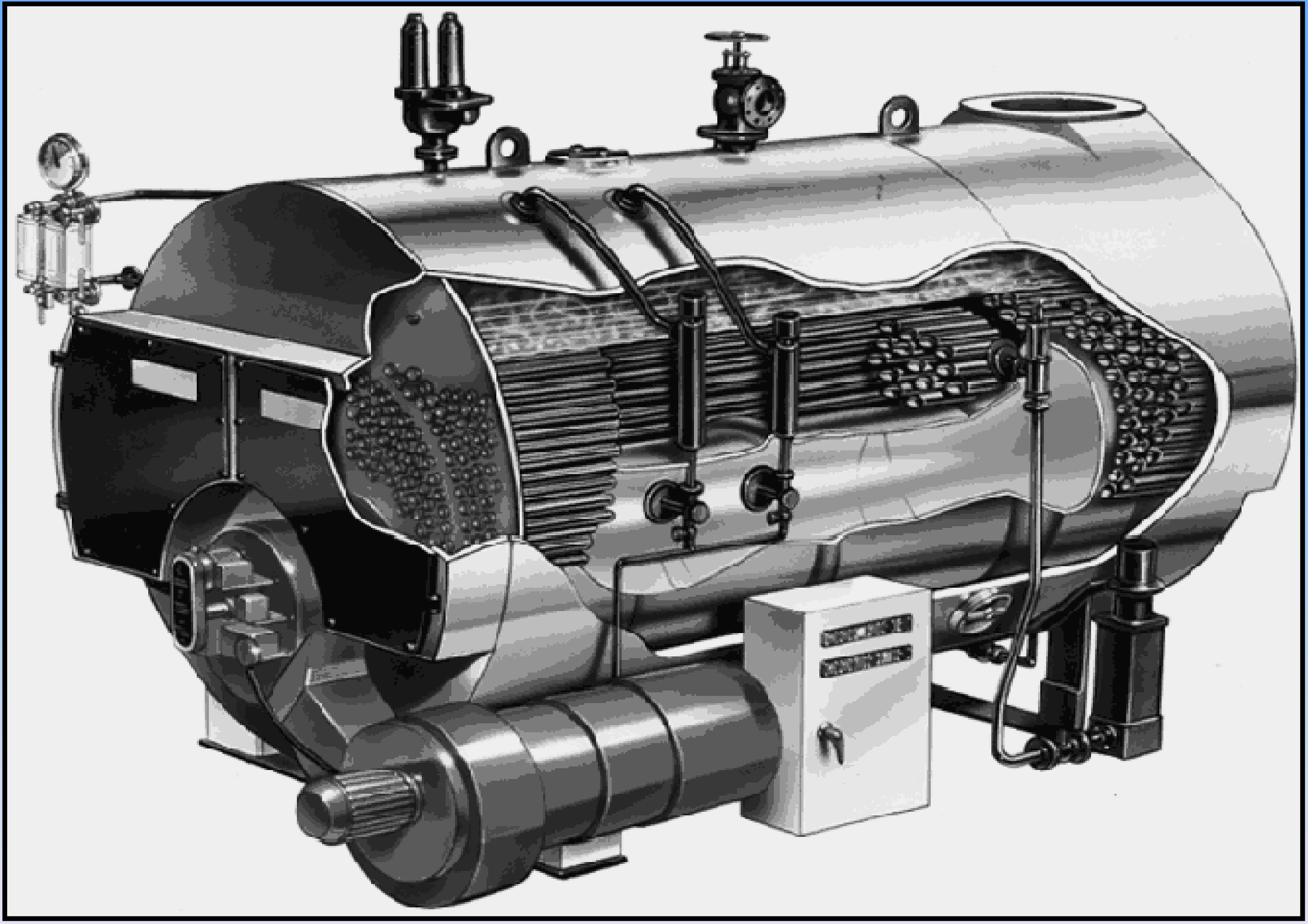
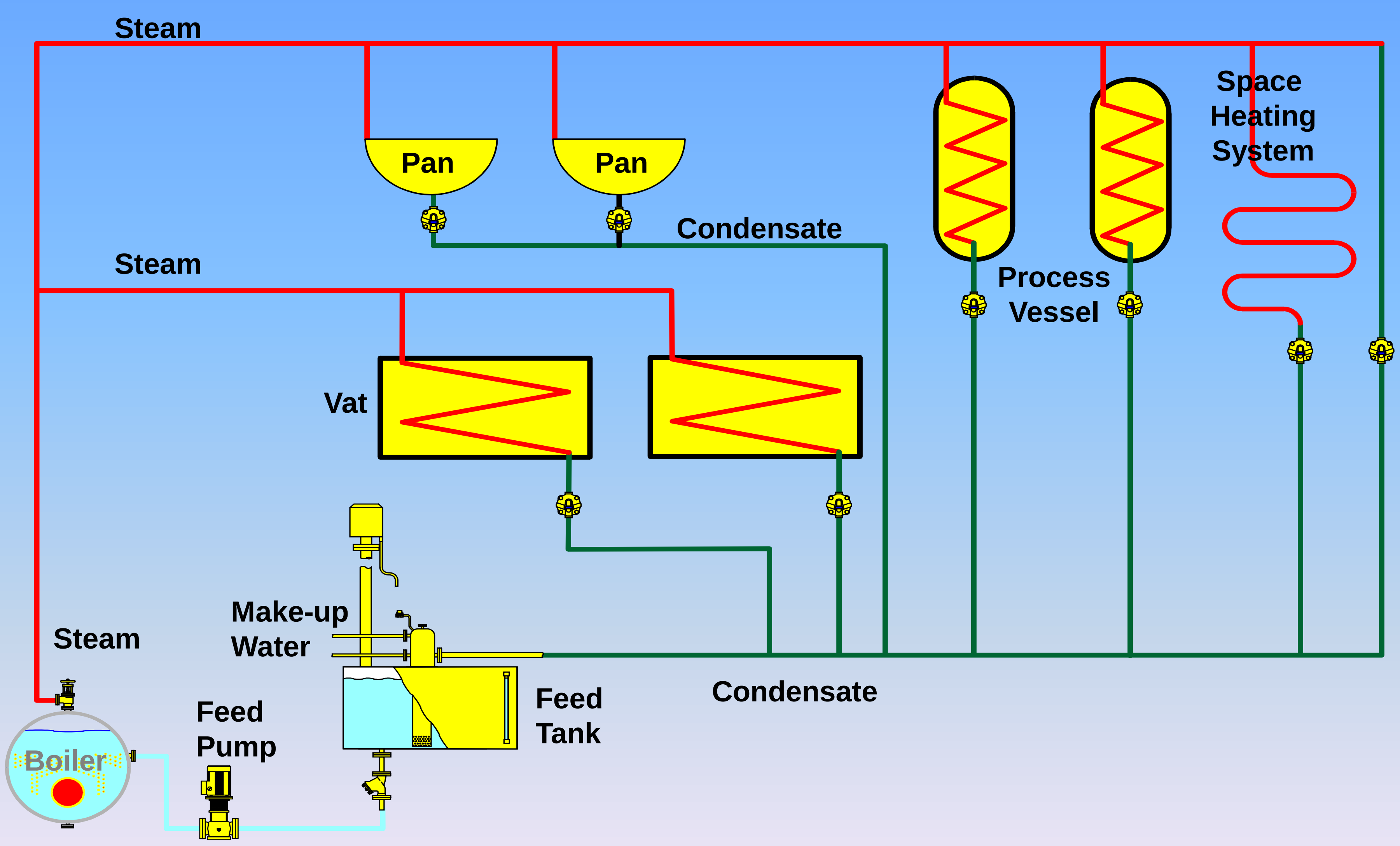
การผลิตและใช้ไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ



วงจรระบบไอน้ำ

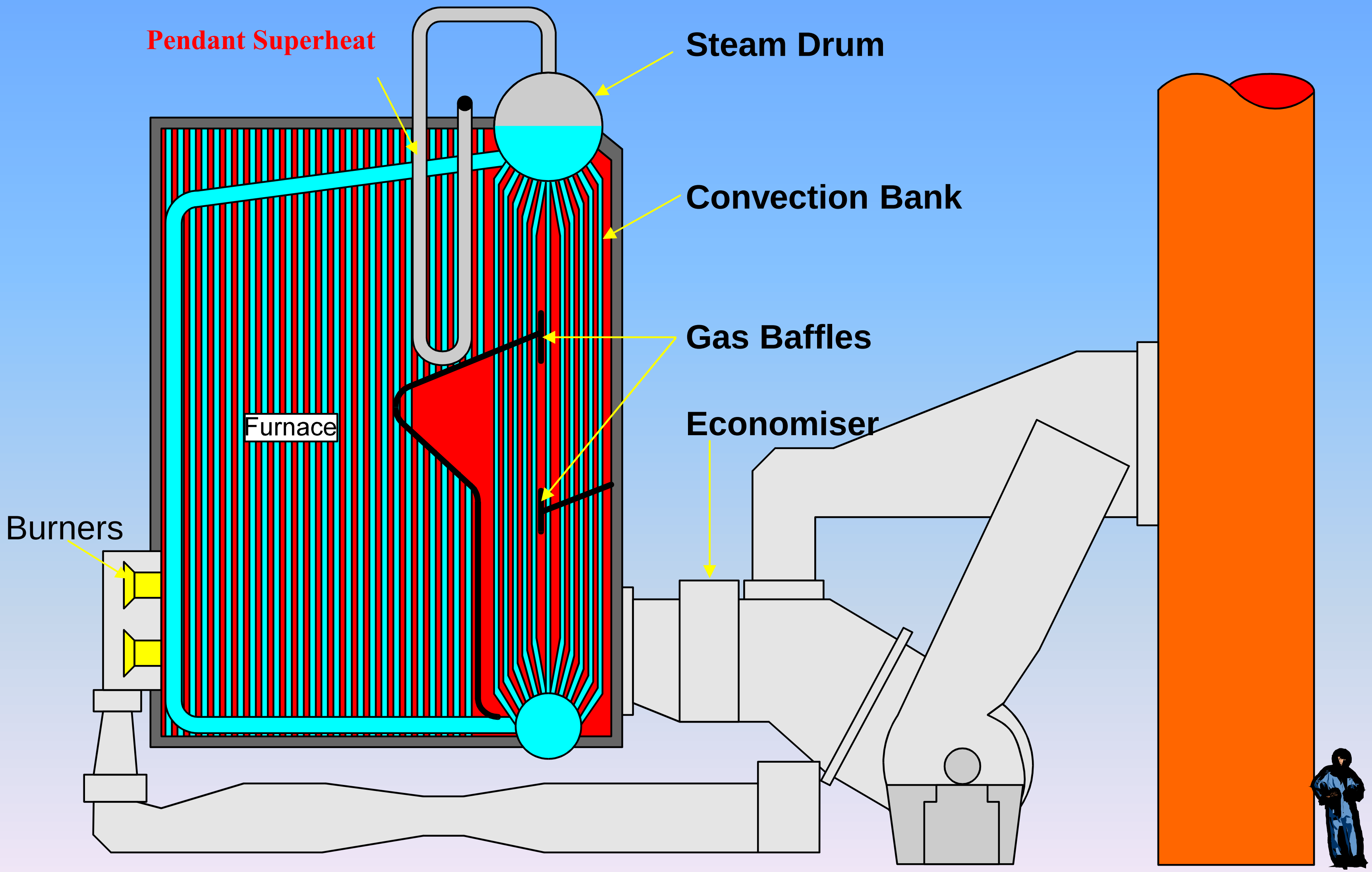


ประเภทของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire Tube Boiler)

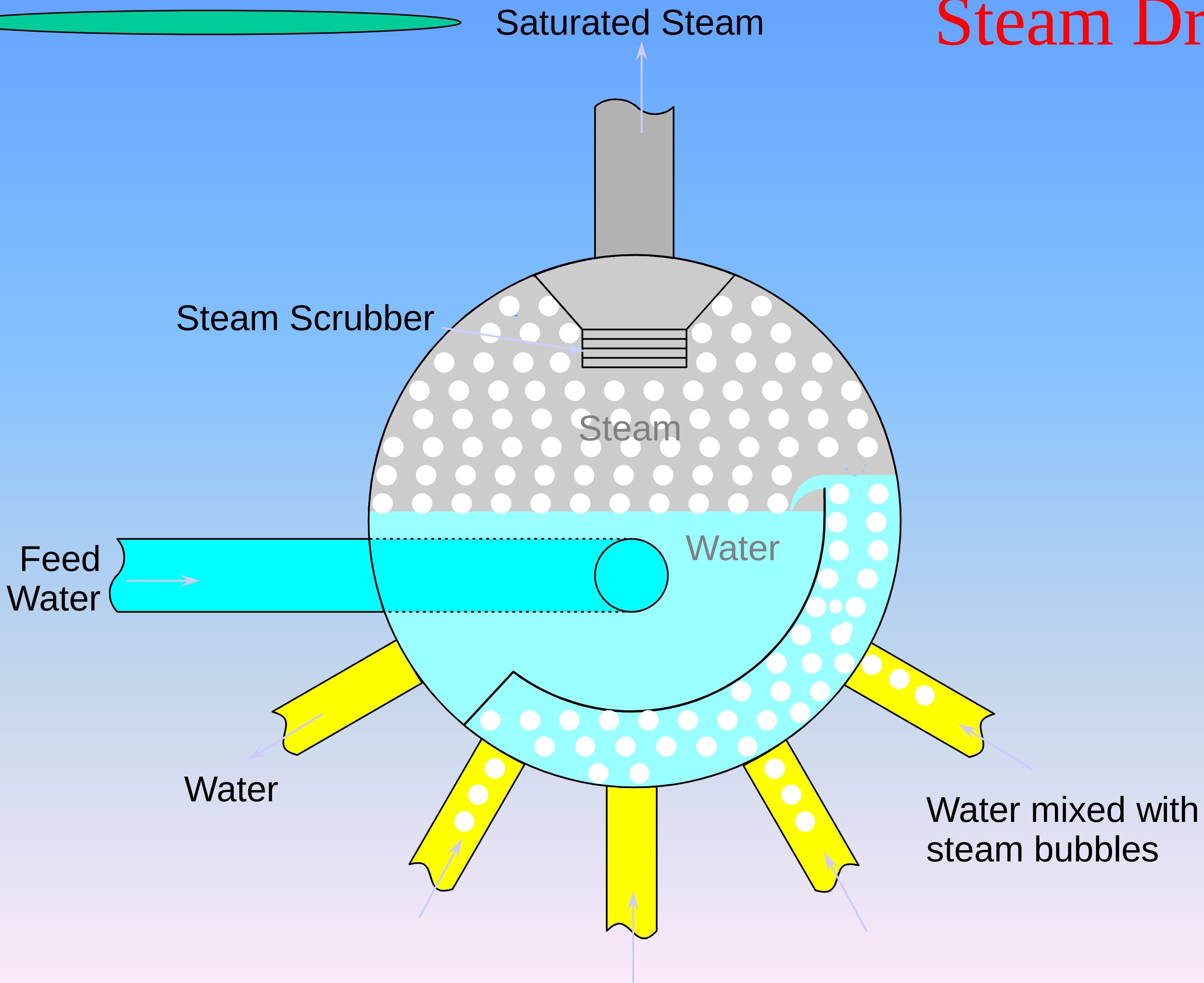
หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (Water Tube Boiler)

Water Tube Boiler



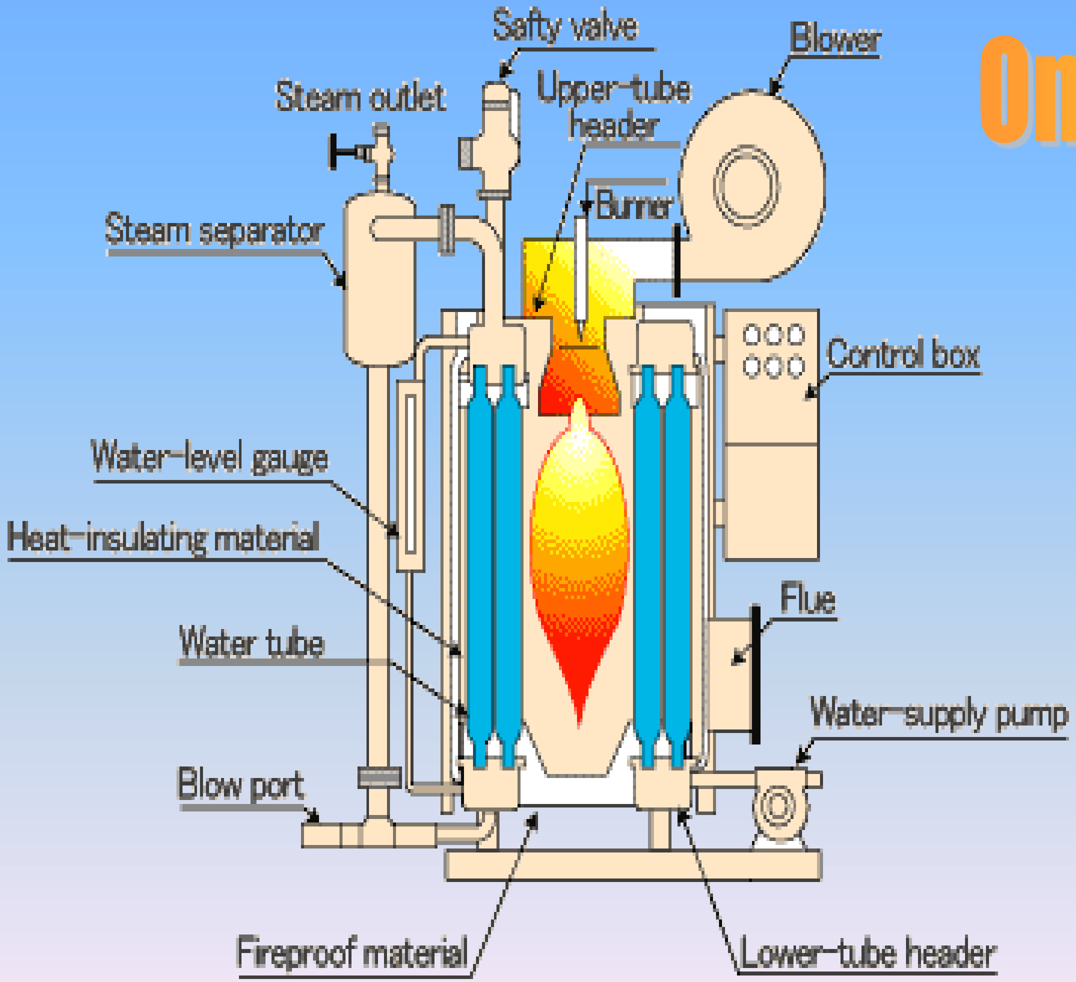
Water Tube Boiler

Steam Drum

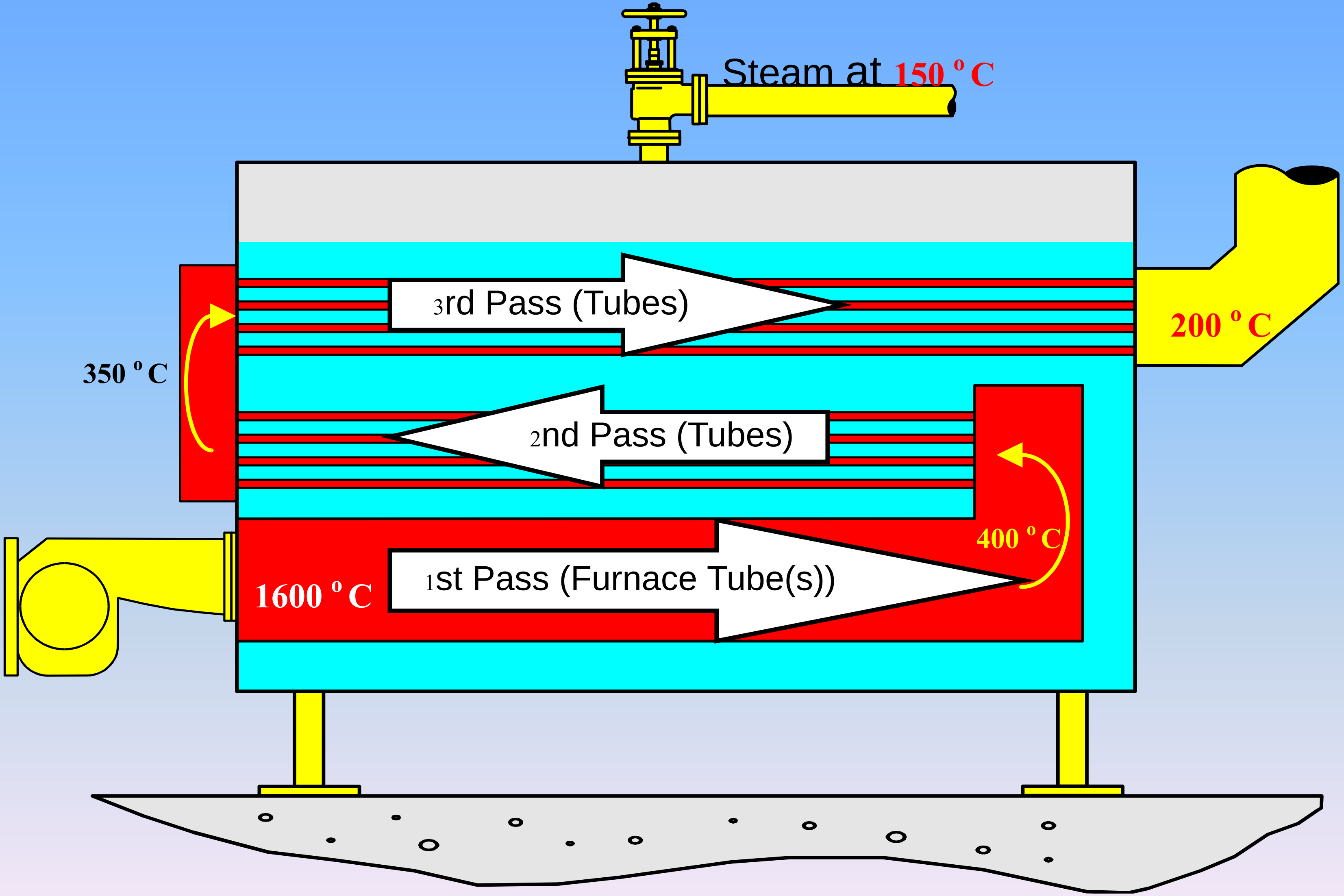


Water Tube Boiler

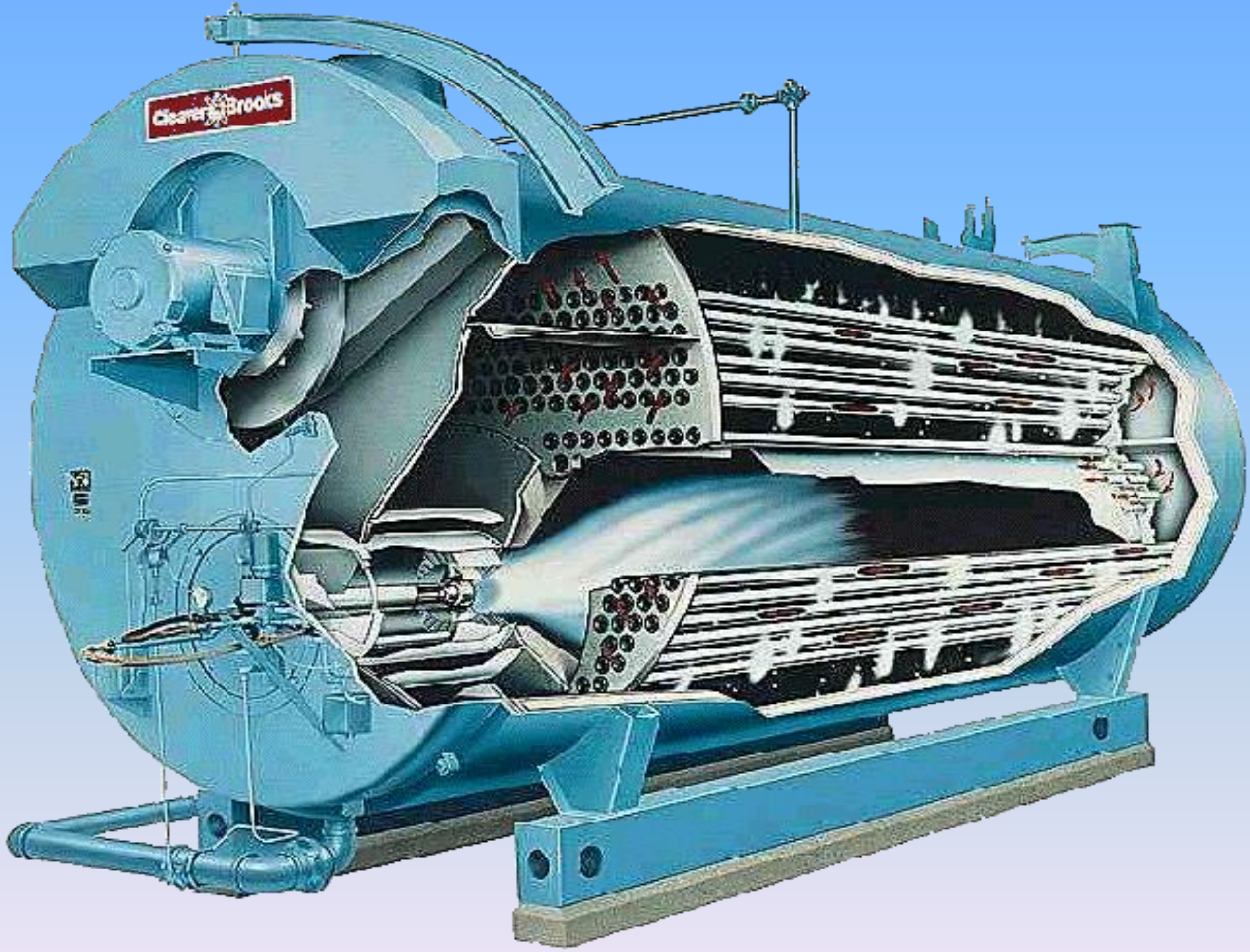
แบบ Once-Through Boiler



FIRE TUBE BOILER



FIRE TUBE BOILER



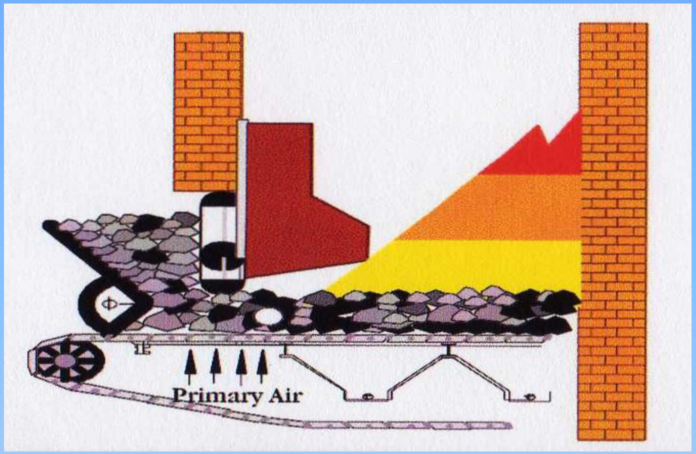
FIRE TUBE BOILER

Fire/Water TUBE BOILER

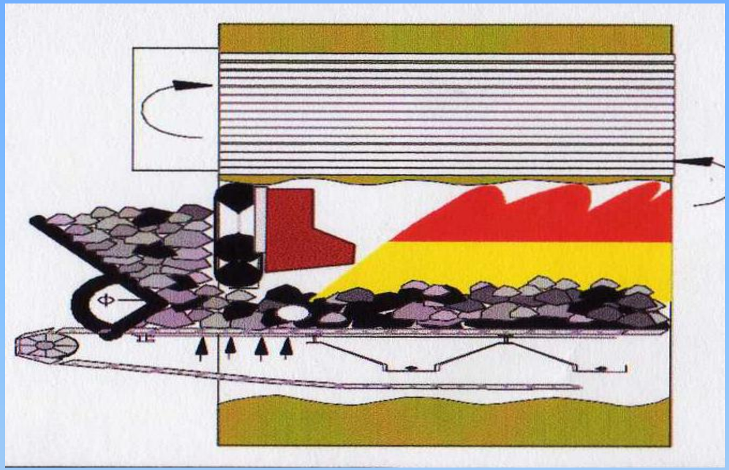
หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงแข็ง

Fire/Water TUBE BOILER

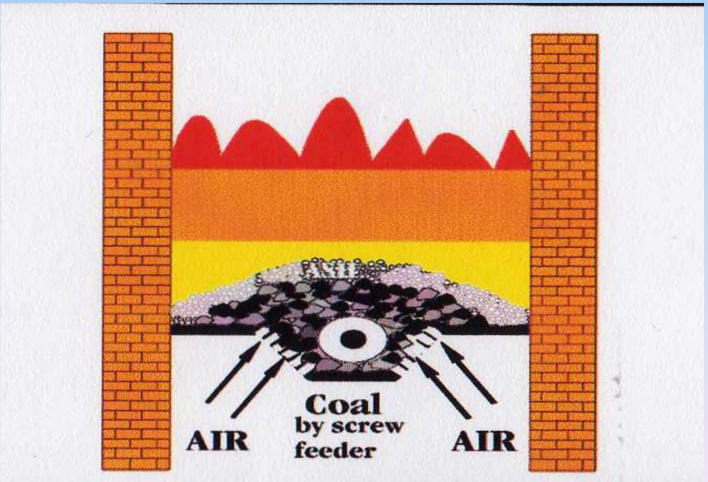
Chain grate (External)



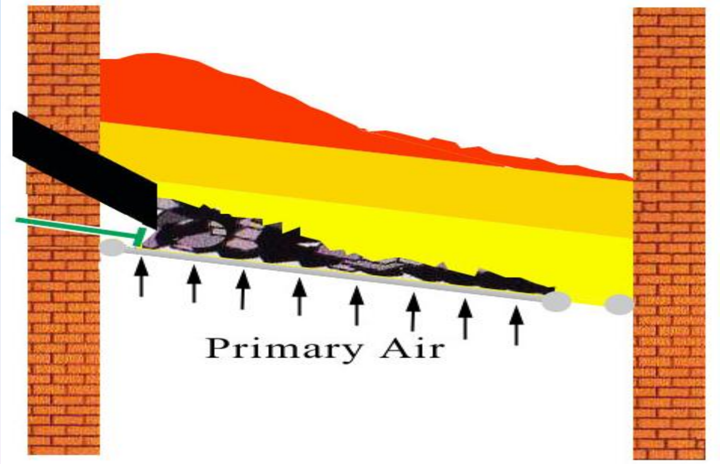
Underfeed Stoker



Chain grate (Internal)



Stroker & Tube Grate



ความรู้พื้นฐานของระบบไอน้ำ

- ความหมายของไอน้ำ
- ไอน้ำเกิดขึ้นได้อย่างไร

หน่วยวัดทางวิศวกรรมของไอน้ำ

- เอ็นธาลปี (Enthalpy) ปริมาณพลังงานรวม
- เอ็นธาลปีจำเพาะ (Specific Enthalpy) หน่วย k j/kg
- ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity)
- เอ็นธาลปีของน้ำอิ่มตัว (Enthalpy of Saturated Water)

หน่วยวัดทางวิศวกรรมของไอน้ำ

- เอ็นธาลปีของการกลายเป็นไอ (Enthalpy of Evaporation)
- เอ็นธาลปีของไอน้ำอิ่มตัว (Enthalpy of Saturated Steam)
- ความดันของไอน้ำ (Steam Pressure)
- อุณหภูมิของไอน้ำ (Temperature Pressure)

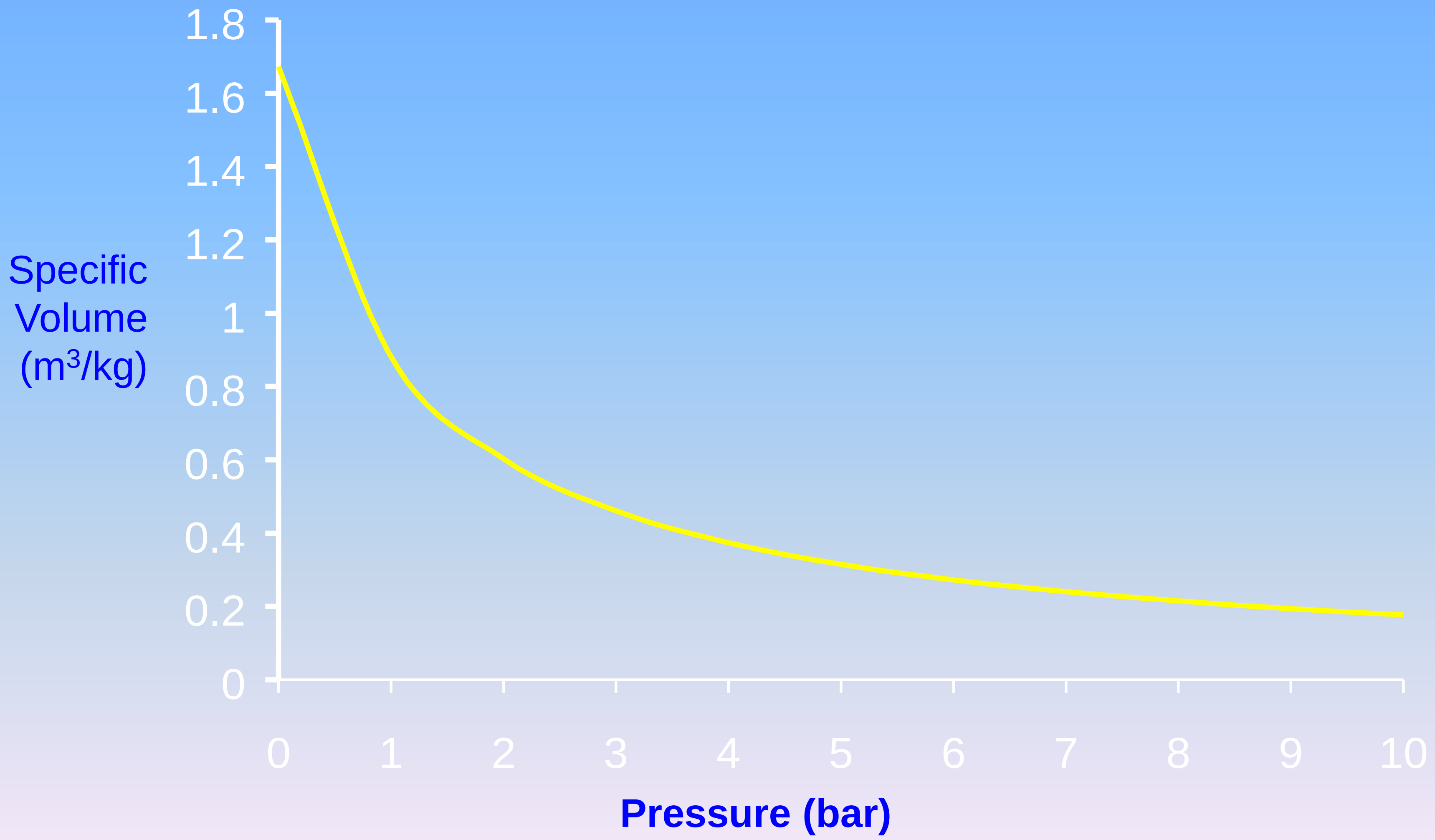
ตารางไอน้ำ

Gauge pressure		Temp.	Enthalpy in kJ/kg			Volume Dry Sat.
			Water	Evaporation	Steam	
bar	kPa	ฃC	h_f	h_{fg}	h_g	m^3/kg
0	0	100	419	2257	2676	1.673
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

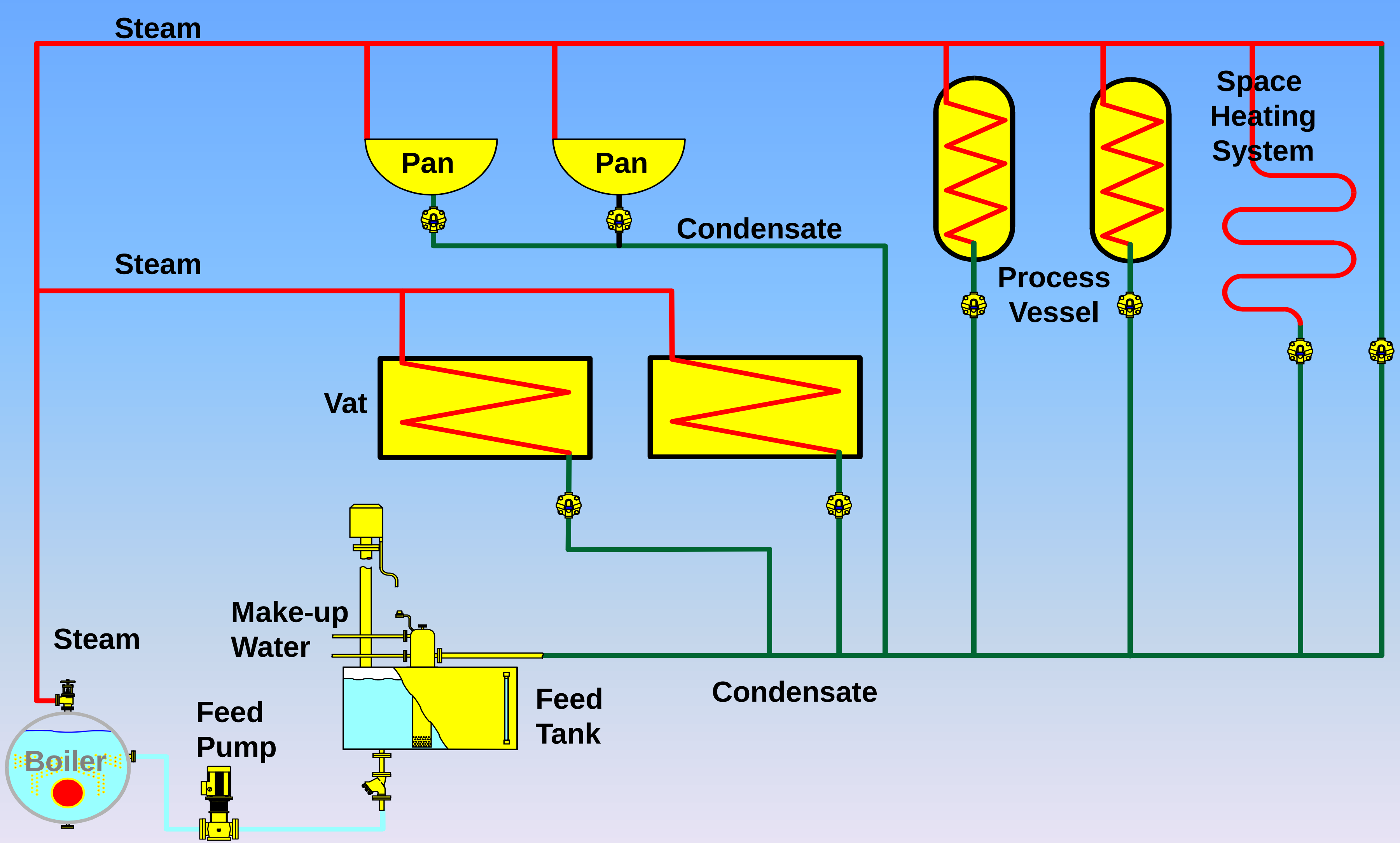
การเกิดไอน้ำ

		ENTHALPY in kJ/kg			
Gauge pressure bar	Temp. บ C	**Water (h_f)**	Specific Enthalpy of evap'tion (h_{fg})	Steam (h_g)	Volume Dry Sat. m^3/kg
0	100	419	2257	2676	1.673
1	120	506	2201	2707	0.881
2	134	562	2163	2725	0.603
3	144	605	2133	2738	0.461
4	152	671	2108	2749	0.374
5	159	641	2086	2757	0.315
6	165	697	2066	2763	0.272
7	170	721	2048	2769	0.24

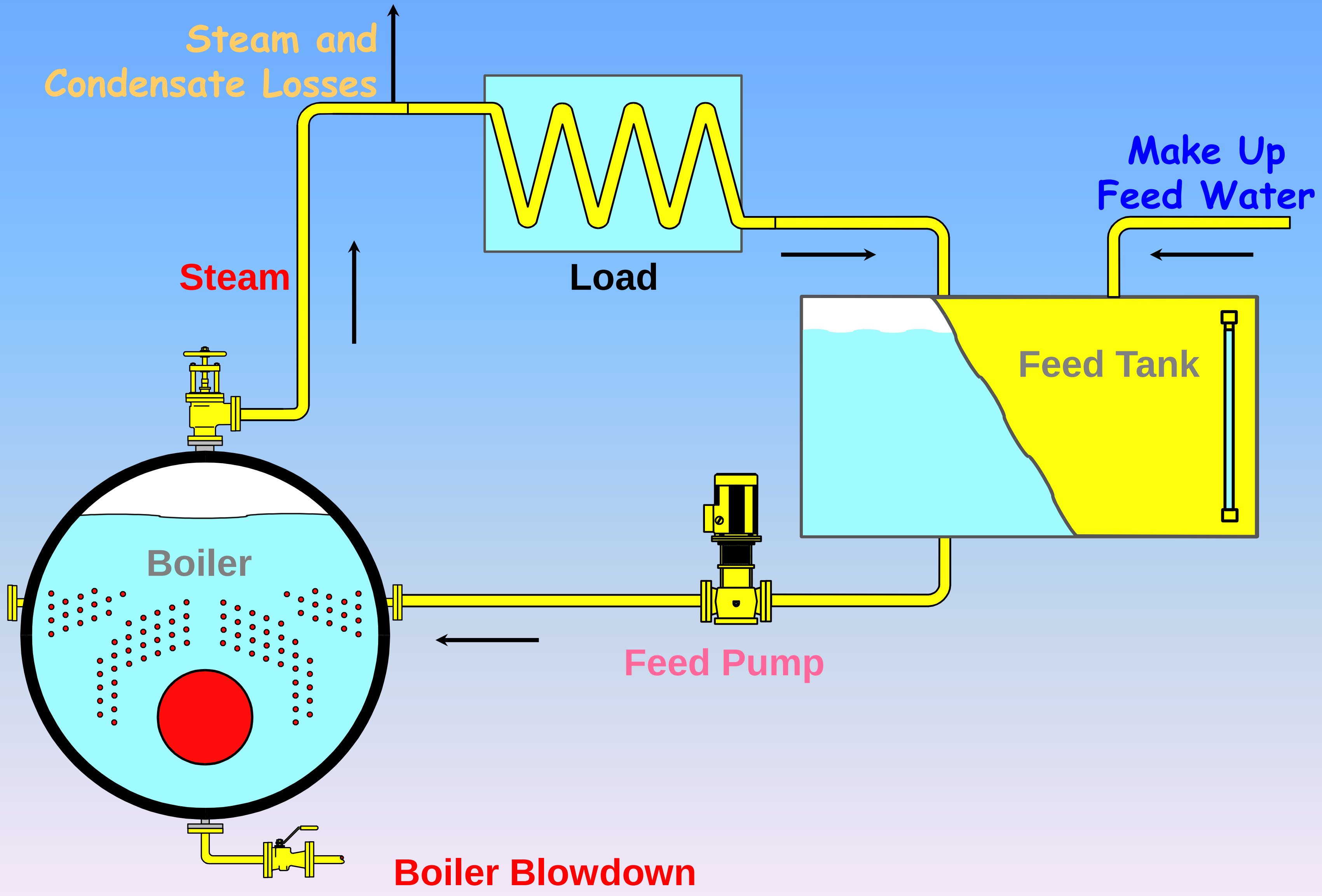
Specific Volume of Steam



วงจรระบบไอน้ำ

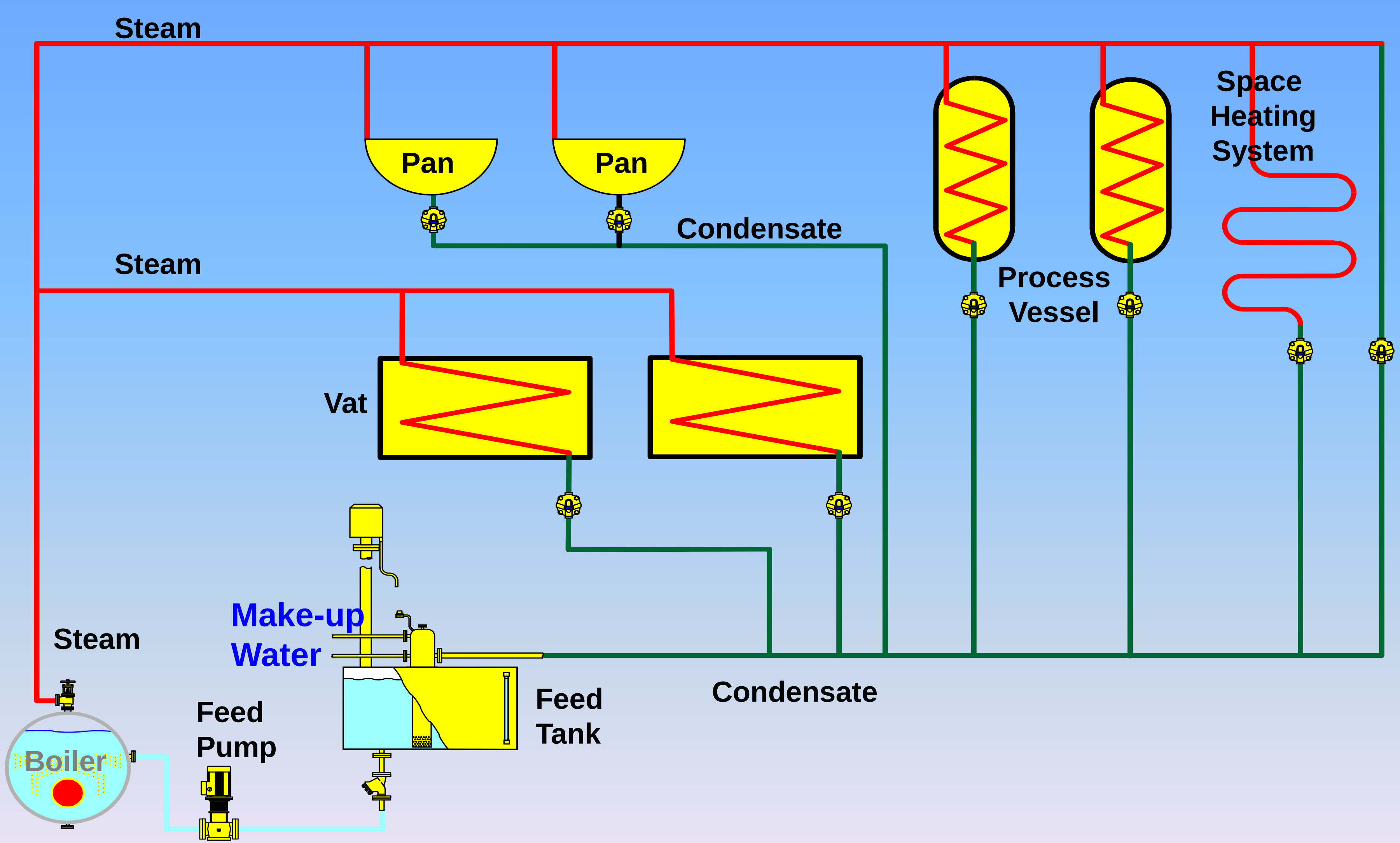


Condensate Return System



การสำรวจไอน้ำอย่างเป็นระบบ

วงจรระบบไอน้ำ



การสำรวจไอน้ำอย่างเป็นระบบ

1. สำรวจระบบการผลิตไอน้ำ

2. สำรวจระบบการส่งจ่ายไอน้ำ

3. สำรวจระบบควบคุมการใช้ไอน้ำ

4. สำรวจระบบการนำความร้อนกลับ

การสำรวจไอน้ำอย่างเป็นระบบ

1. สำรวจระบบการผลิตไอน้ำ

ระบบผลิตน้ำ

ระบบถังน้ำป้อน

ระบบการเผาไหม้

ระบบการป้องกันตะกรันในหม้อไอน้ำ

การสำรวจไอน้ำอย่างเป็นระบบ

2. สำรวจระบบการส่งจ่ายไอน้ำ

การติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์ของส่งจ่าย

การหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ

การระบายคอนเดนเสทและอากาศ

การต่อท่อจ่ายไอน้ำเข้าเครื่อง

การสำรวจไอน้ำอย่างเป็นระบบ

3. สำรวจระบบควบคุมการใช้ไอน้ำ

อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไอน้ำเข้าเครื่อง

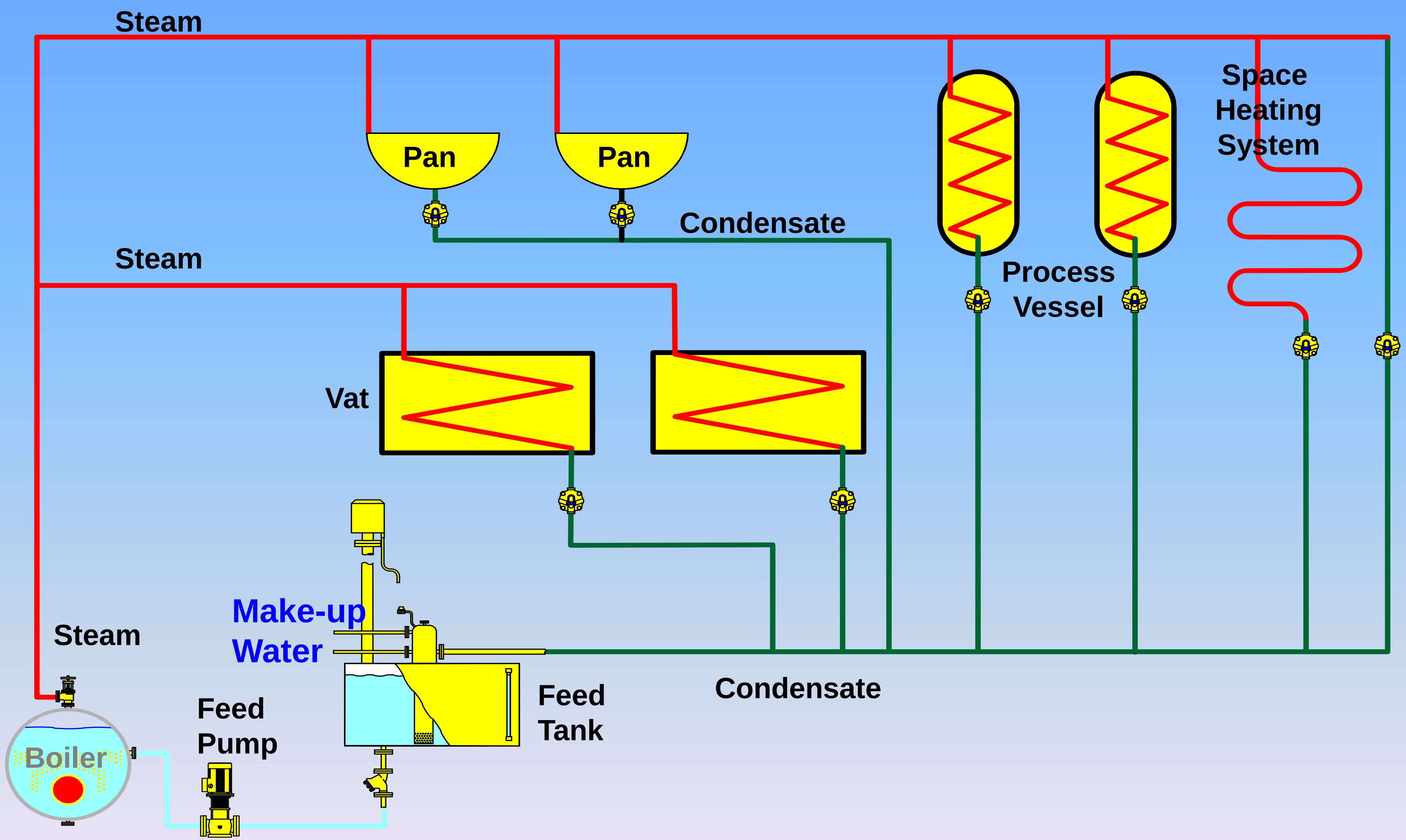
อุปกรณ์ควบคุมการระบายคอนเดนเสท

การสำรวจไอน้ำอย่างเป็นระบบ

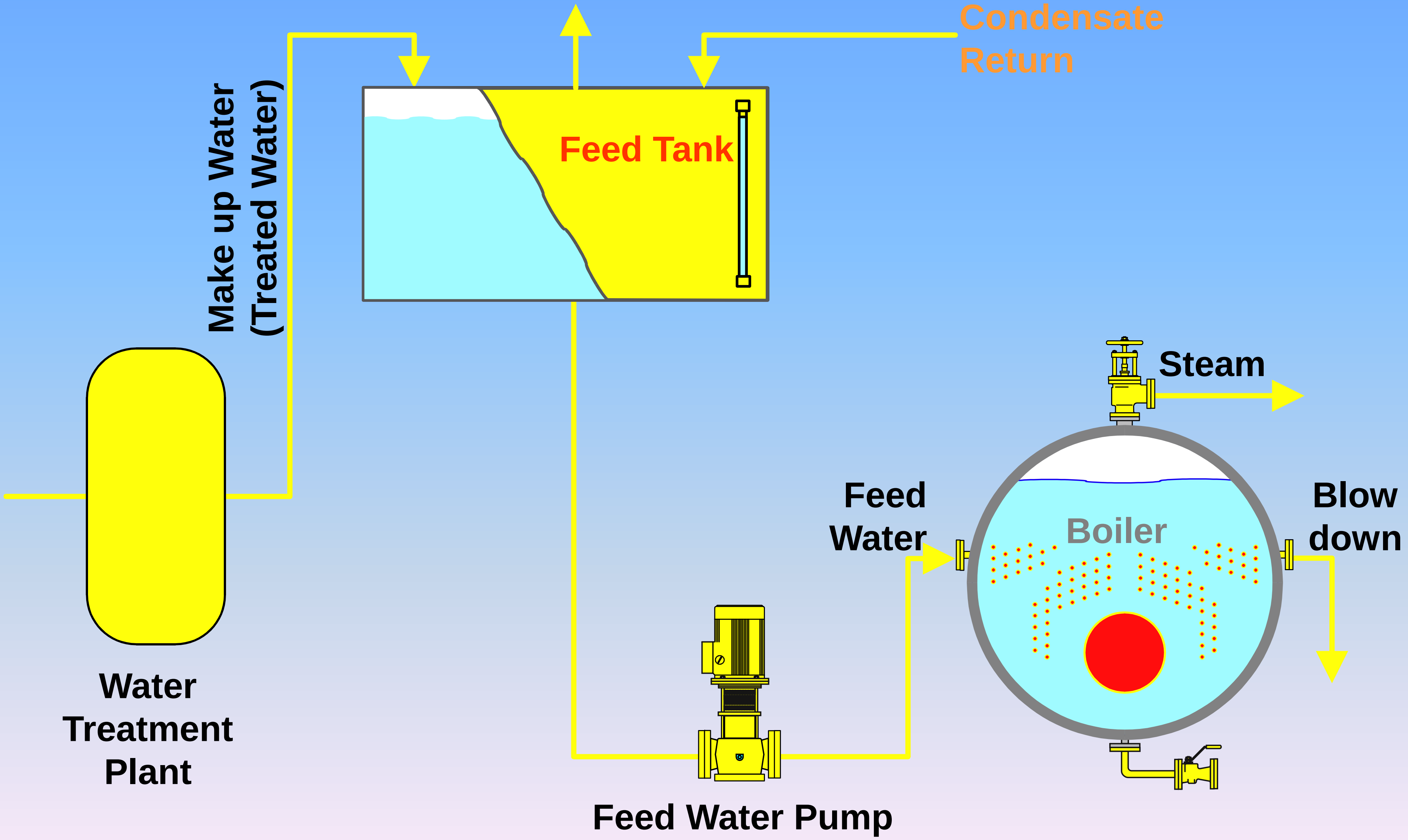
4. สำรวจระบบการนำความร้อนกลับ

ระบบและอุปกรณ์ส่งคอนเดนเสทกลับ

วงจรระบบไอน้ำ



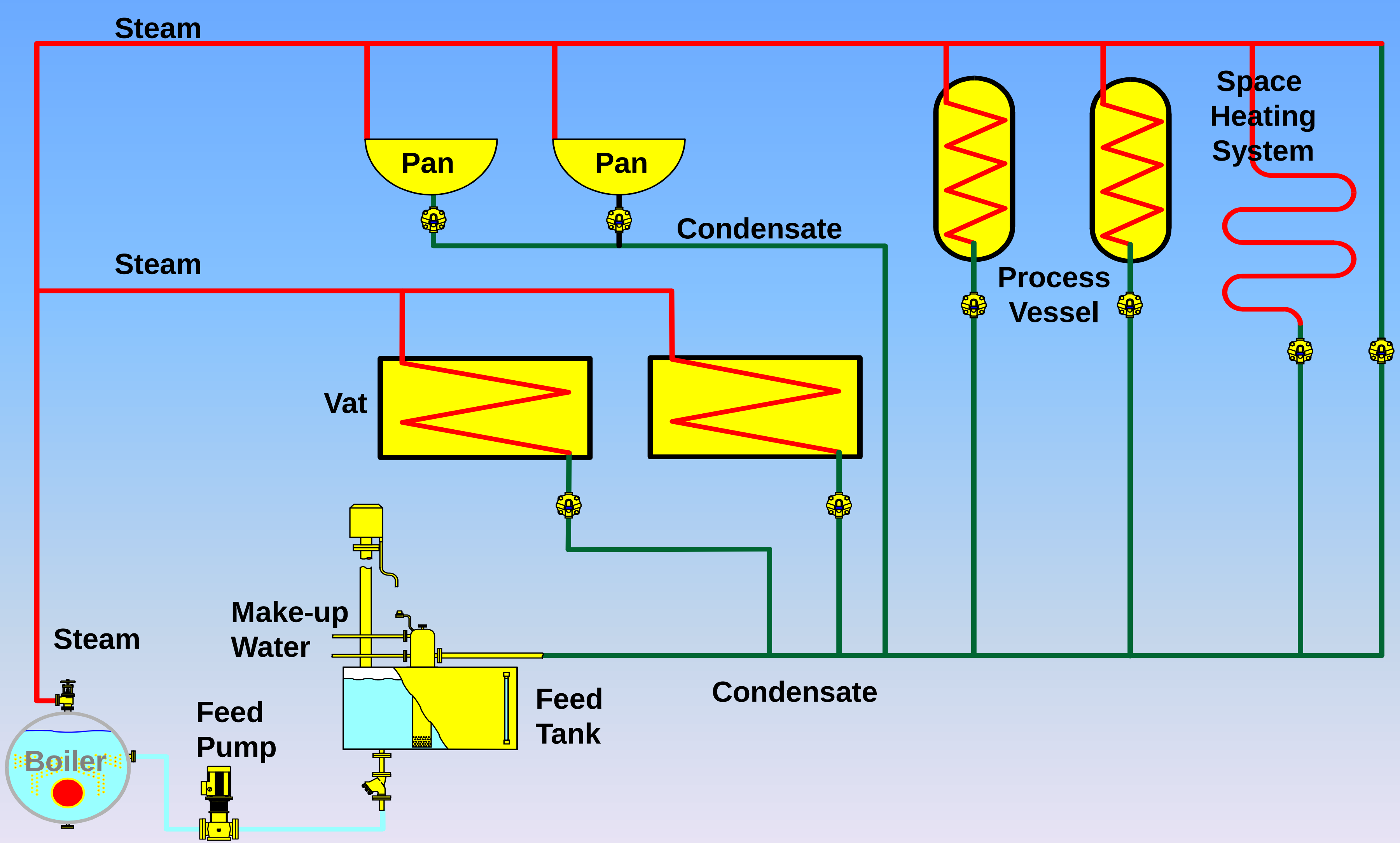
ระบบน้ำป้อนหม้อไอน้ำ



ถังกรอง (Softenner Tank)

Reverse Osmosis Unit

วงจรระบบไอน้ำ



แยงเขม่าหม้อไอน้ำเป็นประจำ

การล้างตะกรันในหม้อไอน้ำโดยใช้เคมี

ผลของตะกรันต่อประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

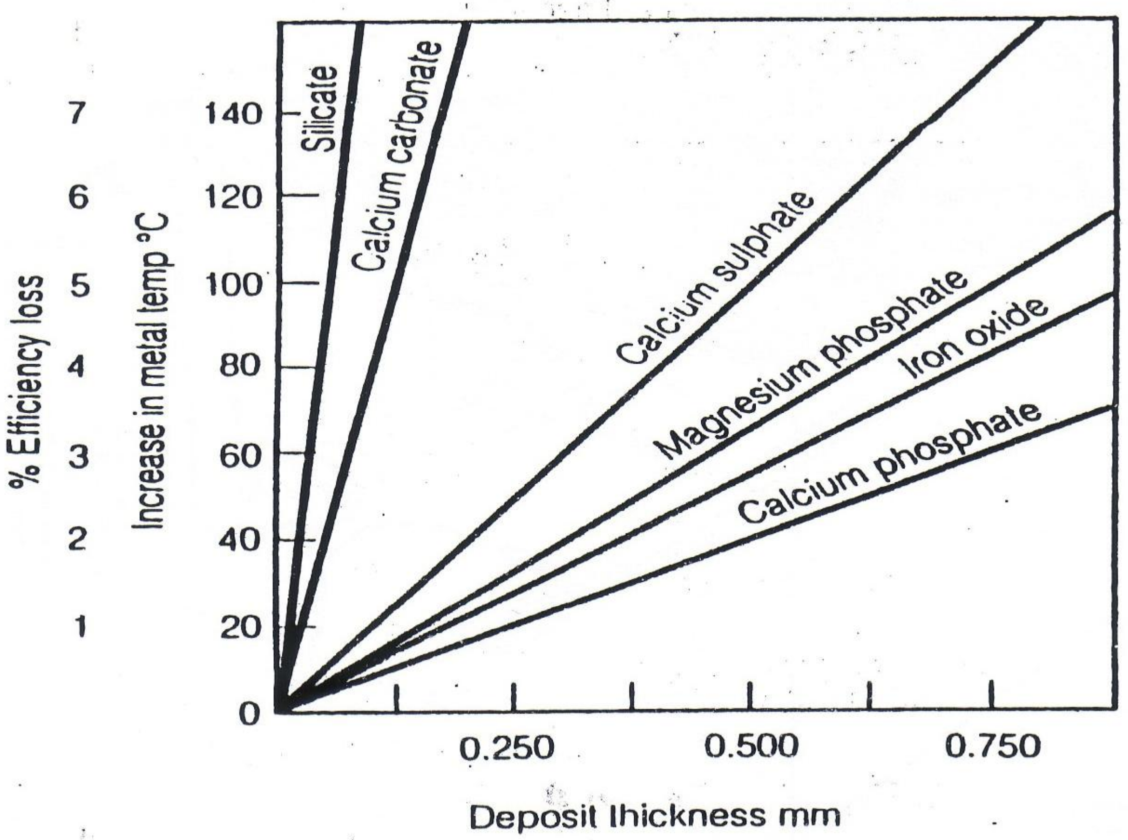


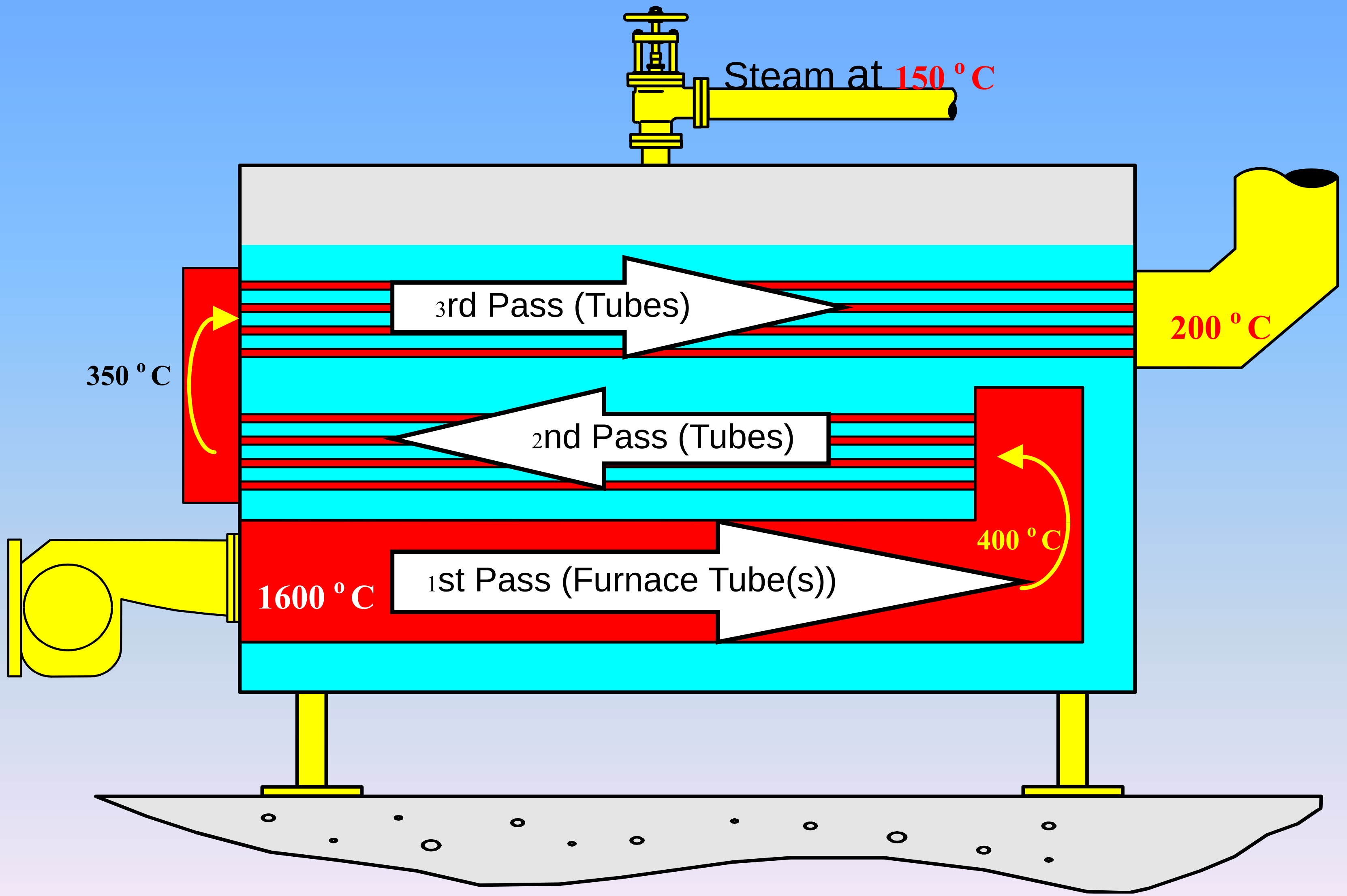
FIG.

The Effect of Scale on Boiler Efficiency

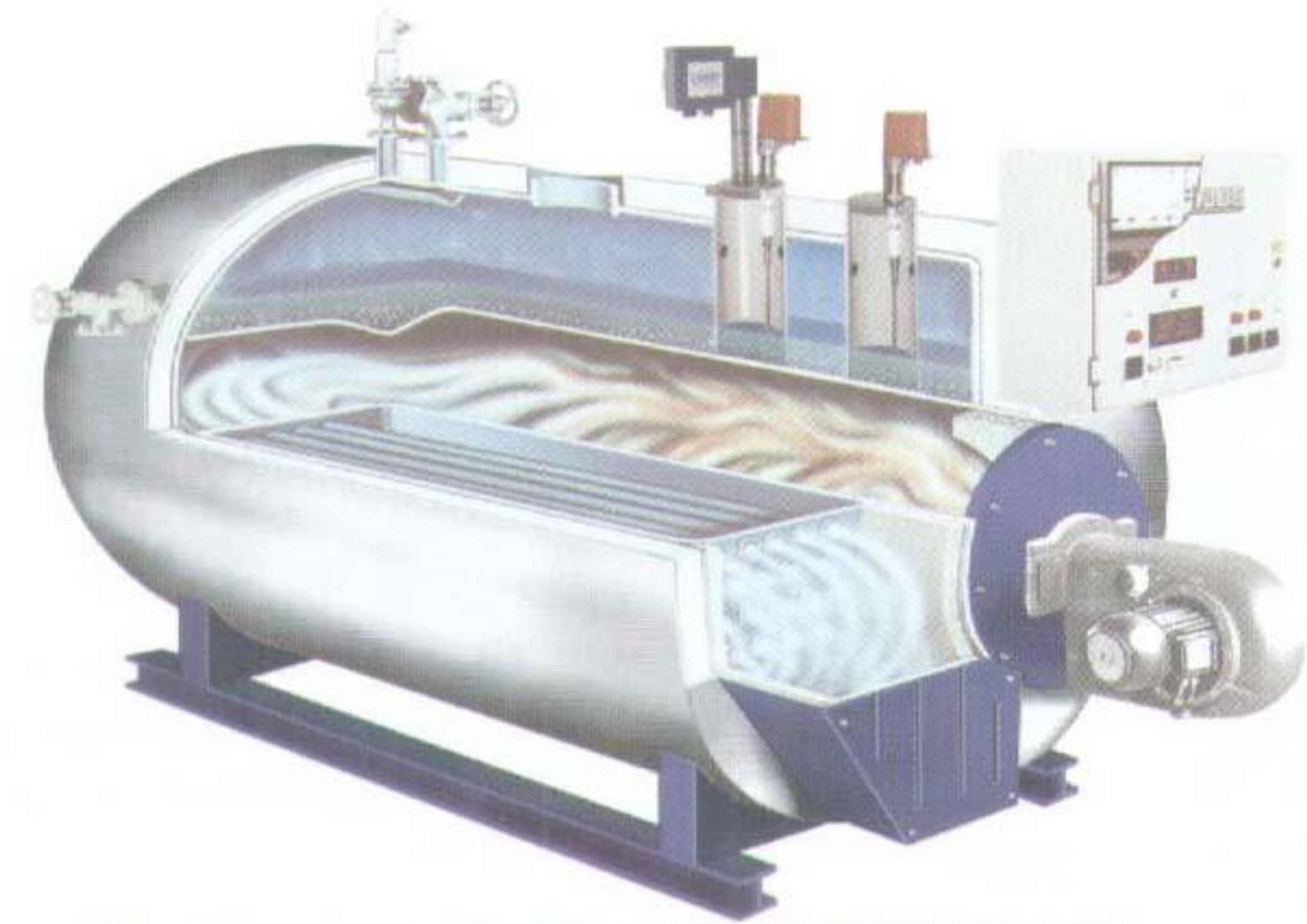
0.127 mm. of scale Reduce heat transfer rate by 4.18 %

0.254 mm. of scale Reduce heat transfer rate by 8.15 %

FIRE TUBE BOILER

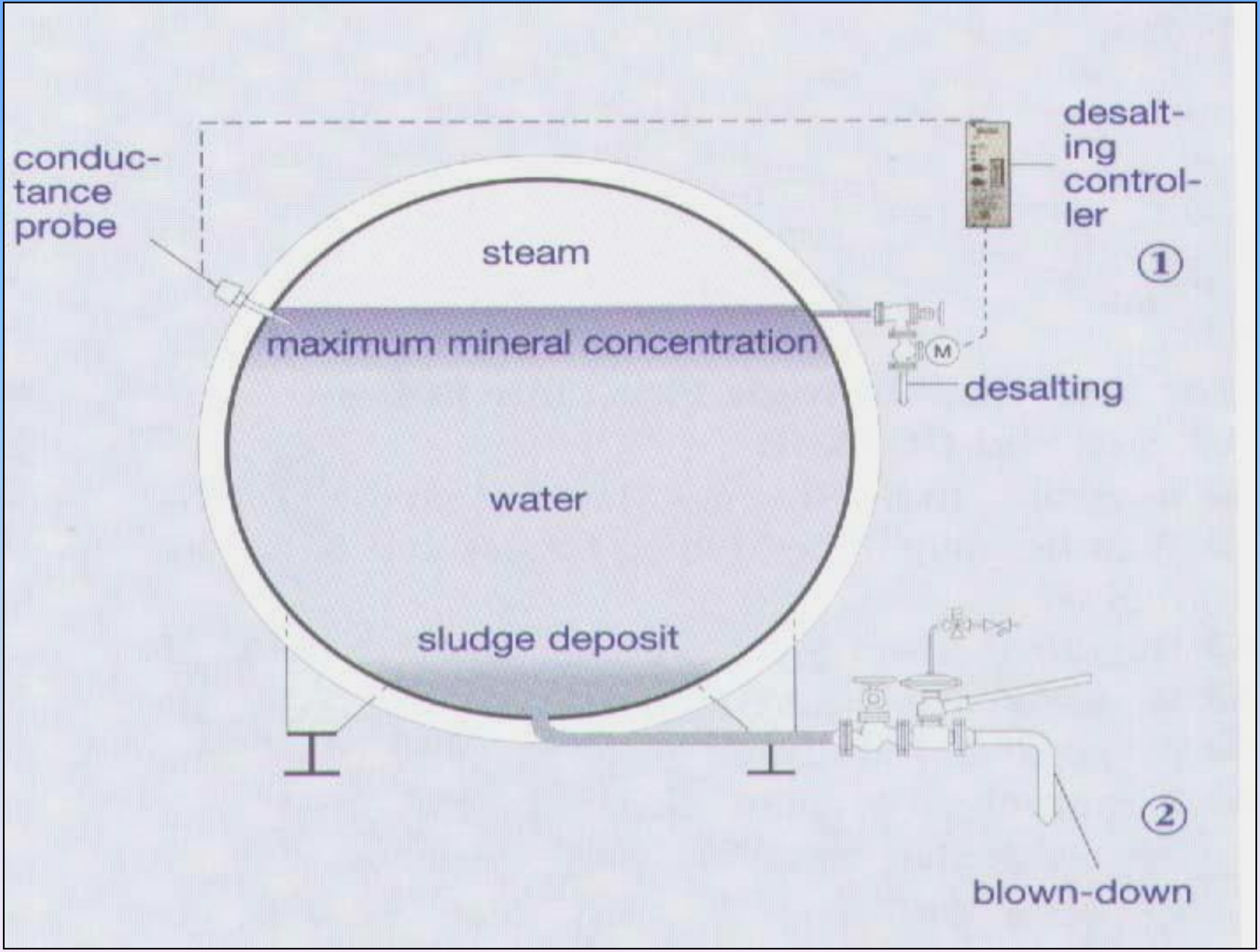


Fire Tube Boiler

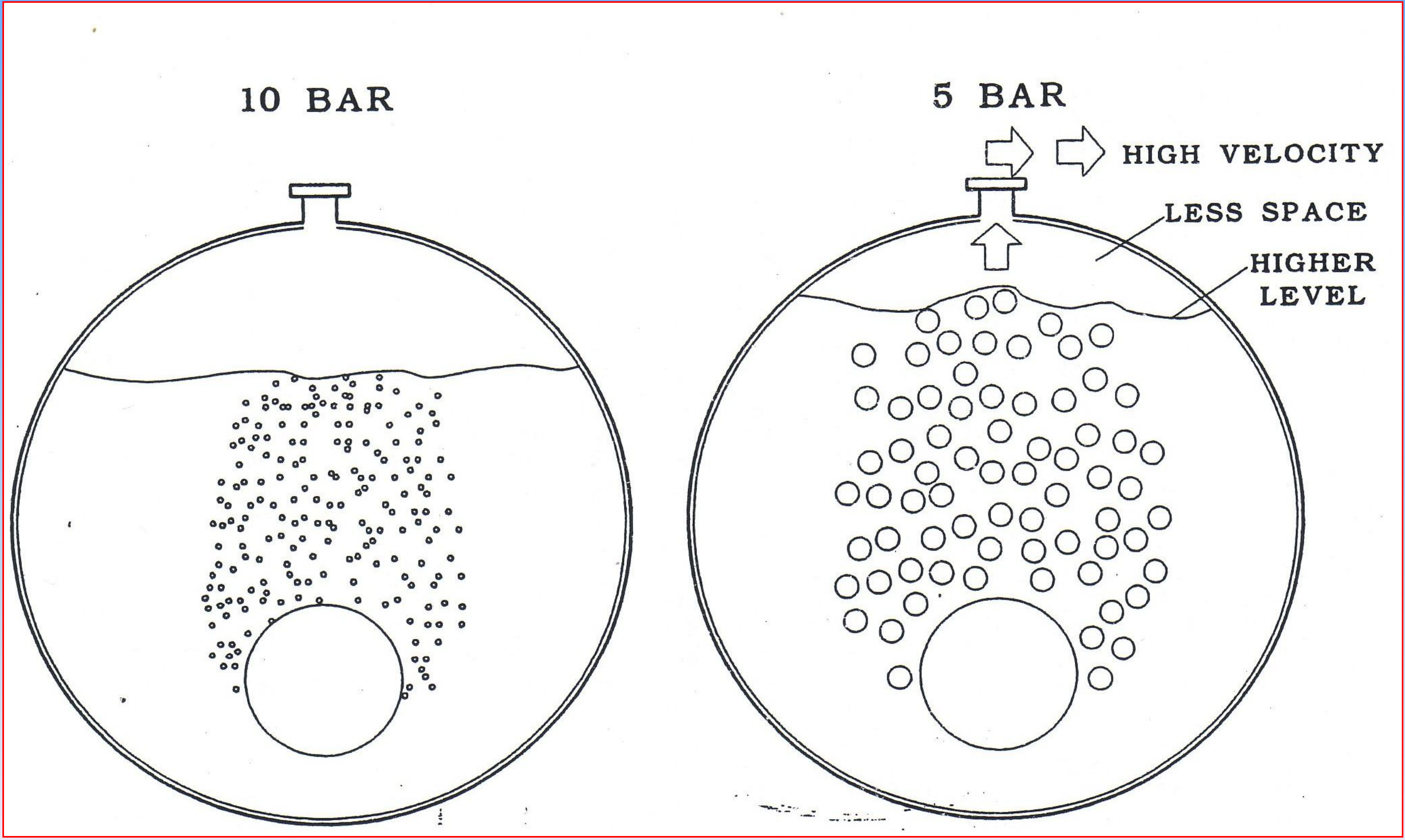


The three-pass principle of the UNIVERSAL UL-S

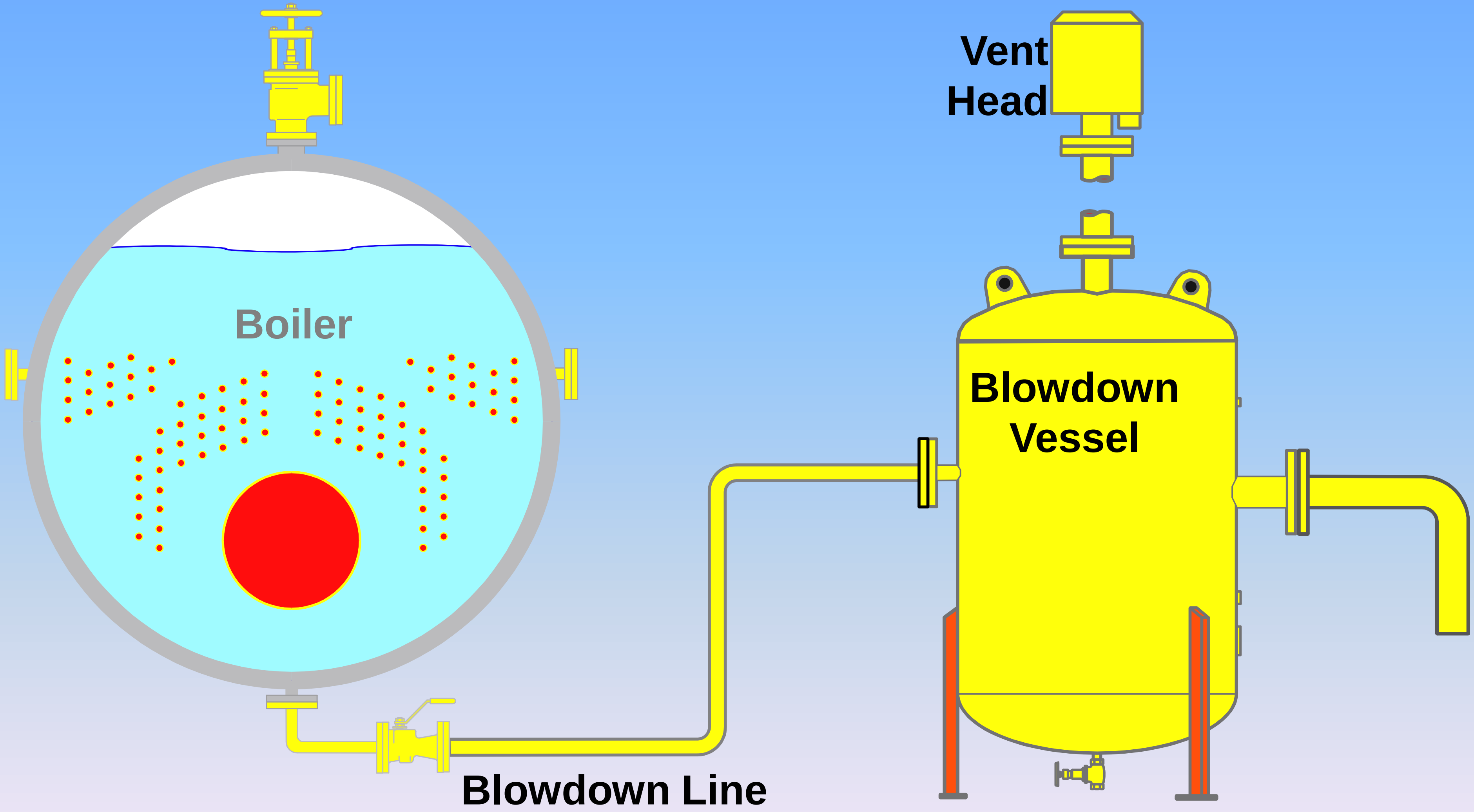
แร่ธาตุภายในหม้อไอน้ำ



ผลของแรงดันต่อคุณภาพไอน้ำ



Blowdown Vessel



อัตราการโบลดาวน์ (Blowdown Rate)

- อัตราการโบลดาวน์ = $\dfrac{F \times S}{B - F}$

F = ปริมาณสารละลายของน้ำป้อน (ppm)

B = ปริมาณสารละลายที่ต้องการควบคุม (ppm)

S = อัตราการผลิตไอน้ำ (kg/hr)

TDS = Total Dissolved Solid (ปริมาณสารละลาย)

อัตราการโบลดาวน์

- **ตัวอย่าง** Boiler ขนาด 5 T/hr ต้องการควบคุม TDS ไว้ที่ 3000 ppm

TDS ของน้ำป้อน 300 ppm ต้องโบลดาวน์เท่าไร

F = 300 ppm

B = 3000 ppm

S = 5000 kg/hr

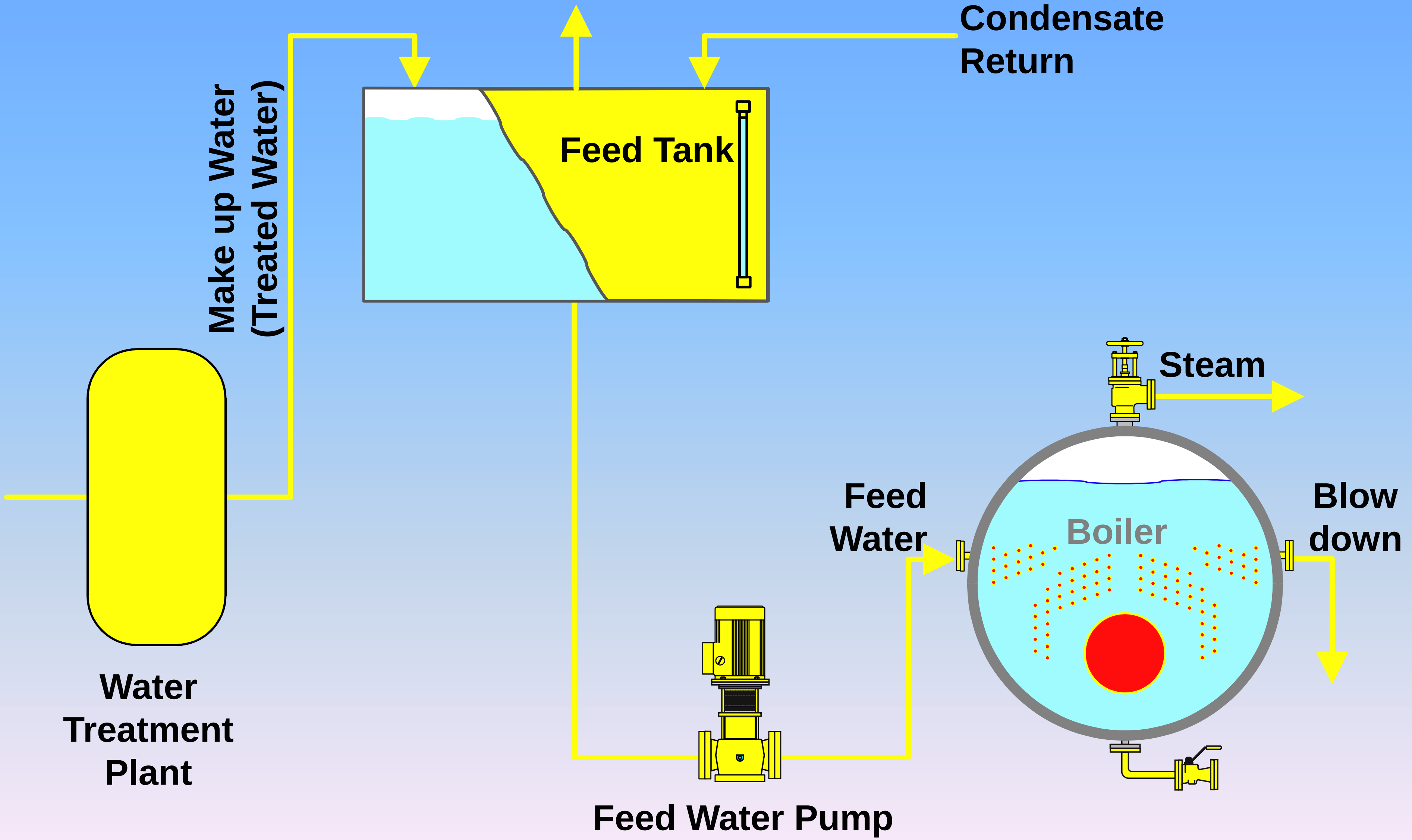
$$\text{Blow down Rate} = \frac{300 \times 5000}{3000 - 300} = 555.55$$

ความสามารถผลิตไอน้ำของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

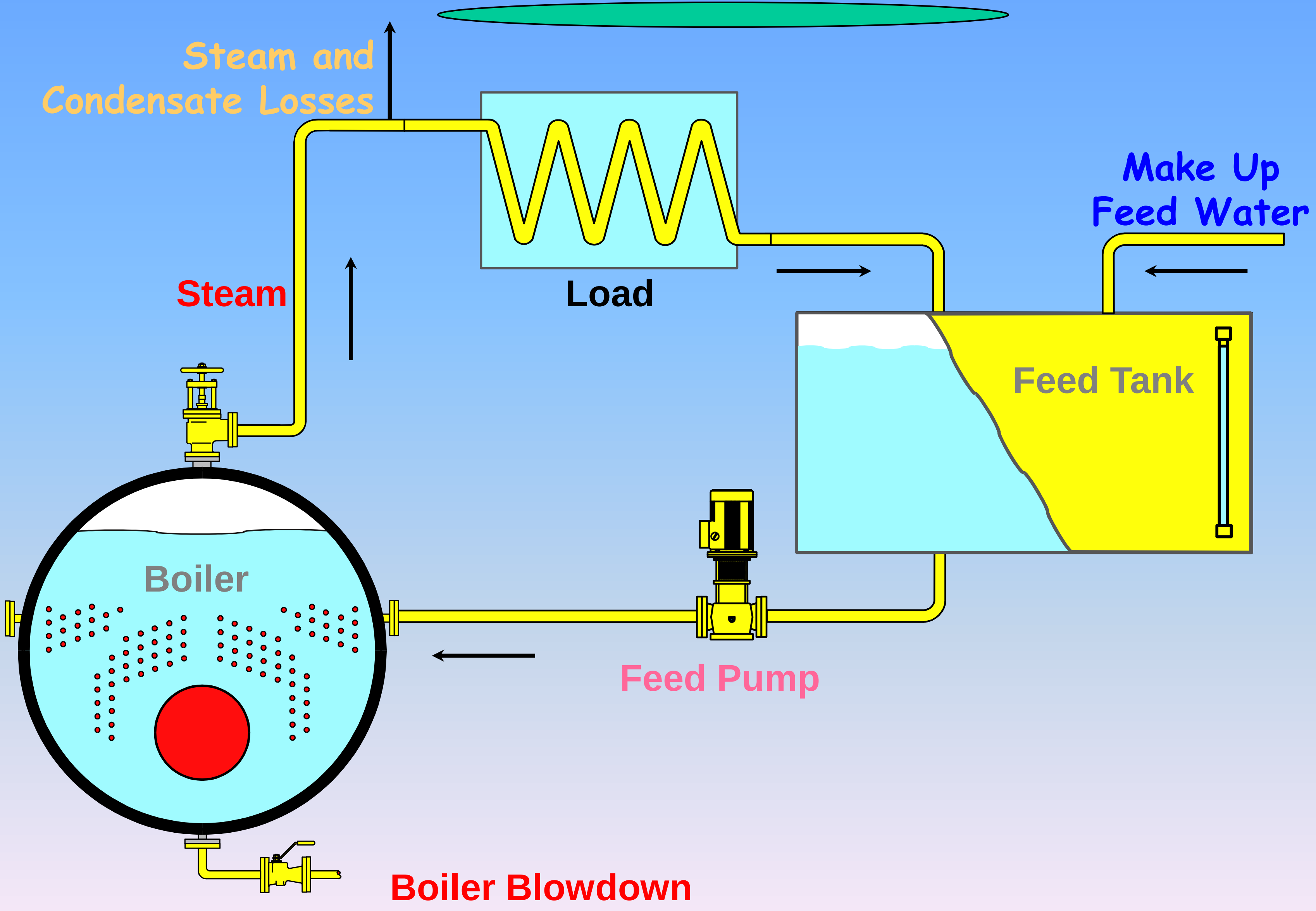
USEFUL ENERGY CONVERSIONS

1 kg	OF COAL	WILL PRODUCE APPROX	8 kg OF STEAM
1 ltr	OF OIL	WILL PRODUCE APPROX	14 kg OF STEAM
1 m^3	OF GAS	WILL PRODUCE APPROX	13 kg OF STEAM
1 gJ	OF GAS	WILL PRODUCE APPROX	340 kg OF STEAM
1 mj	OF GAS	WILL PRODUCE APPROX	.34 kg OF STEAM

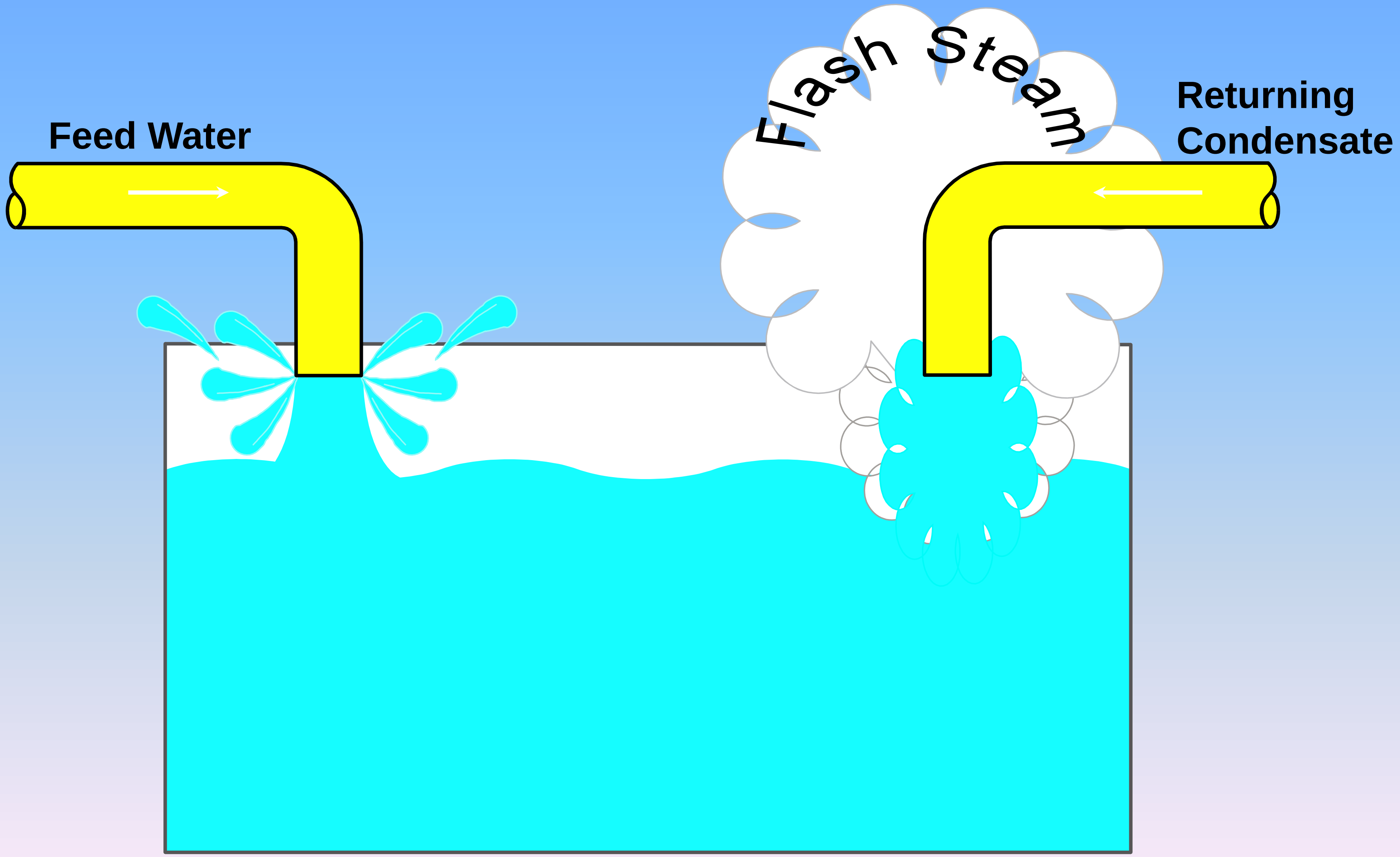
Feed Water Concept



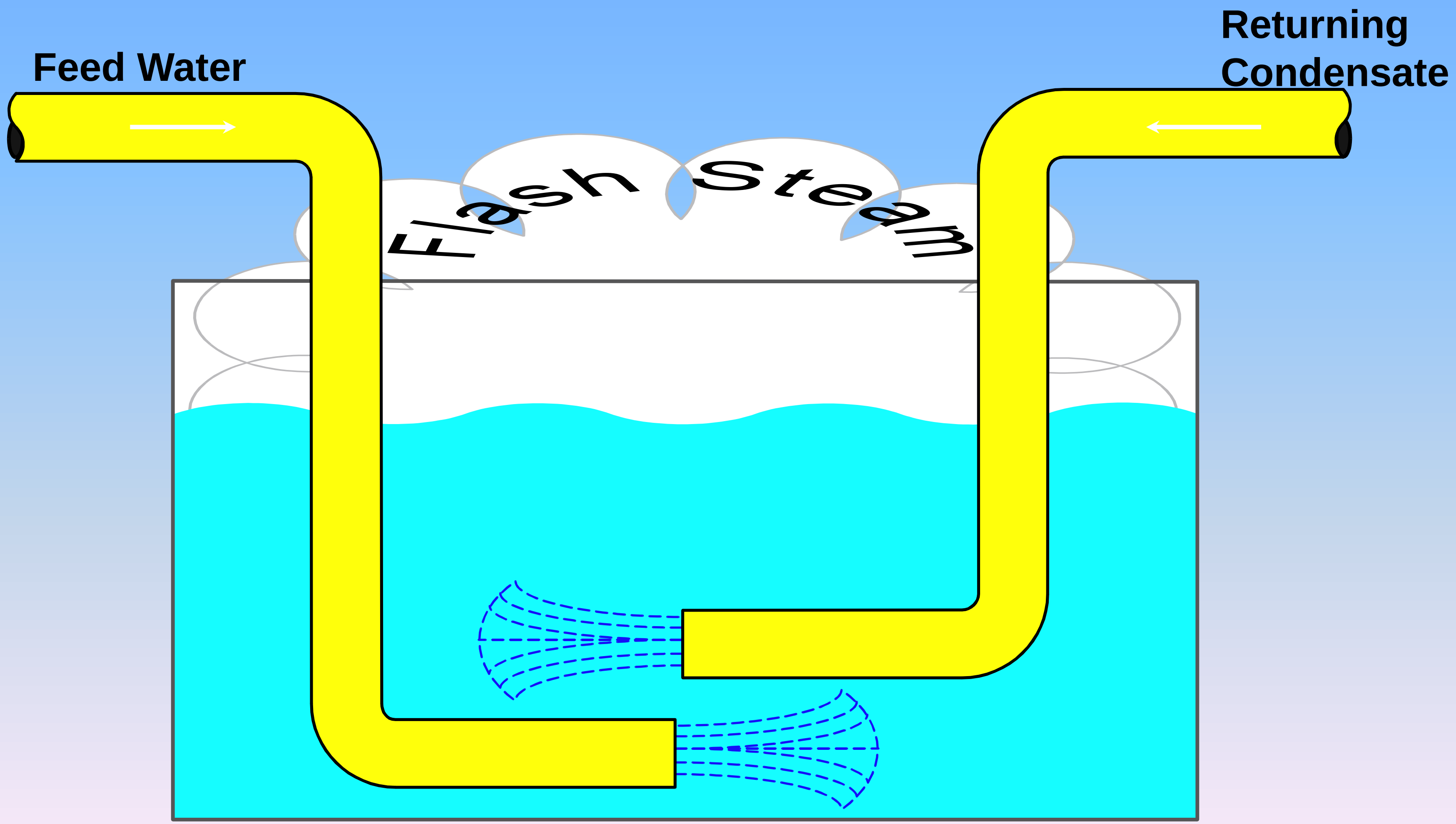
Steam System



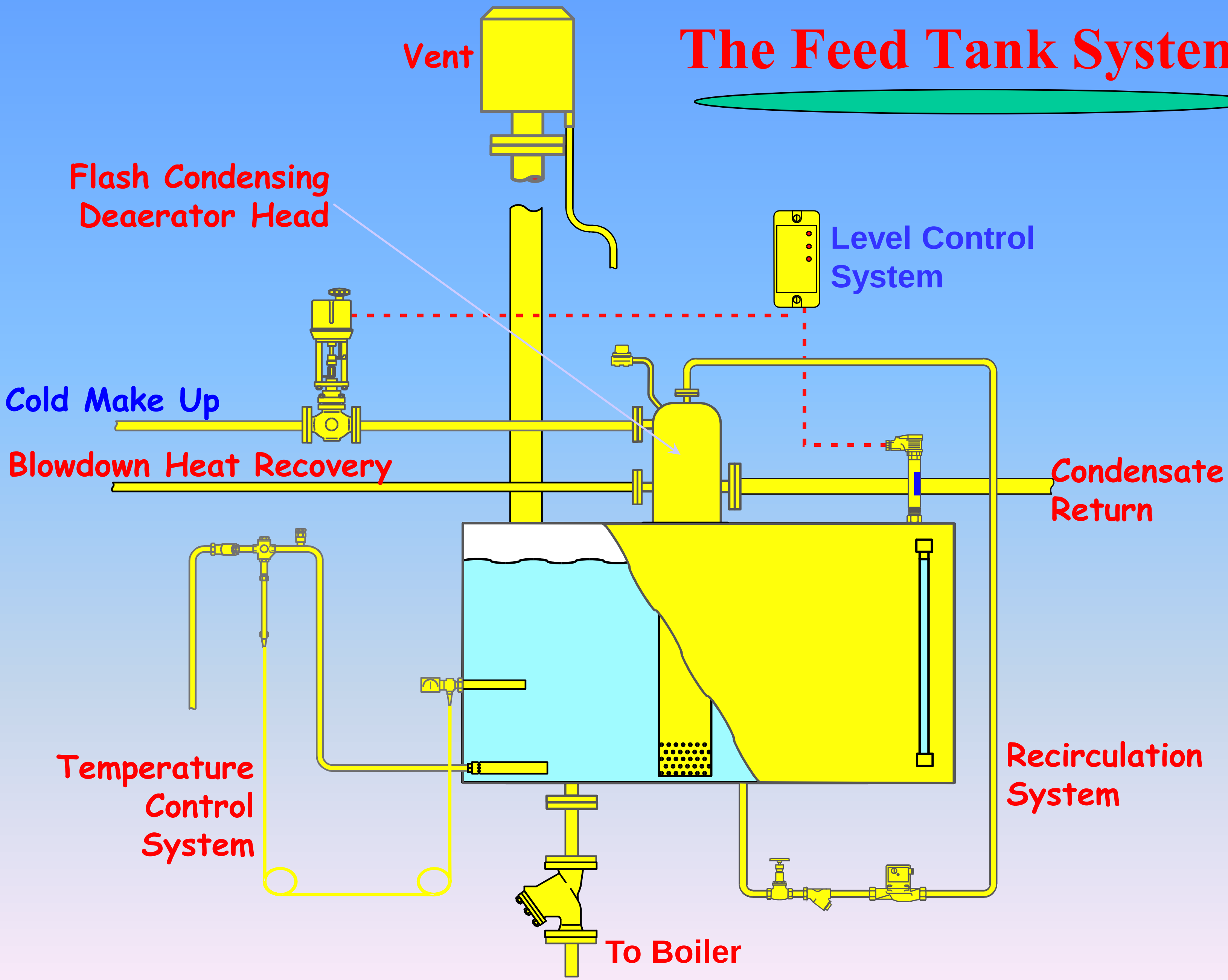
Feed Tank - Bad Example



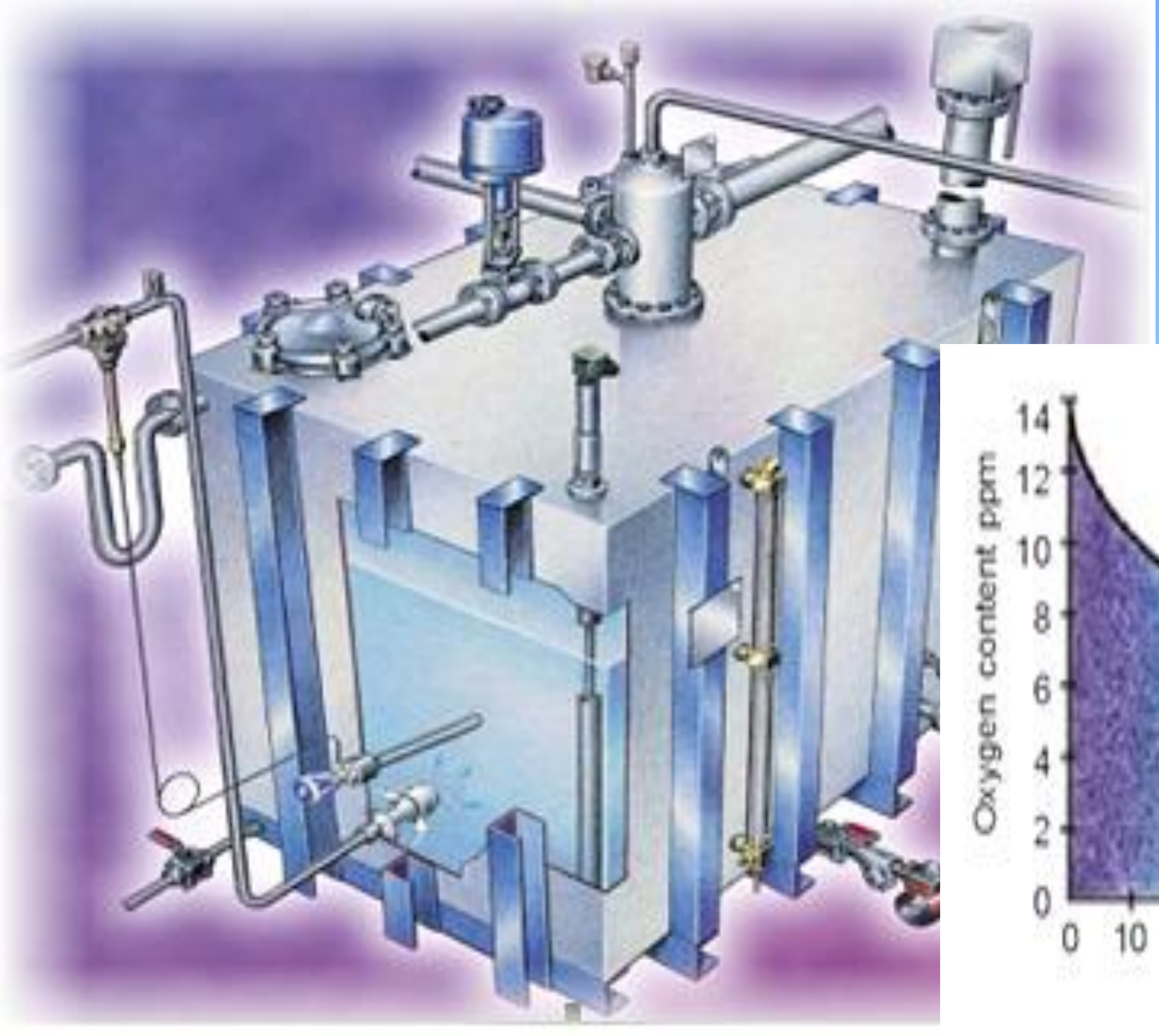
Feed Tank - Better Example



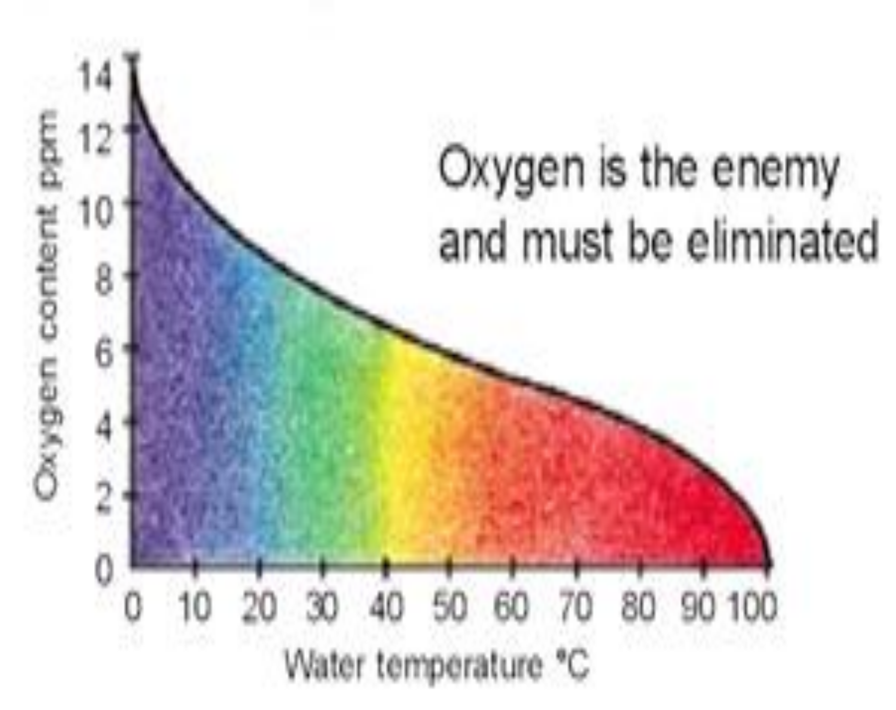
The Feed Tank System



ถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

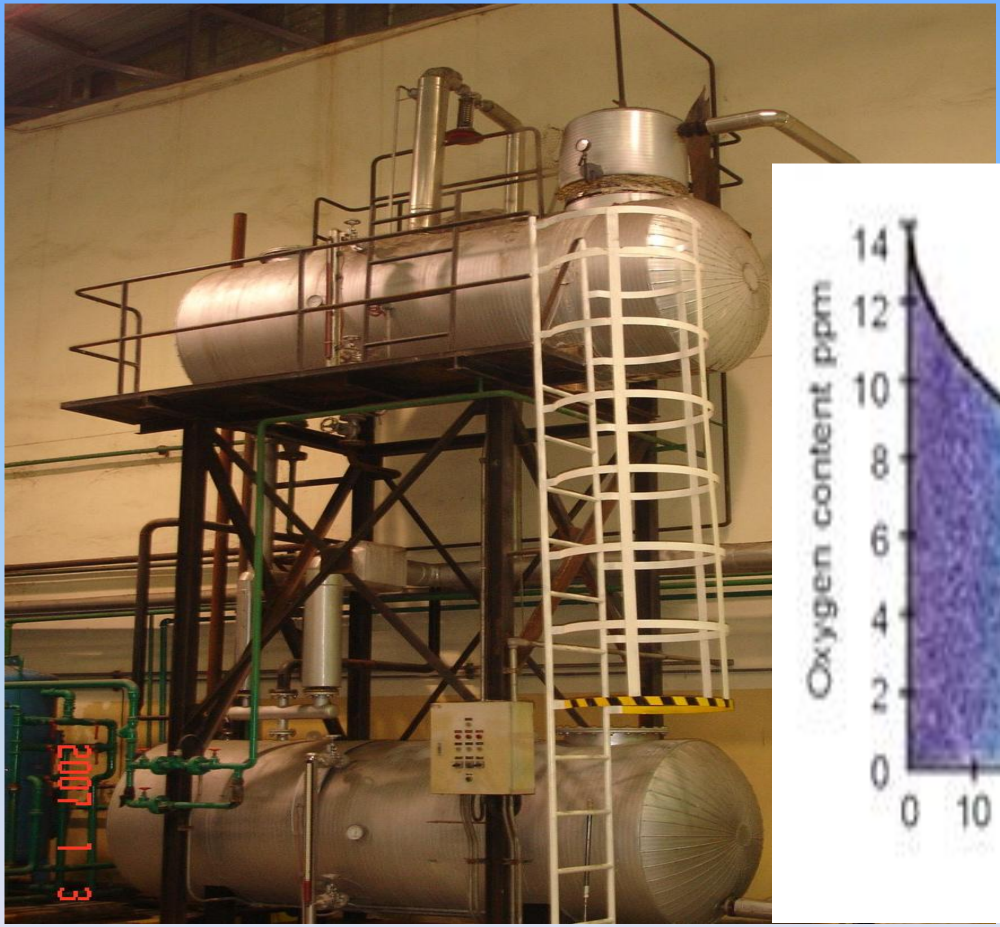


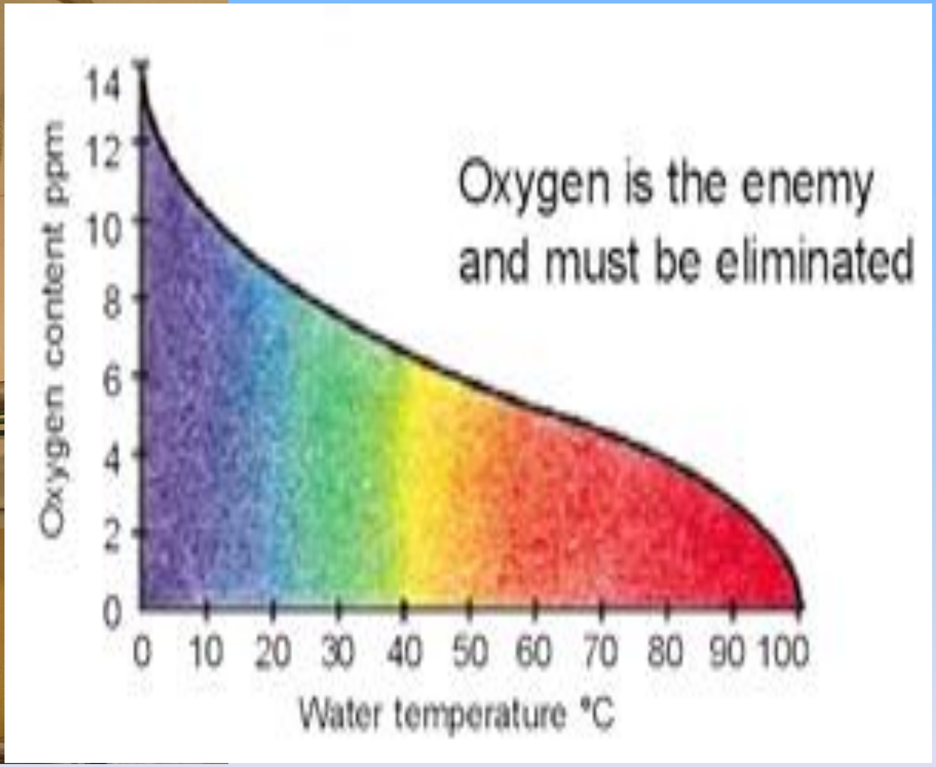
Atmosphere Deaerator Tank



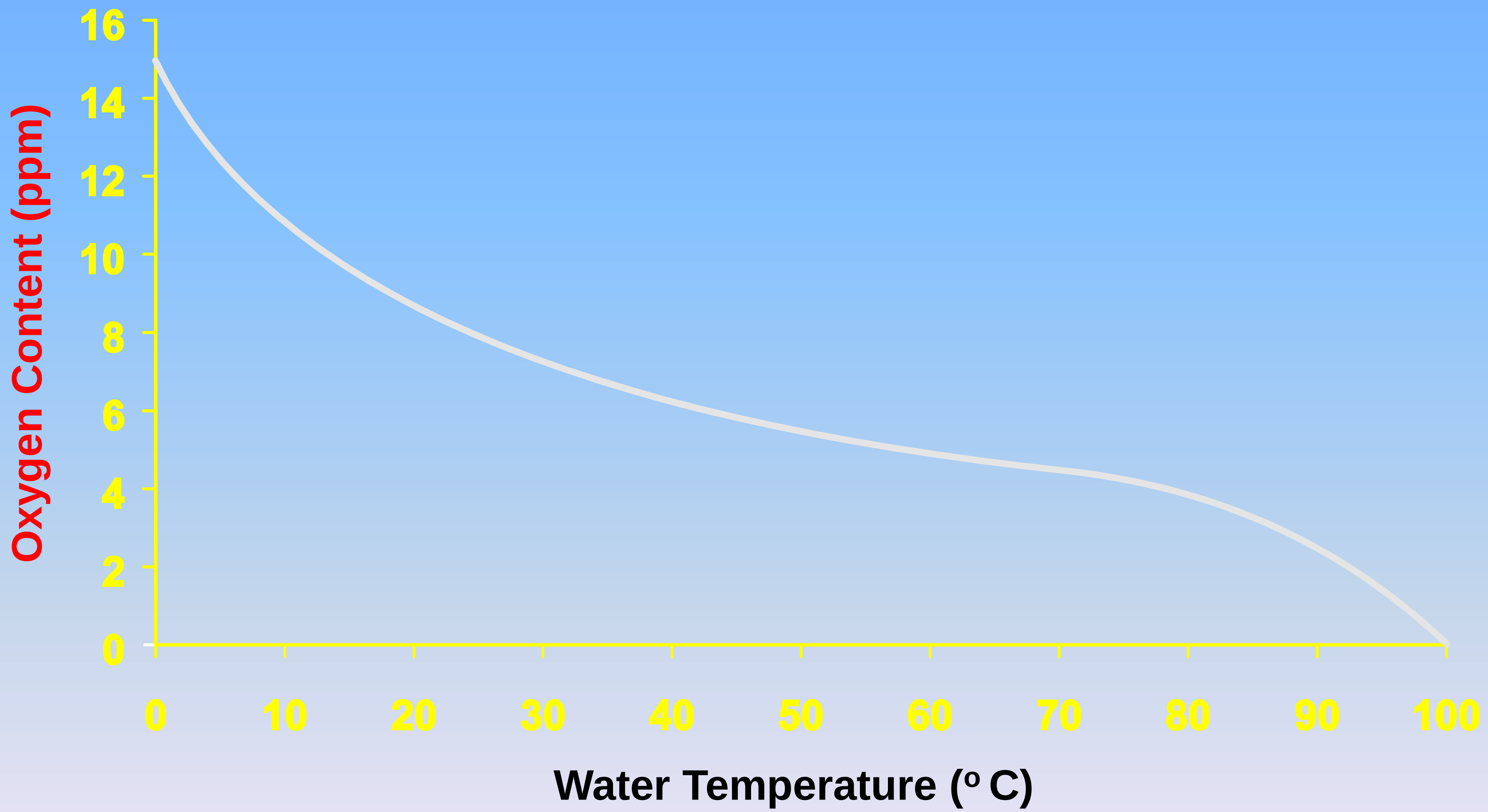
ถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

Pressure Deaerator Tank





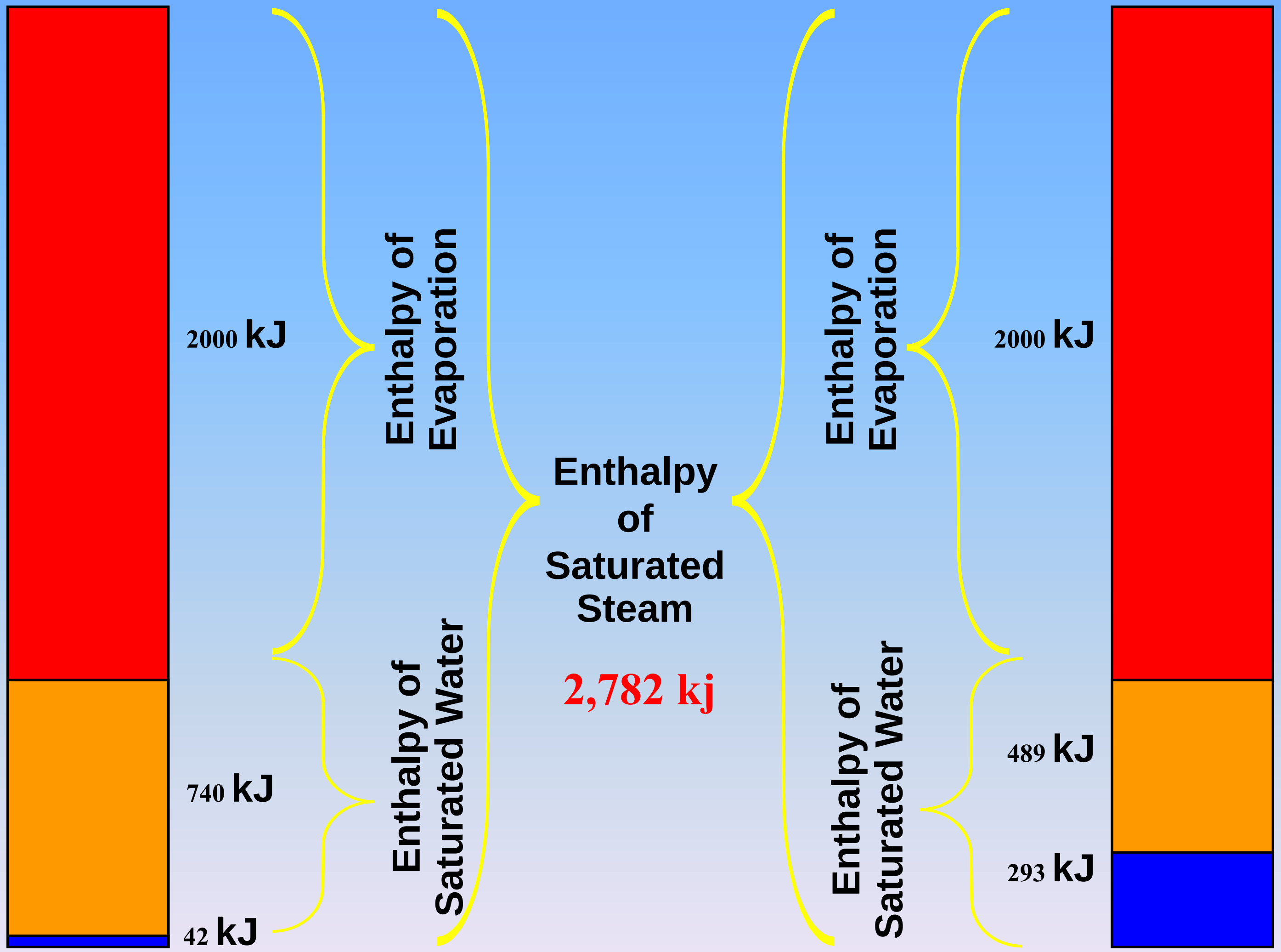
ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำ



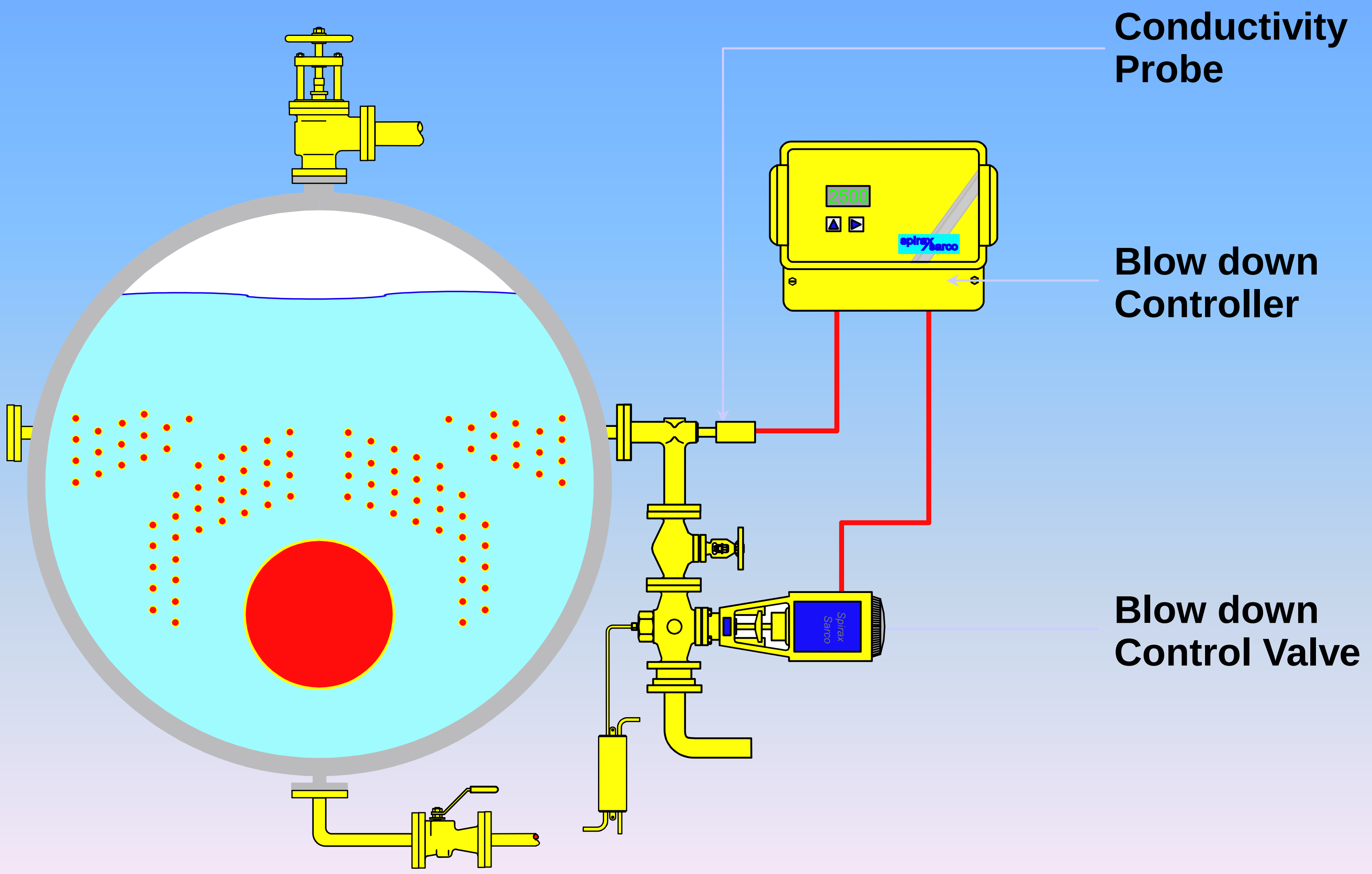
Formation of 1 kg of steam at 10 bar g - feed water 10 °C

Formation of 1 kg of steam at 10 bar g - feed water 70 °C.

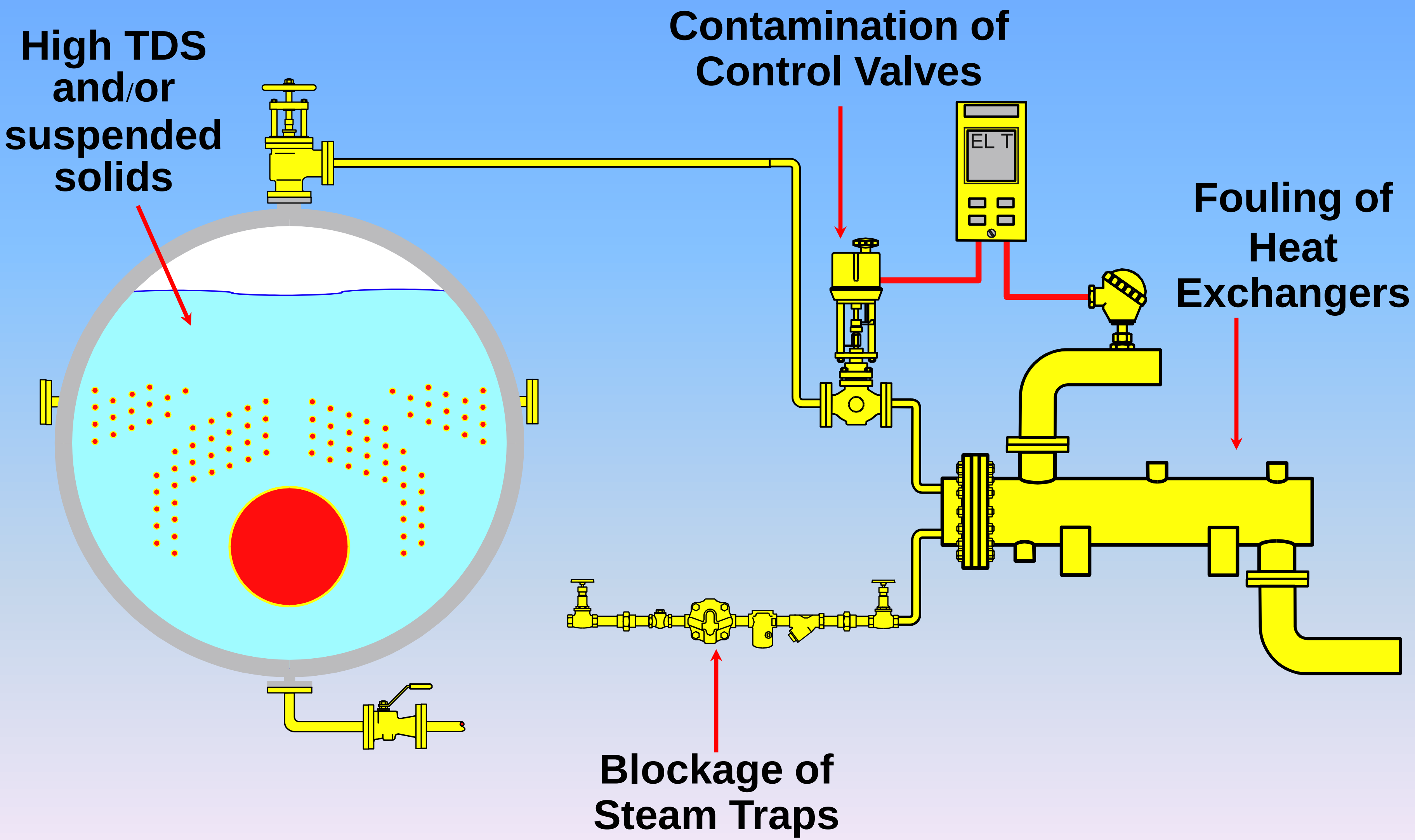
Requires 9.2% less fuel



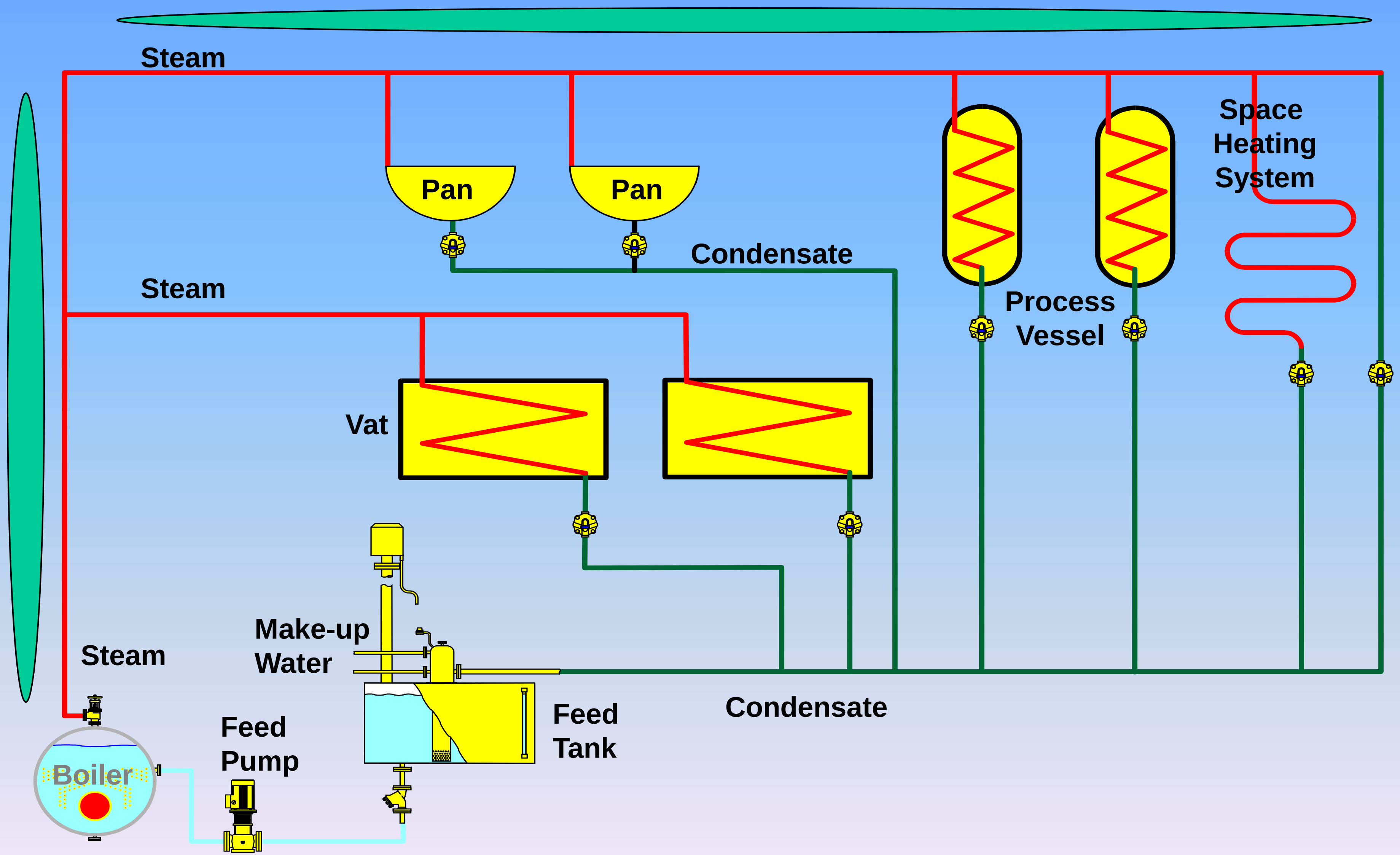
การควบคุมการ Blow down แบบอัตโนมัติ



ผลของ TDS ต่อระบบไอน้ำ



วงจรไอน้ำ

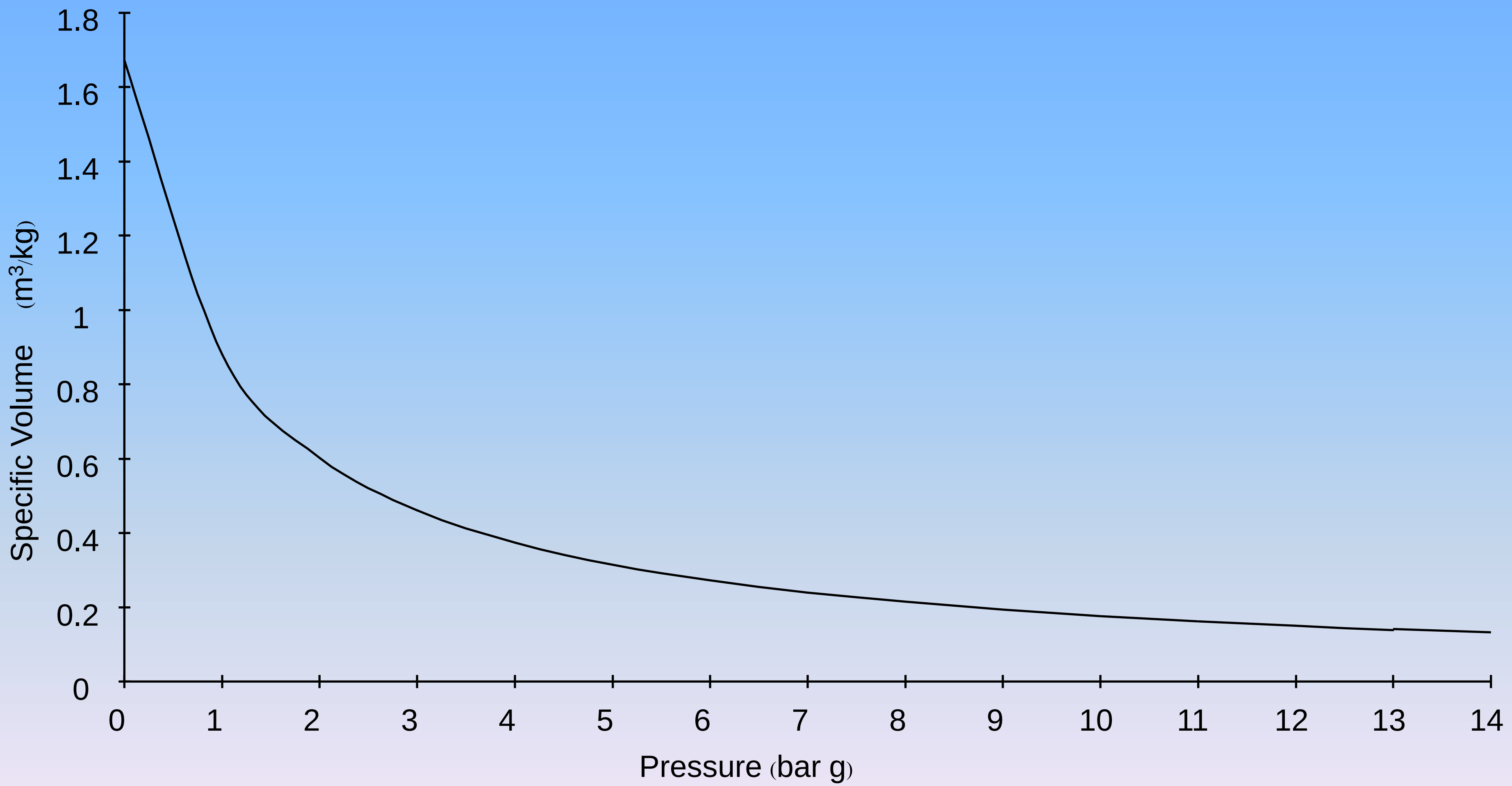


Steam
Pan
Pan
Condensate
Space
Heating
System
Process
Vessel
Steam
Vat
Make-up
Water
Steam
Feed
Pump
Boiler
Feed
Tank
Condensate

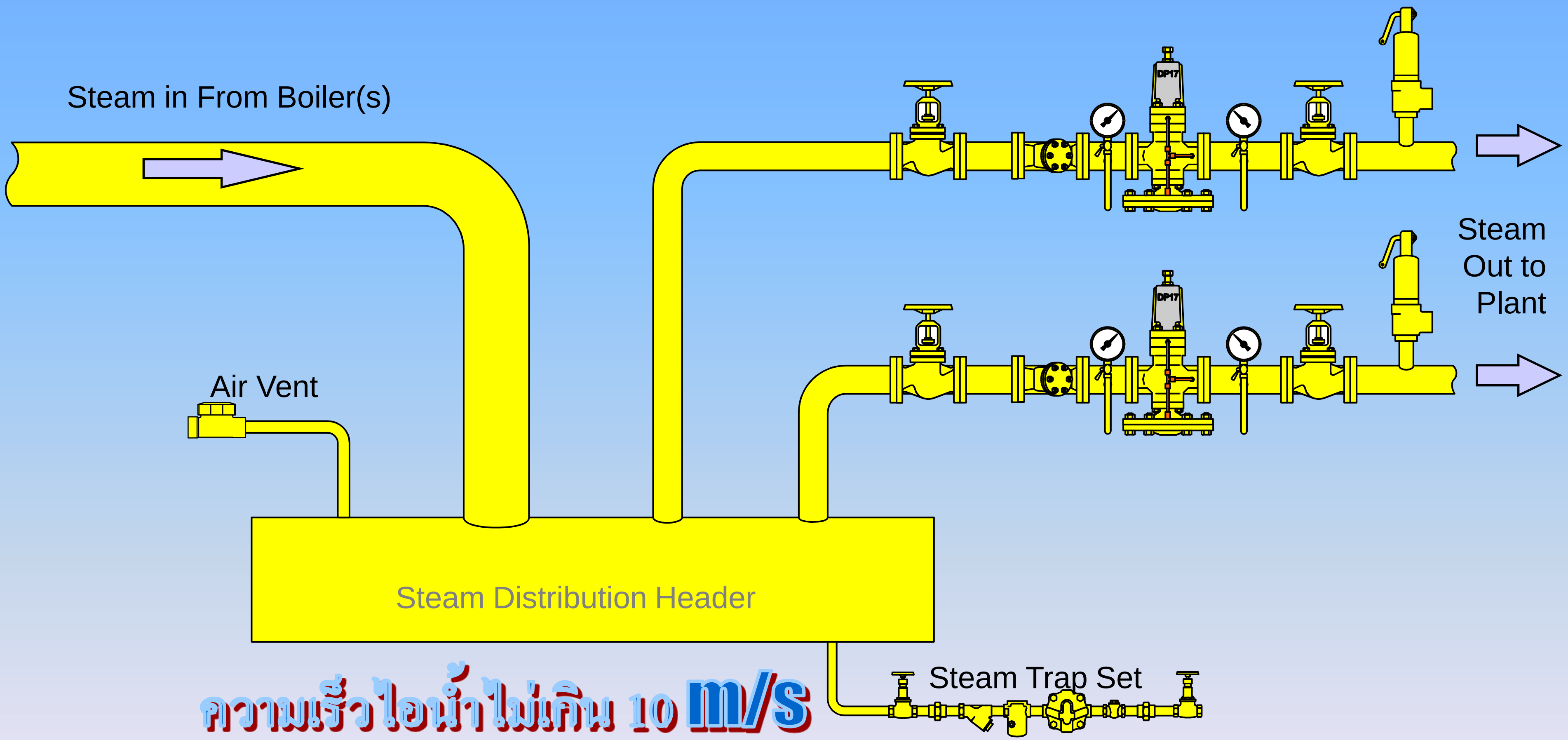
ตัวอย่างท่อส่งไอน้ำหลัก

ท่อส่งจ่ายไอน้ำ

Specific Volume / Pressure of Saturated Steam

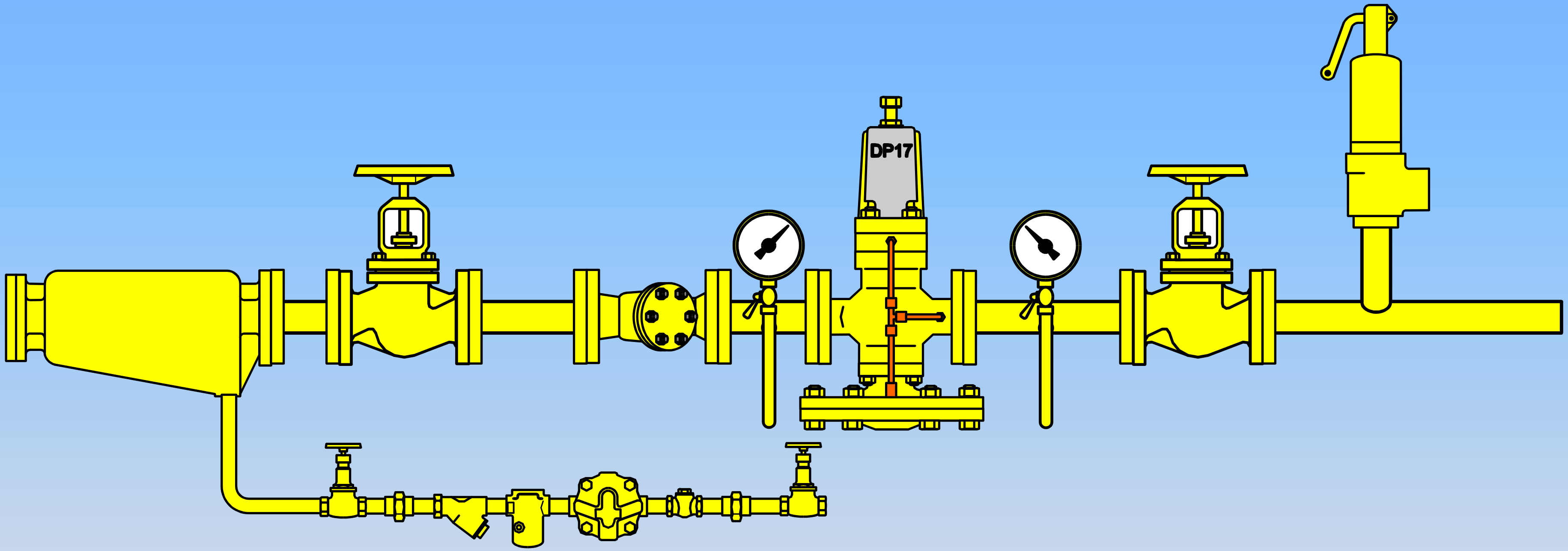


Steam Distribution Header

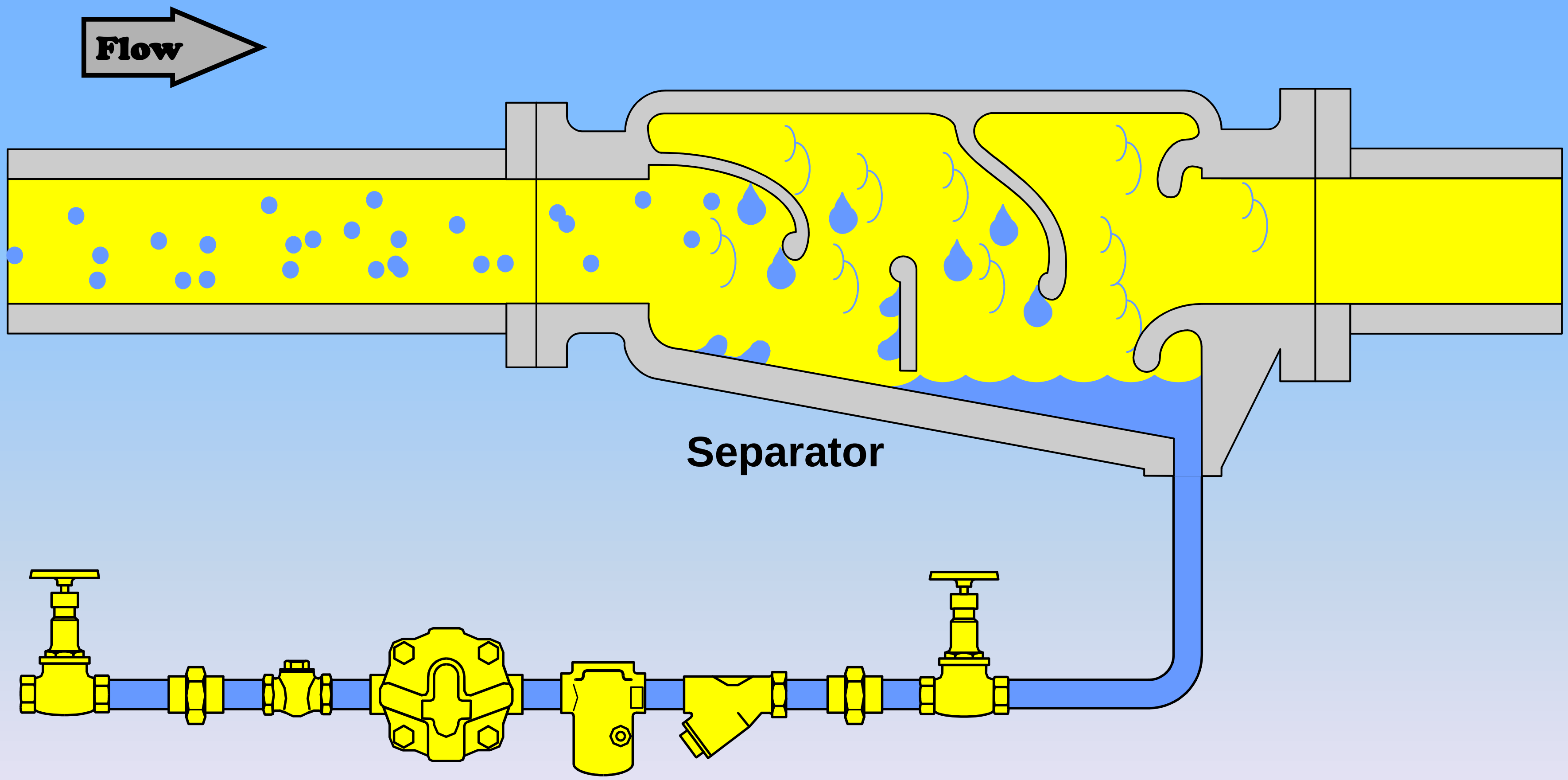


ความเร็วไอน้ำไม่เกิน 10 m/s

การติดตั้งชุดอุปกรณ์ลดแรงดันไอน้ำ



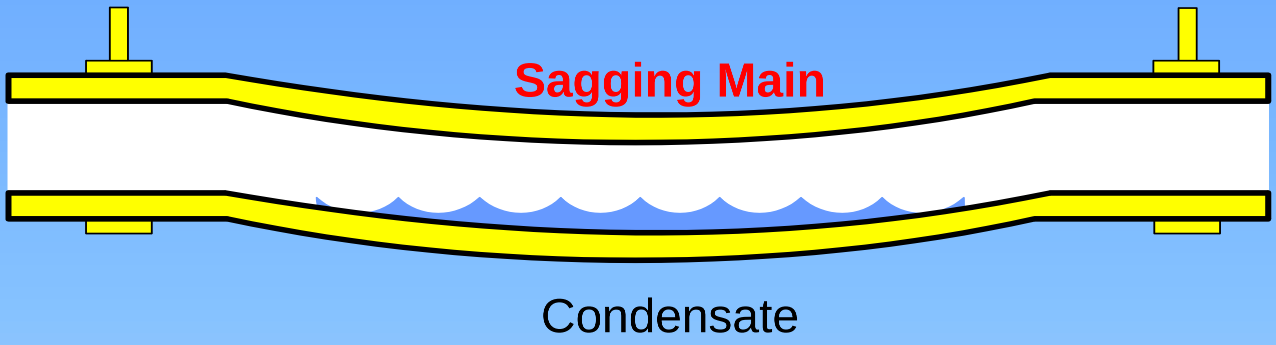
อุปกรณ์แยกสิ่งปนเปื้อนในไอน้ำ

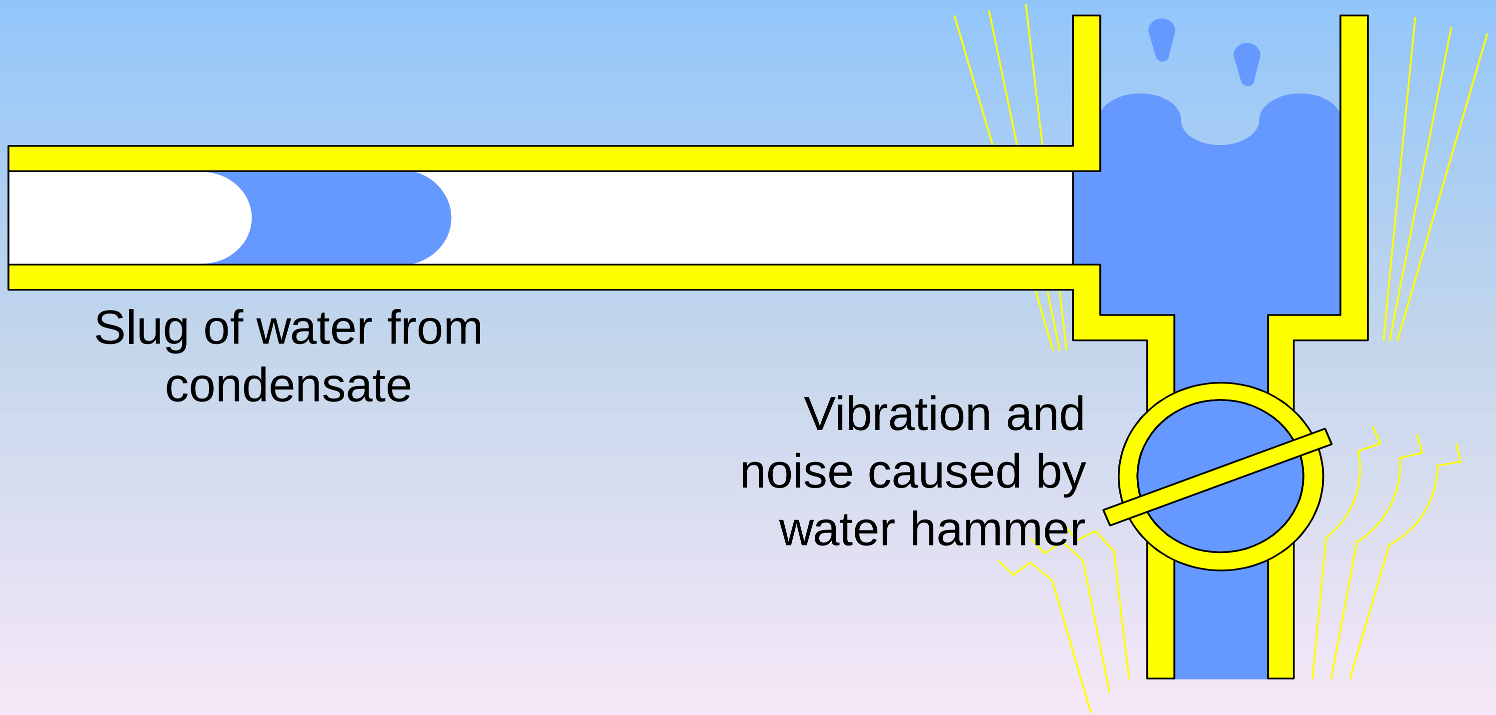


ผลกระทบของไอน้ำเปียก

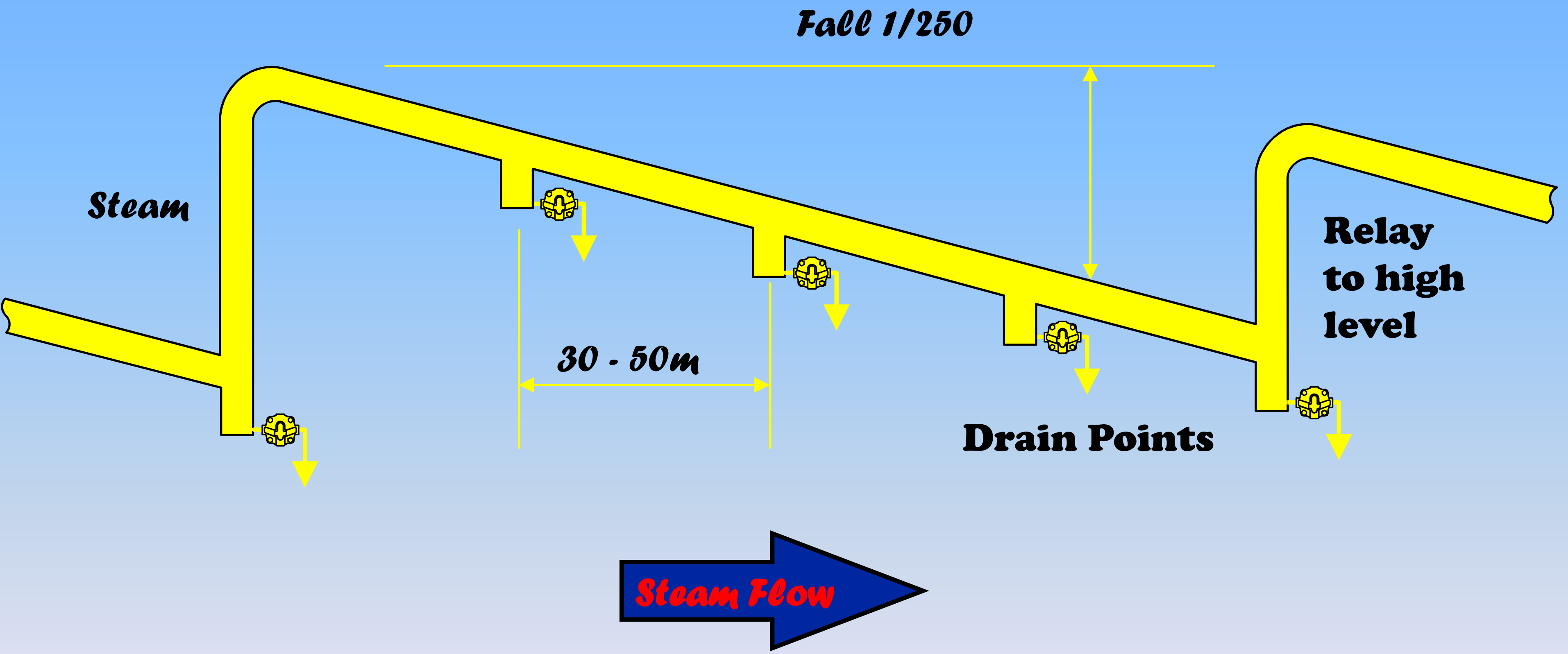
- เครื่องต้องการความร้อน 500,000 k j/hr จ่ายไอน้ำที่ความดัน 7 bar
- ความร้อนแฝงของไอน้ำ = 2,047 k j/hr
- ถ้าไอน้ำแห้ง 100% ใช้ไอน้ำ $= \dfrac{500,000}{2,047} = 244.25$ kg/hr
- ถ้าไอน้ำแห้ง 95% ใช้ไอน้ำ $= \dfrac{500,000}{2,047 \times 0.95} = 257.11$ kg/hr
- ไอน้ำเปียกจะต้องใช้ไอน้ำเพิ่มขึ้นในปริมาณความร้อนเท่ากัน

Water hammer

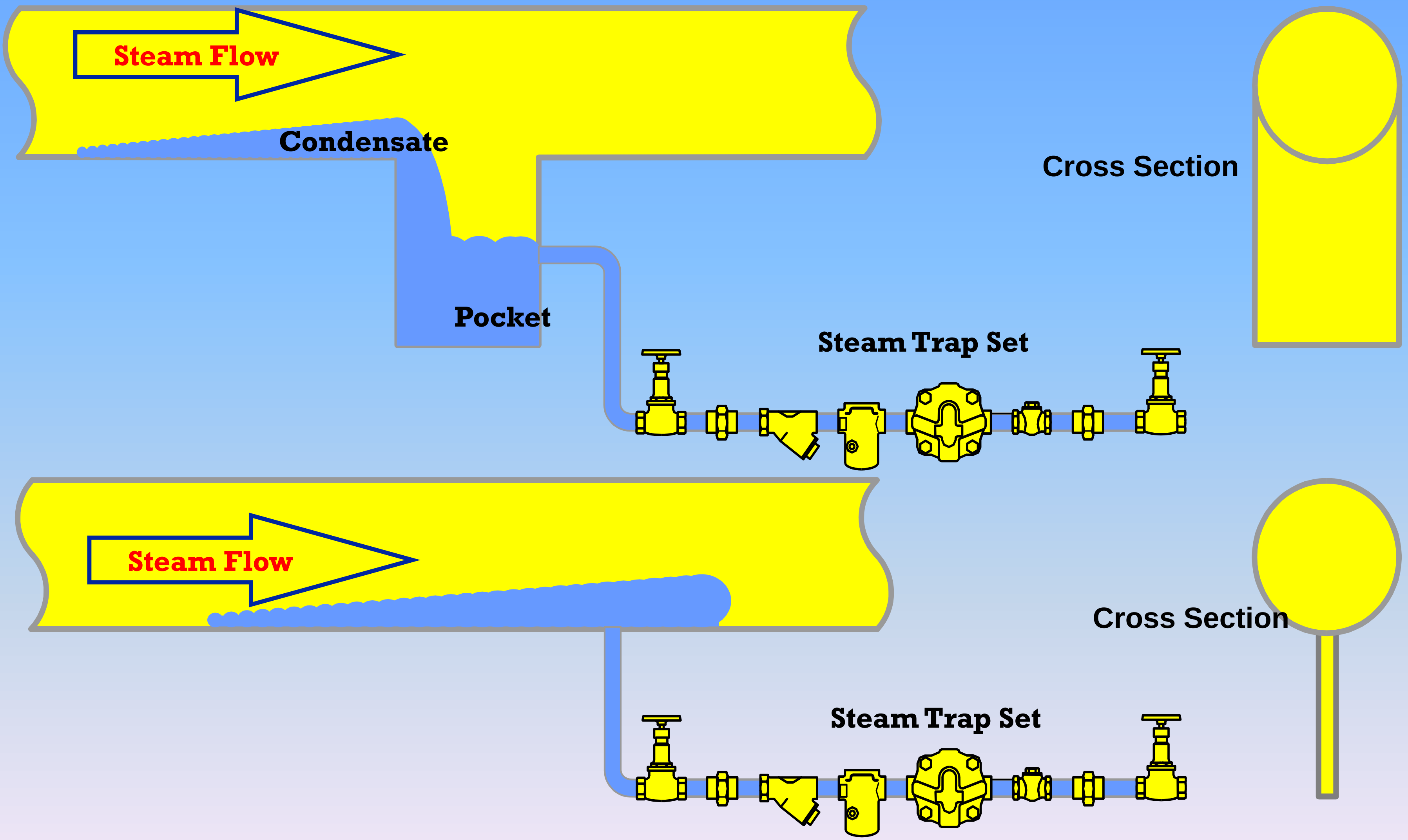




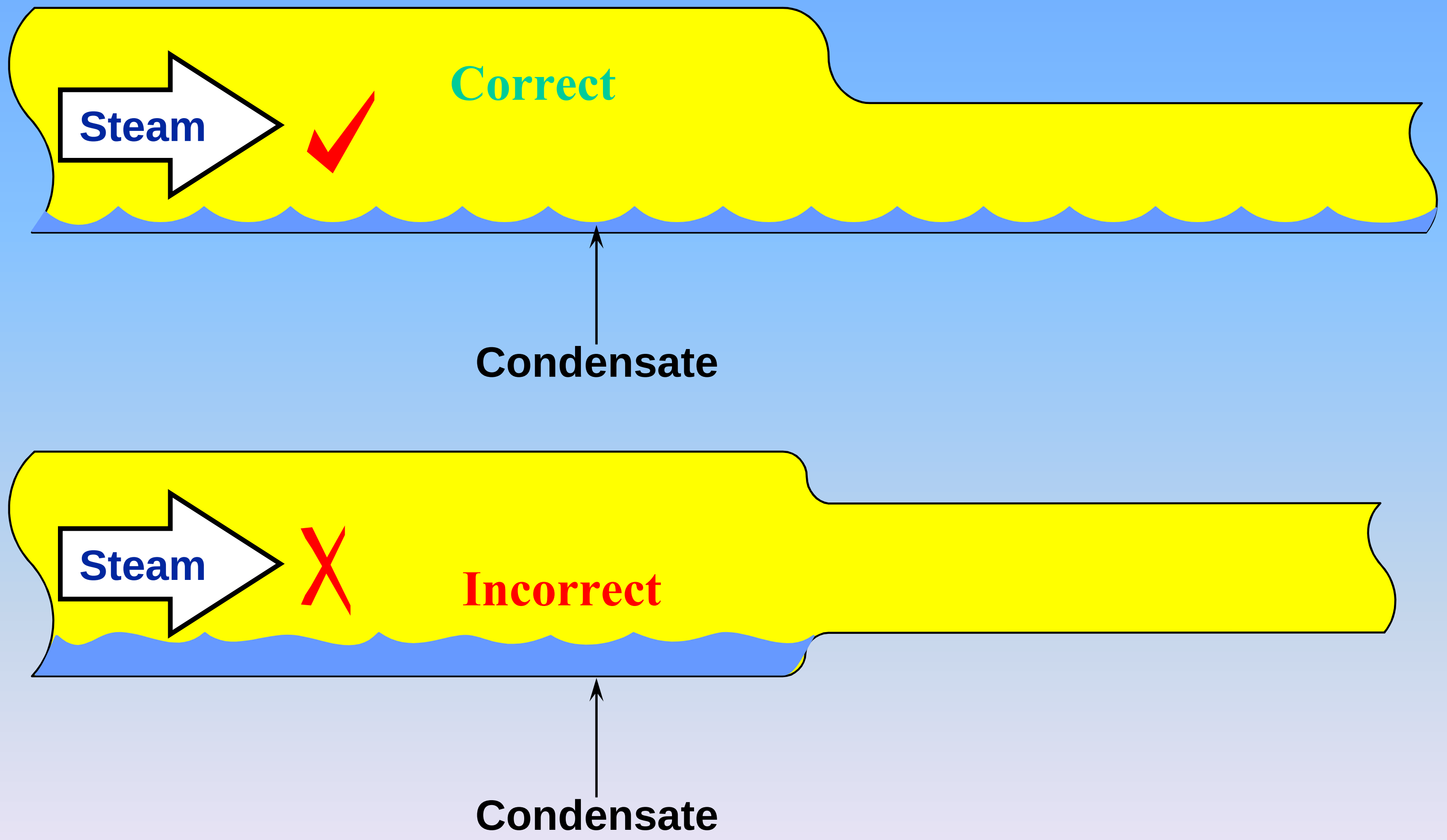
การติดตั้งตัวดักไอน้ำในท่อหลัก



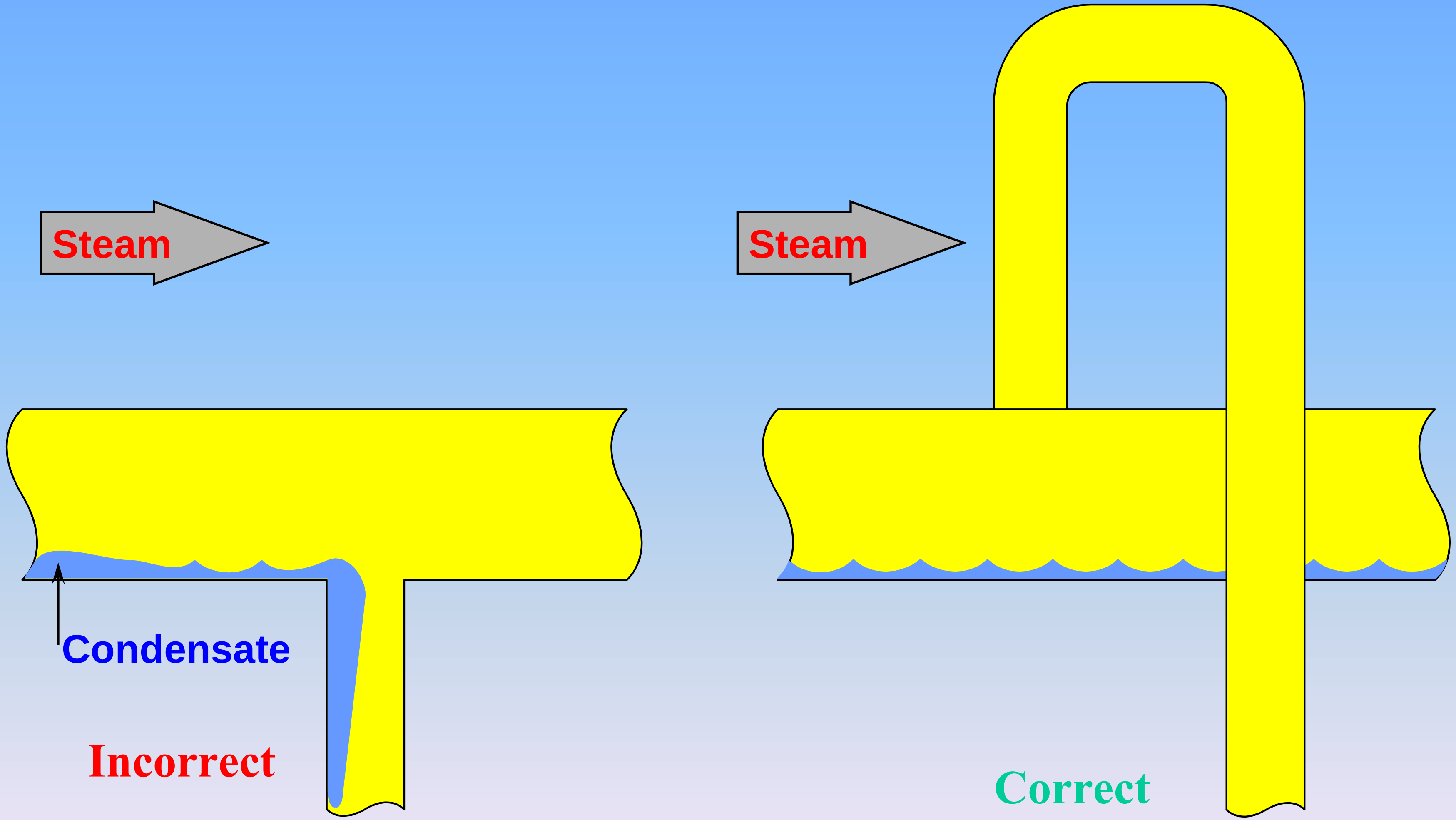
เทคนิคการติดตั้งตัวดักไอน้ำในท่อส่งไอน้ำ



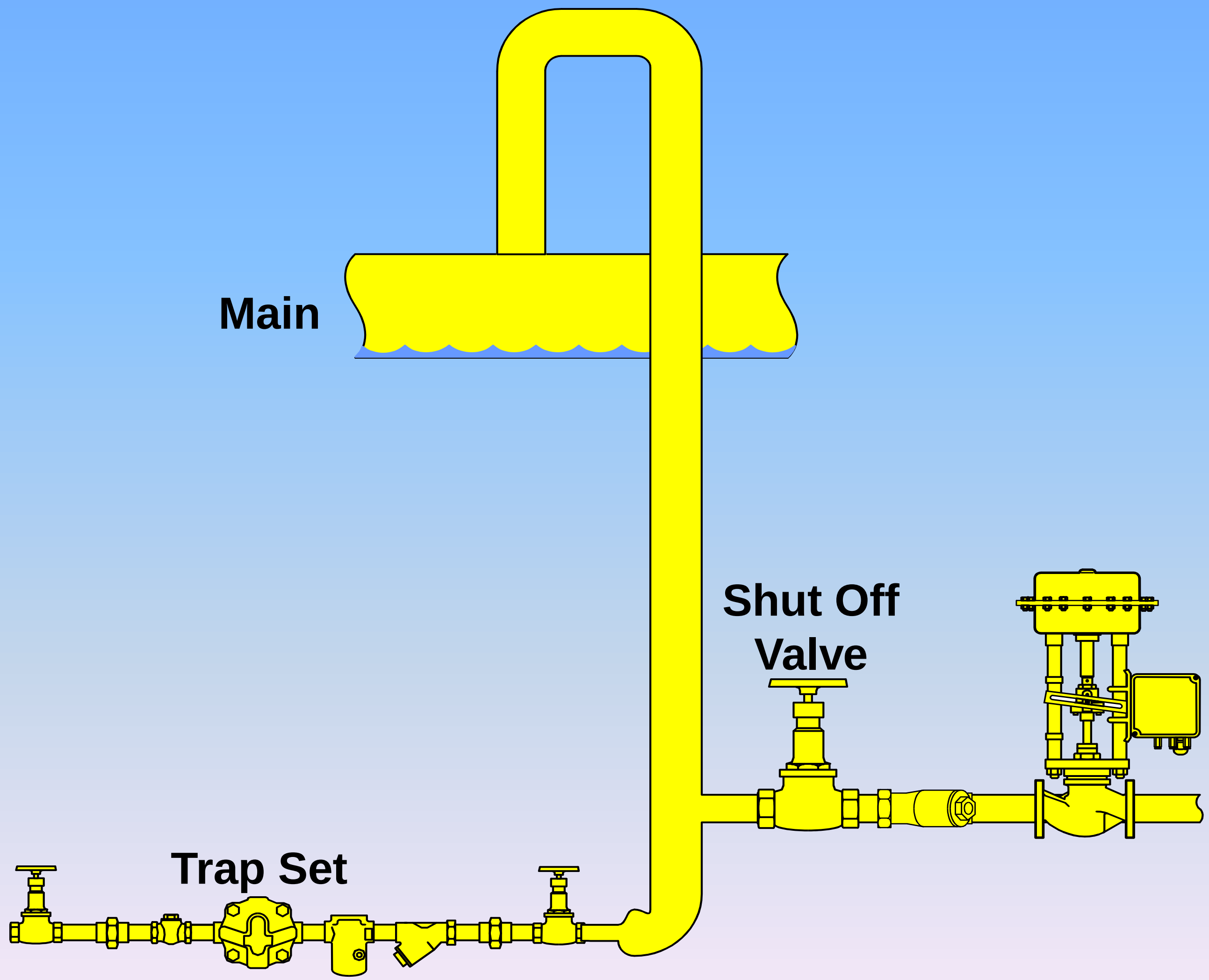
เทคนิคการลดขนาดท่อไอน้ำ



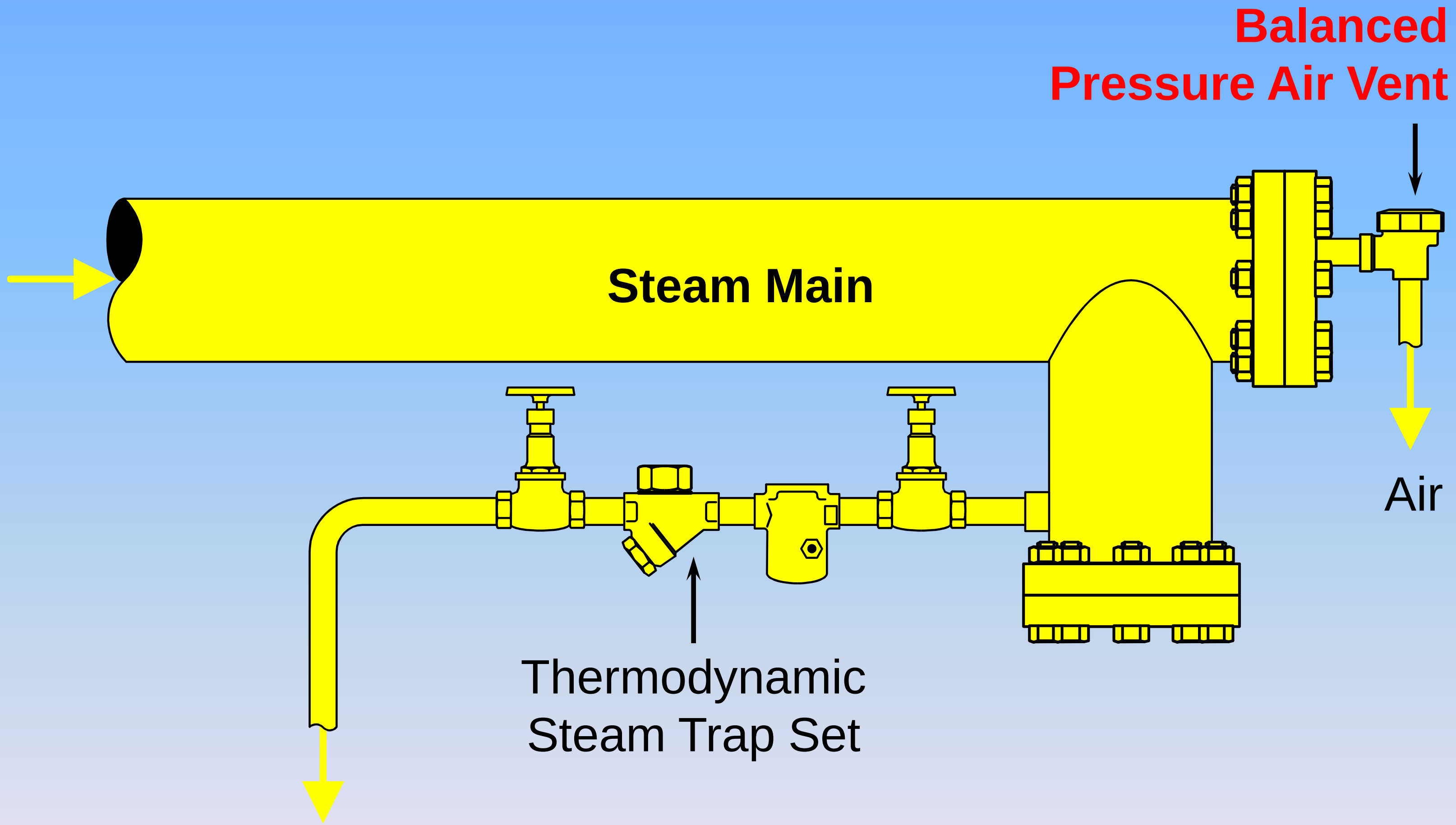
เทคนิคการต่อท่อนำไอน้ำจากท่อหลักไปใช้งาน



เทคนิค Drop Leg



เทคนิคการระบายอากาศจากท่อไอน้ำ

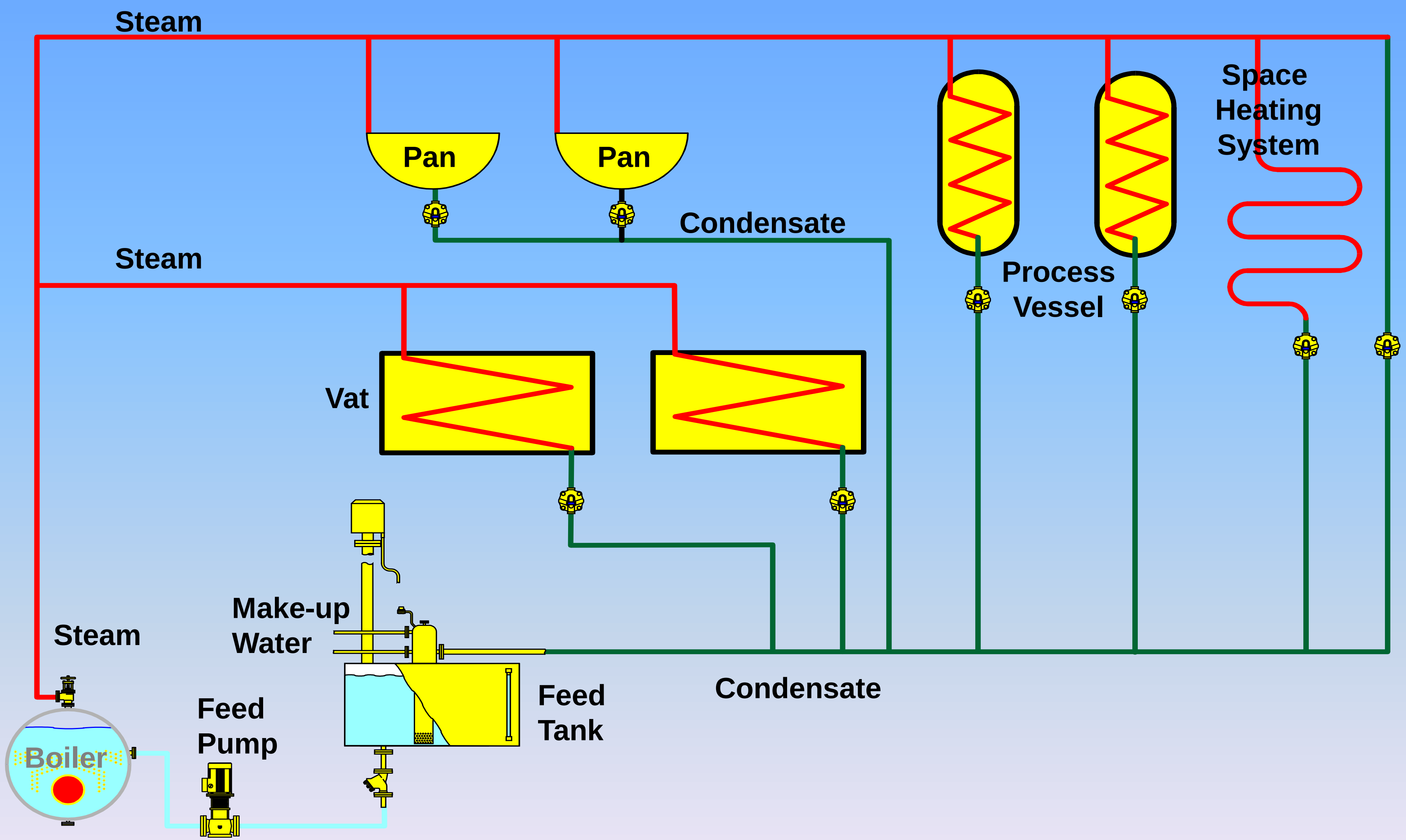


สรุป

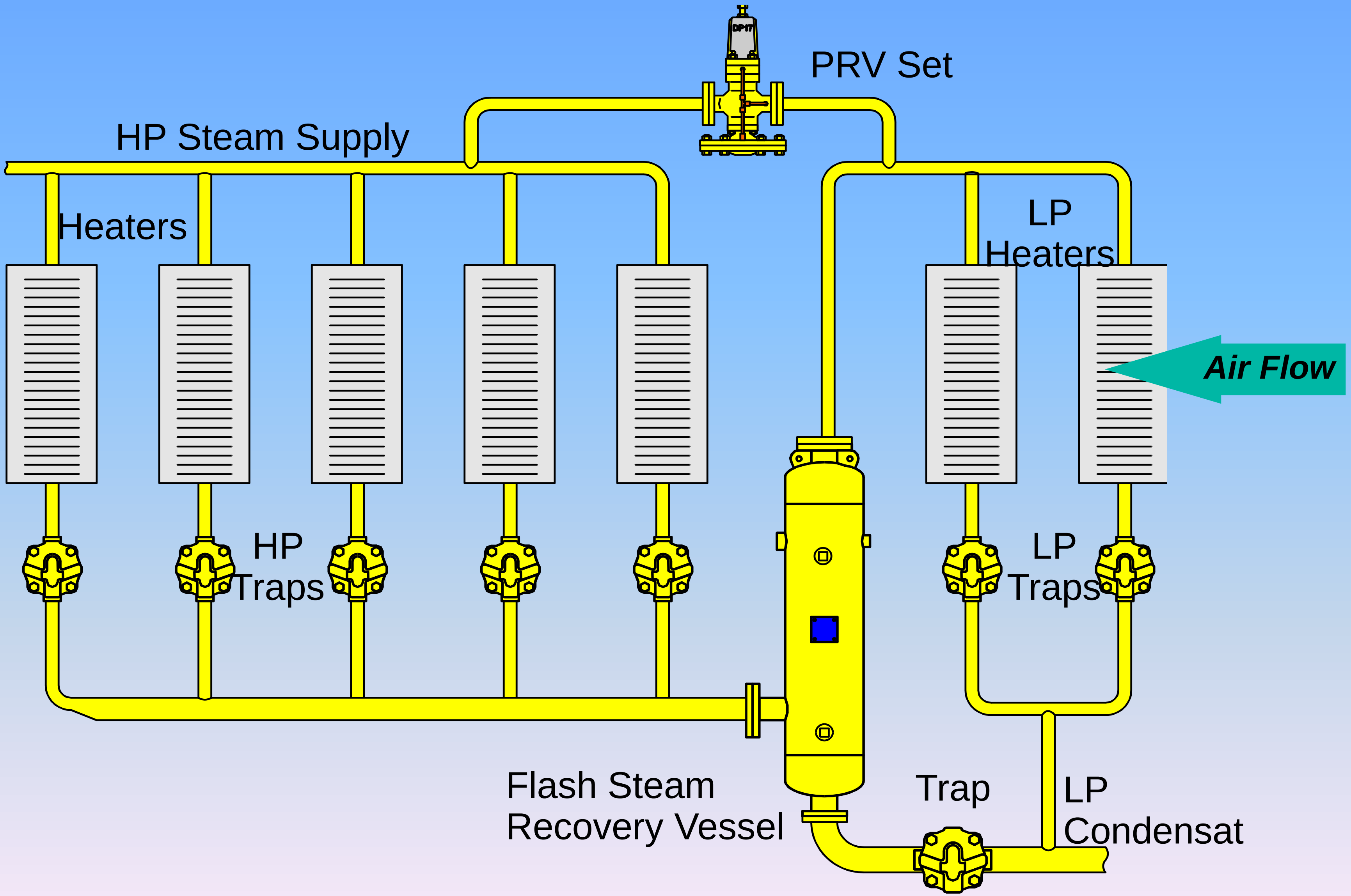
การออกแบบระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ

การควบคุมการจ่ายไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

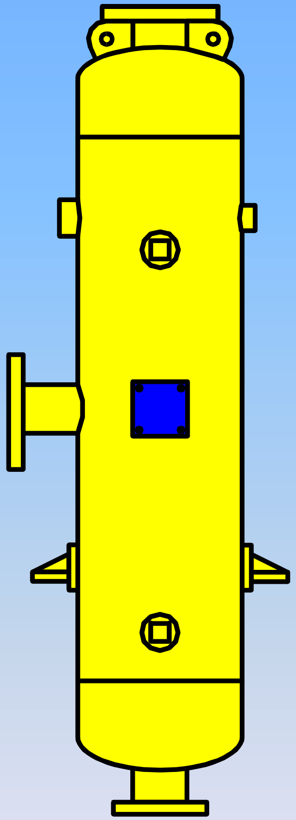
วงจรระบบไอน้ำ



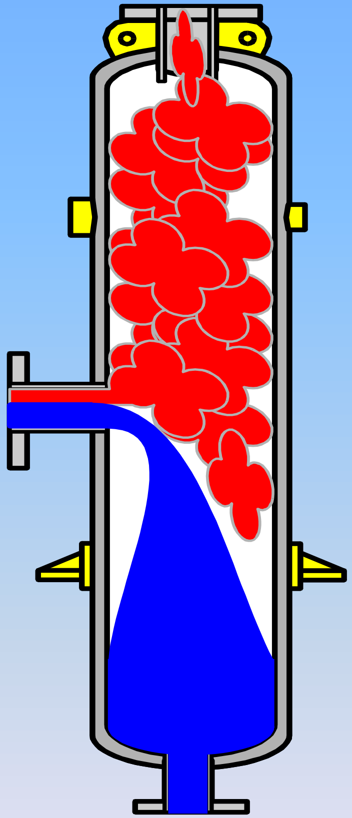
การนำความร้อนจากคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่



Flash Steam Tank



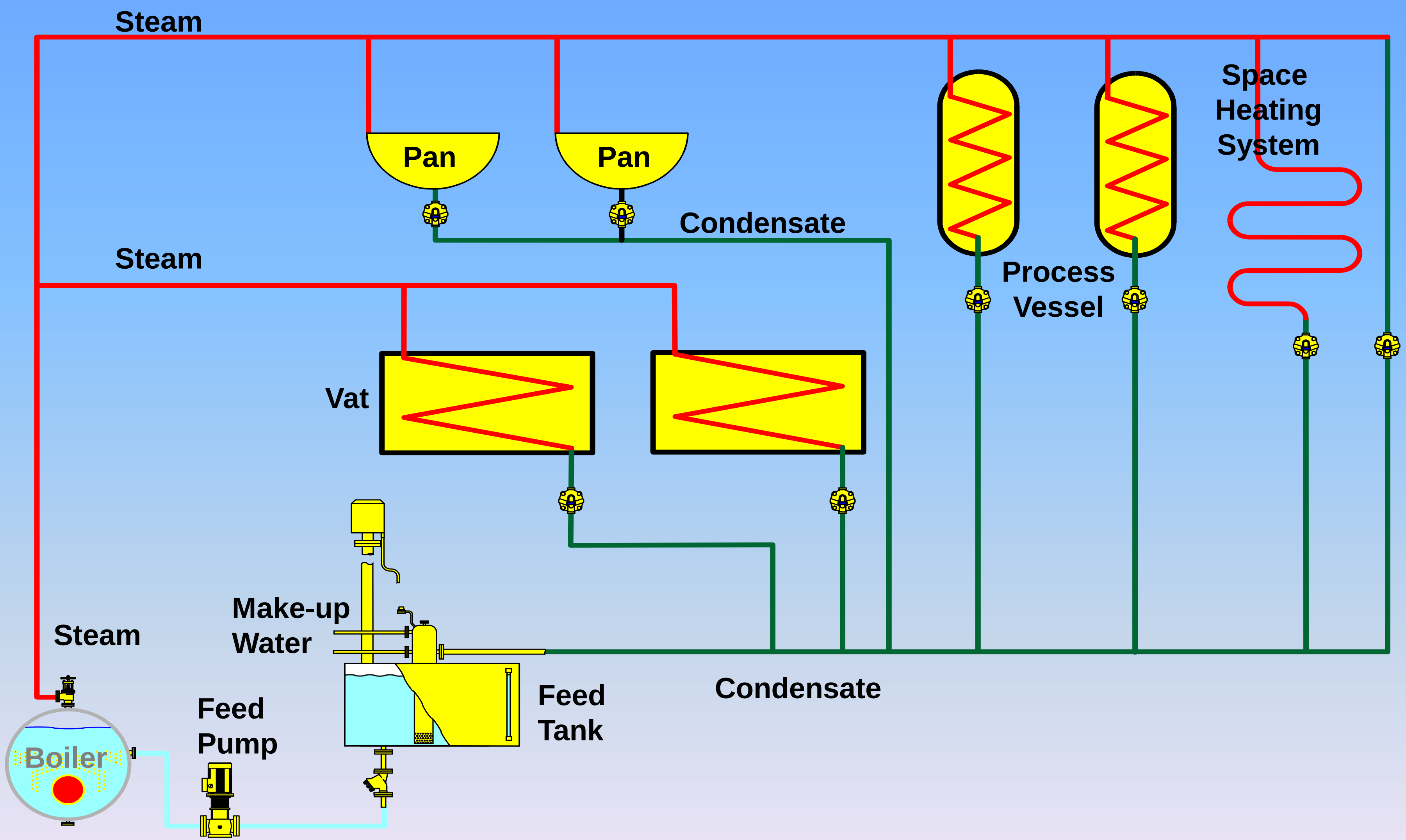
Flash Steam Outlet



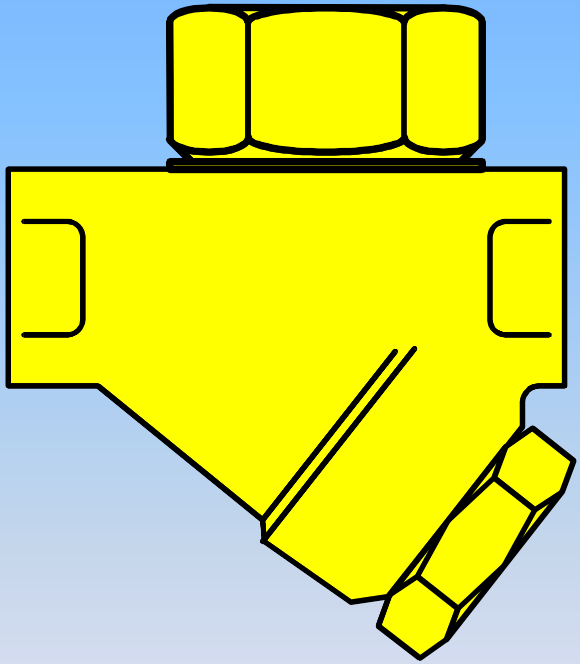
Condensate Outlet

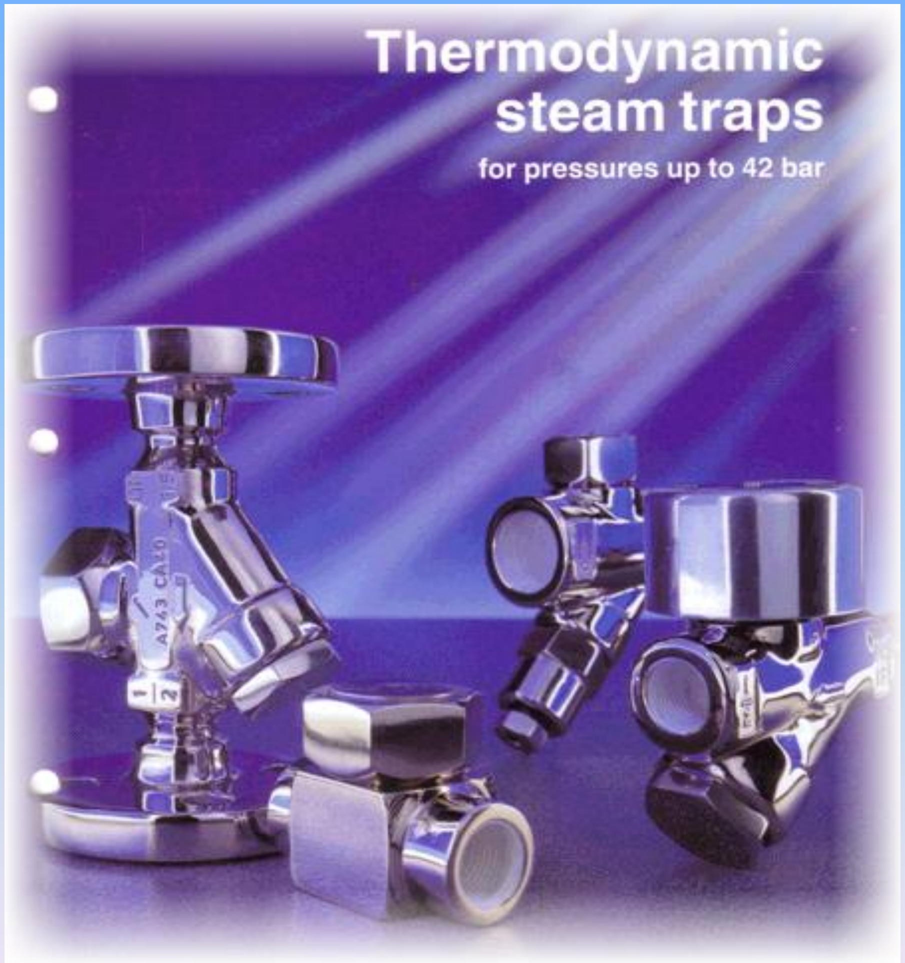
การระบายคอนเดนเสทอย่างมีประสิทธิภาพ

วงจรระบบไอน้ำ

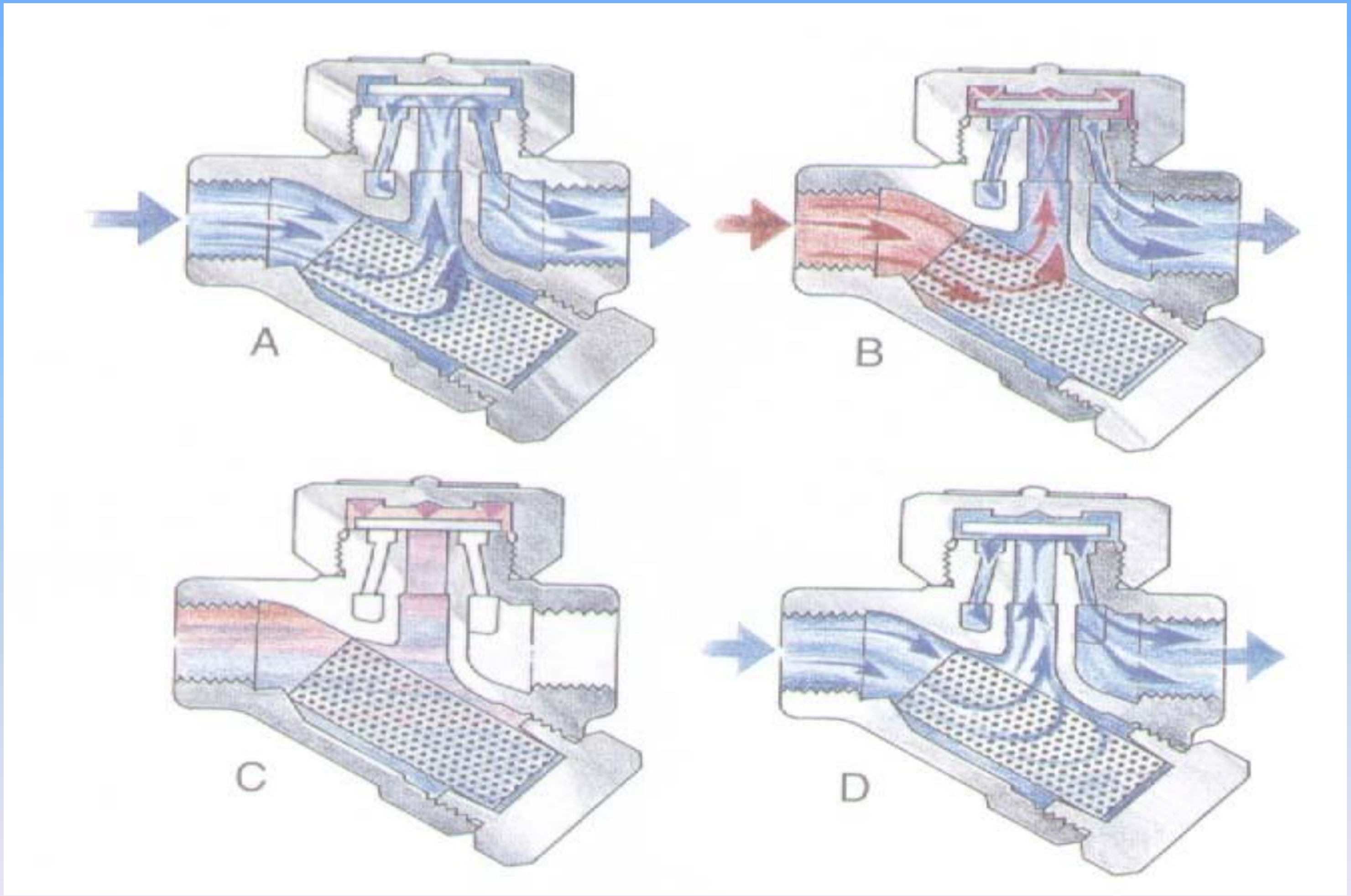


Thermodynamic Steam Trap

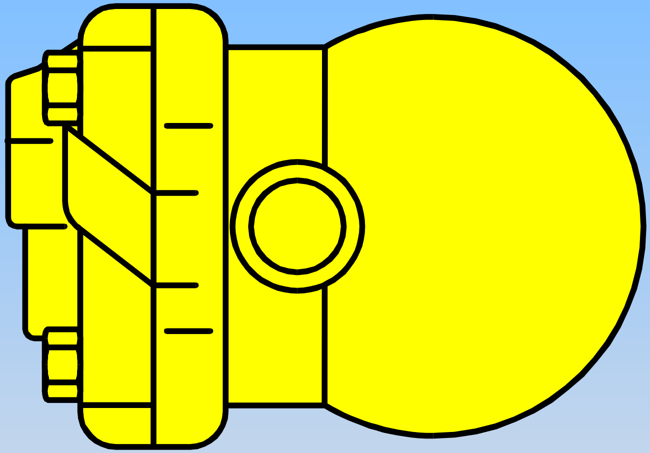




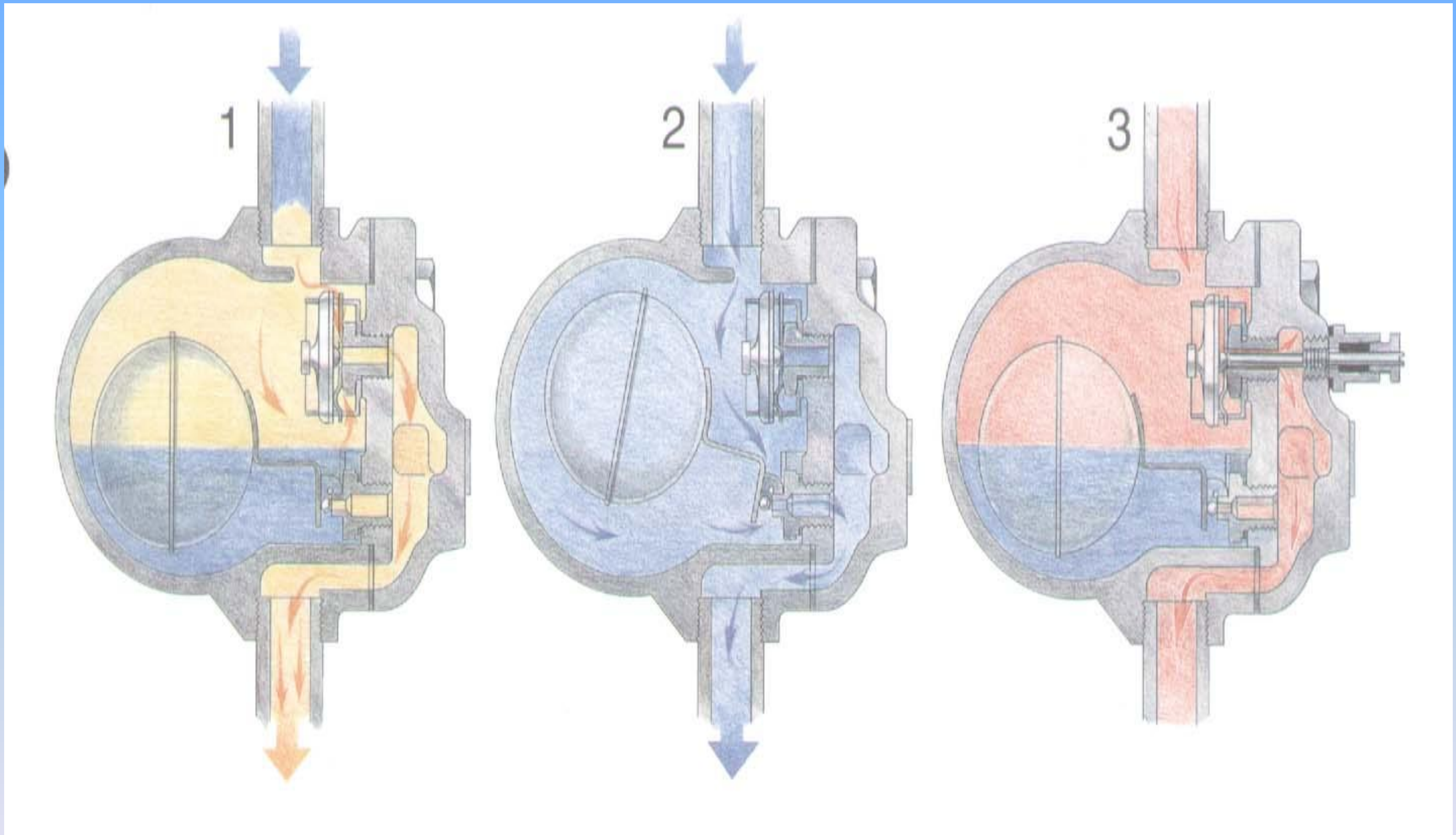
Thermodynamic Steam Traps



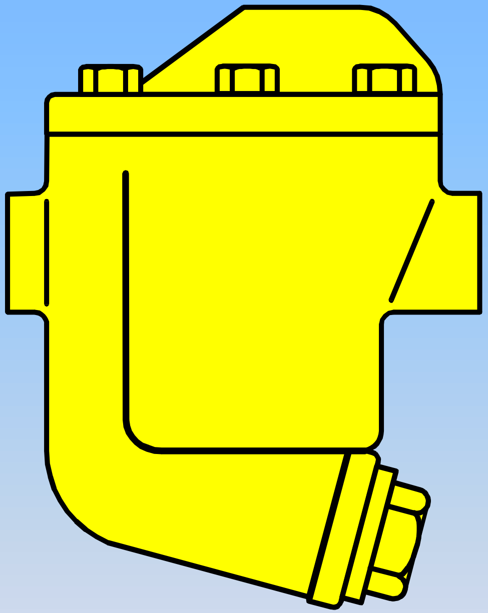
Ball Float Trap

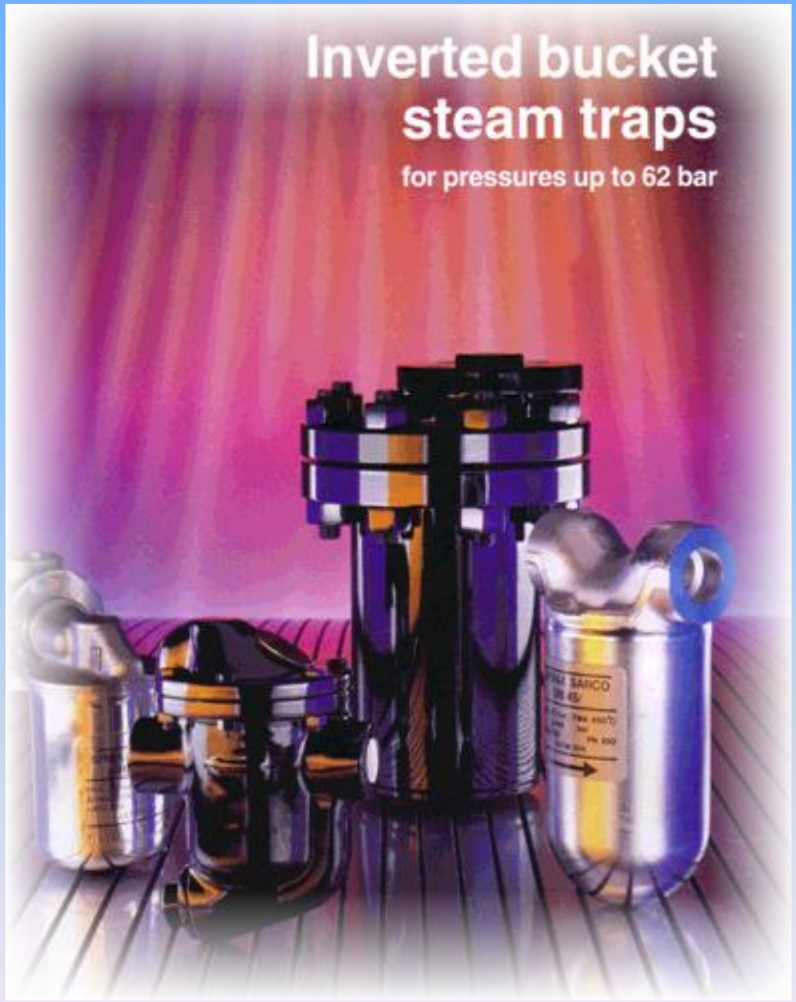


Ball Float Steam Traps

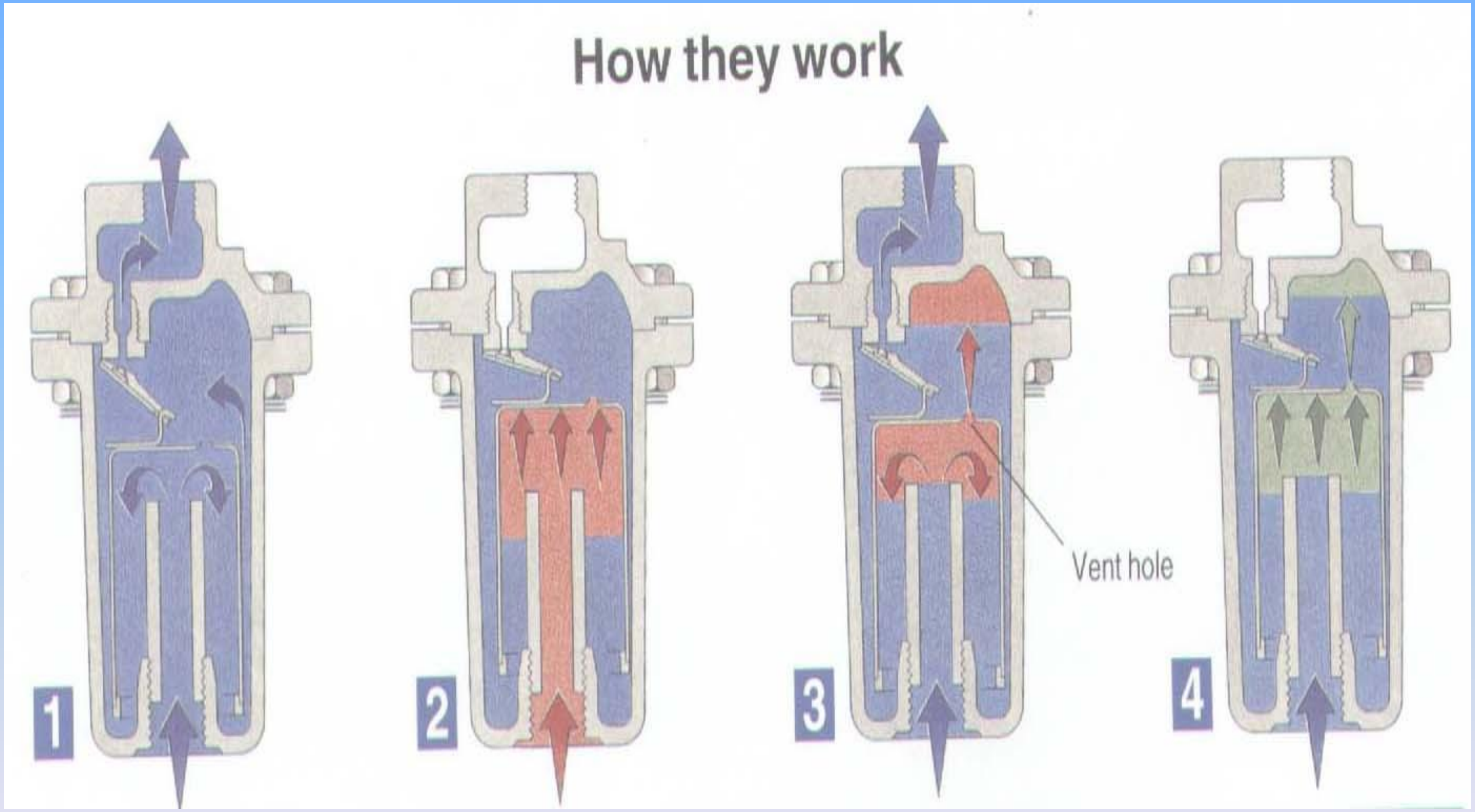


Inverted Bucket Trap

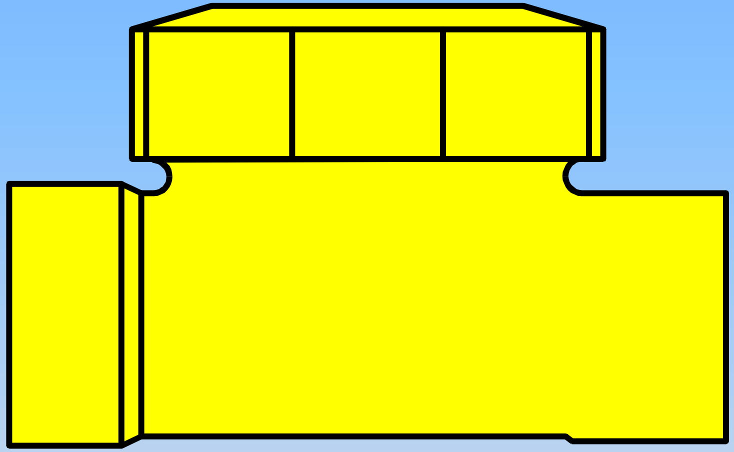




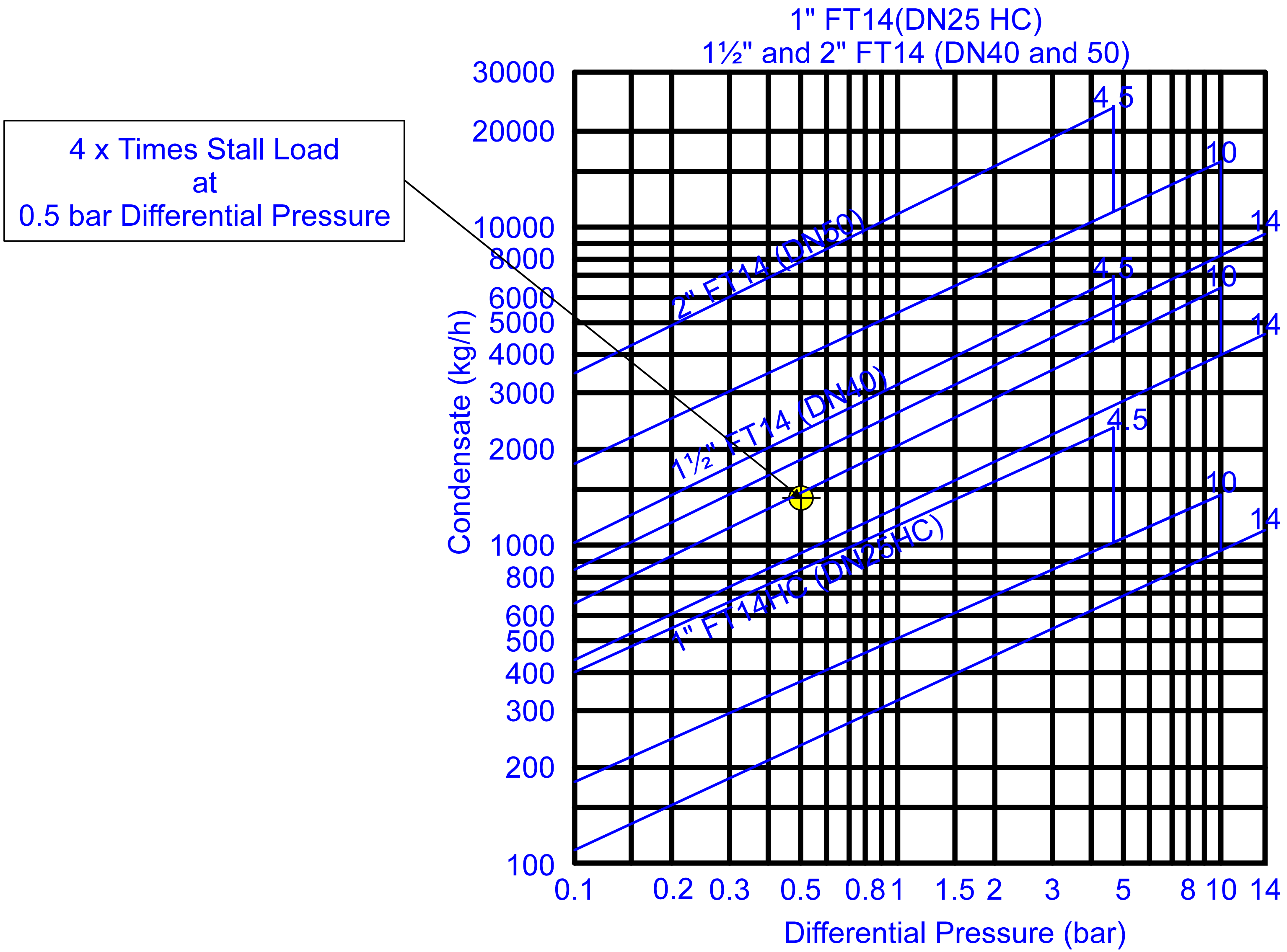
Inverted Bucket Steam Traps



Thermostatic Steam Trap



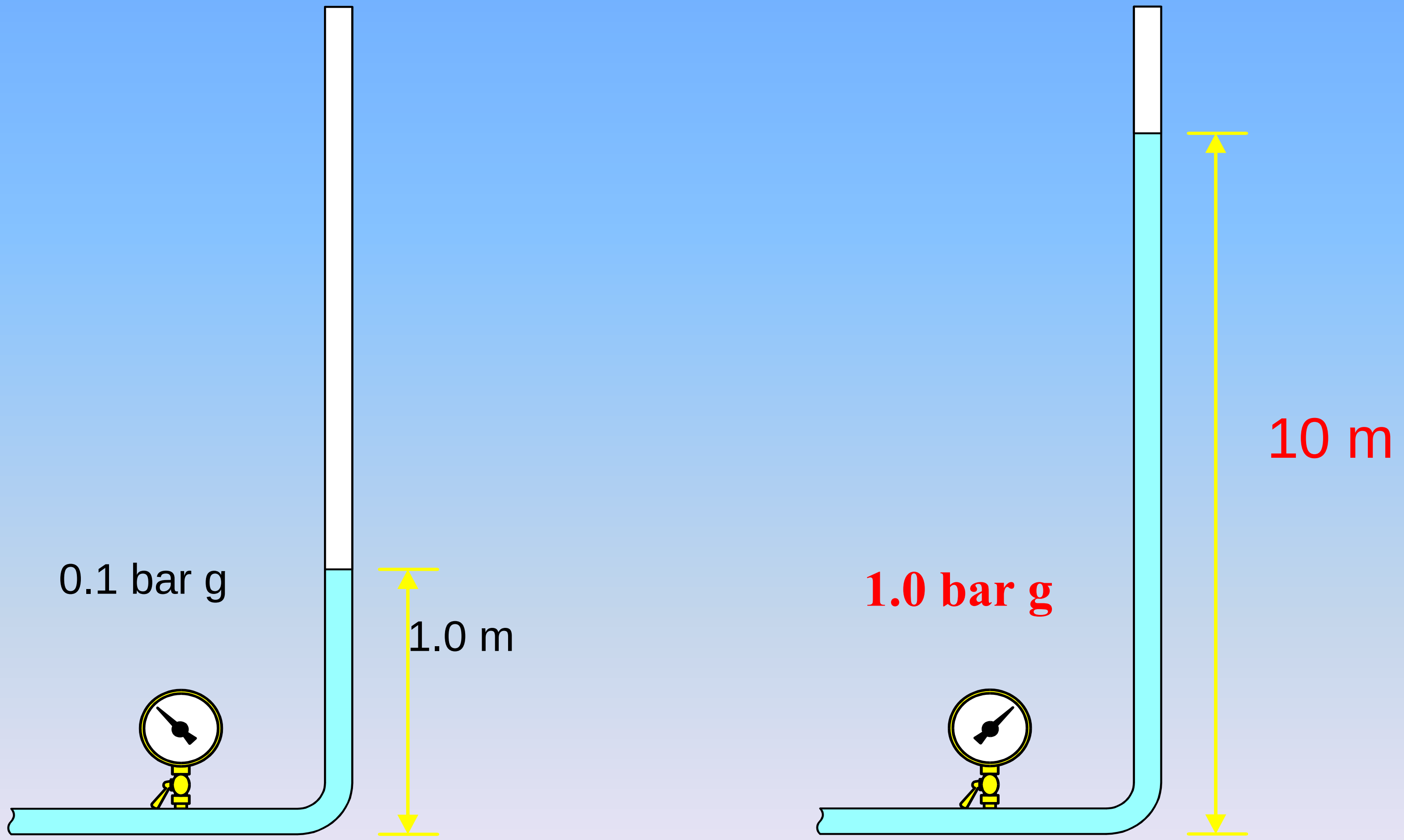
Steam Trap Sizing Chart



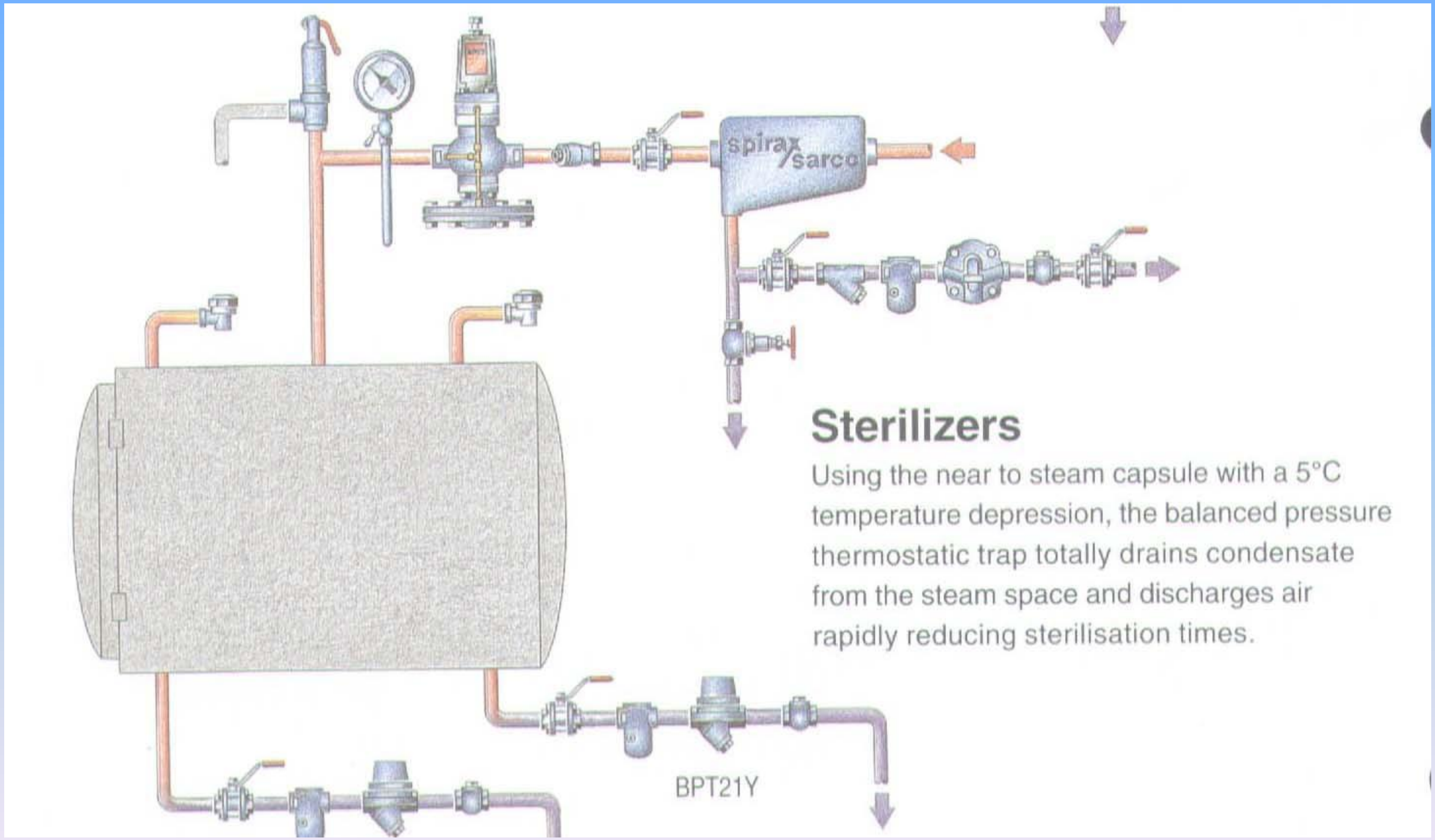
Conversion Rating

- 9.8 Kw = 1 BHP (Boiler Horse Power)
- 1 BHP = 34.5 lb/hr Steam From & At 100 C

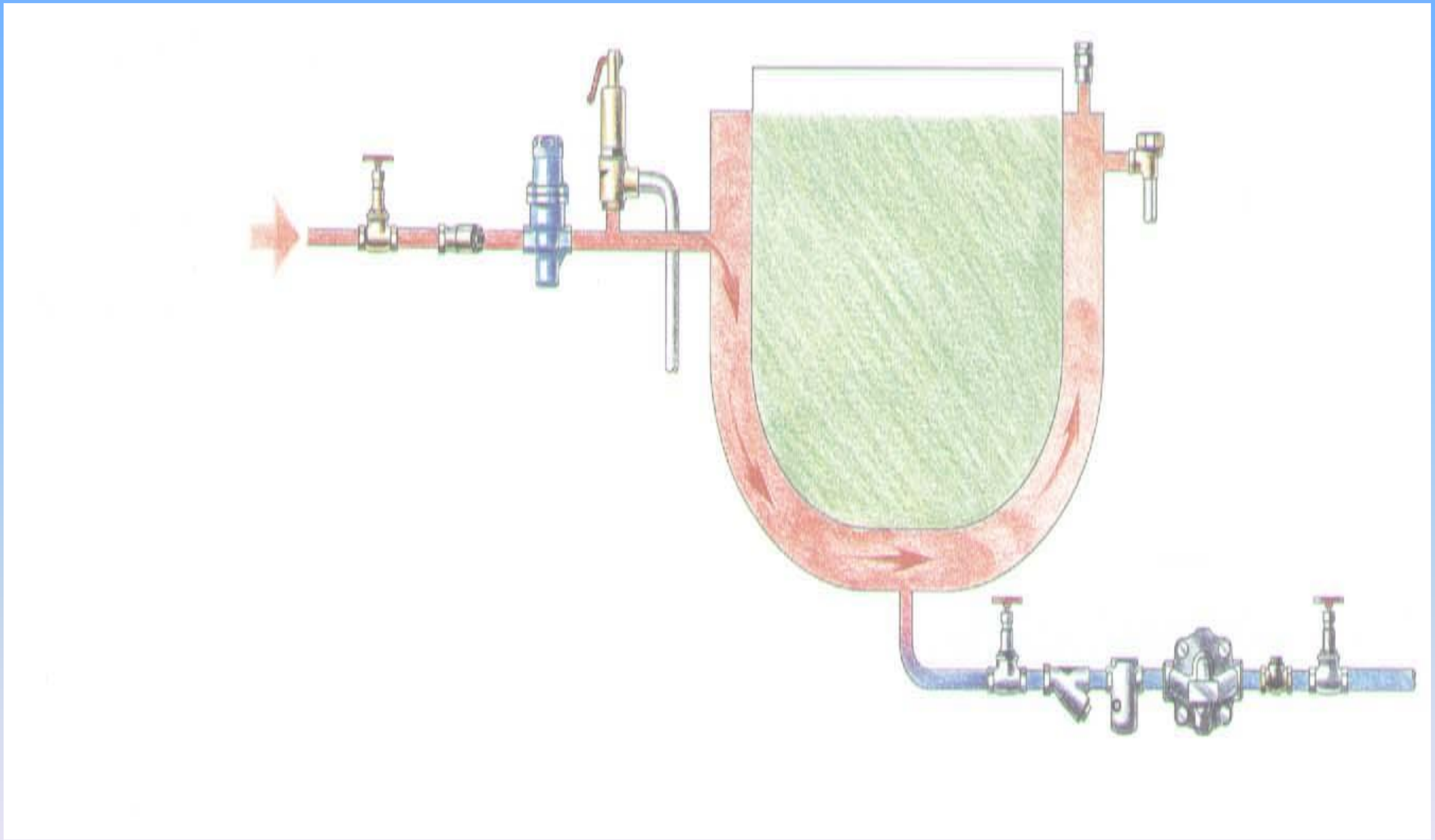
ผลแรงดันต่อการนำคอนเดนเสทกลับ



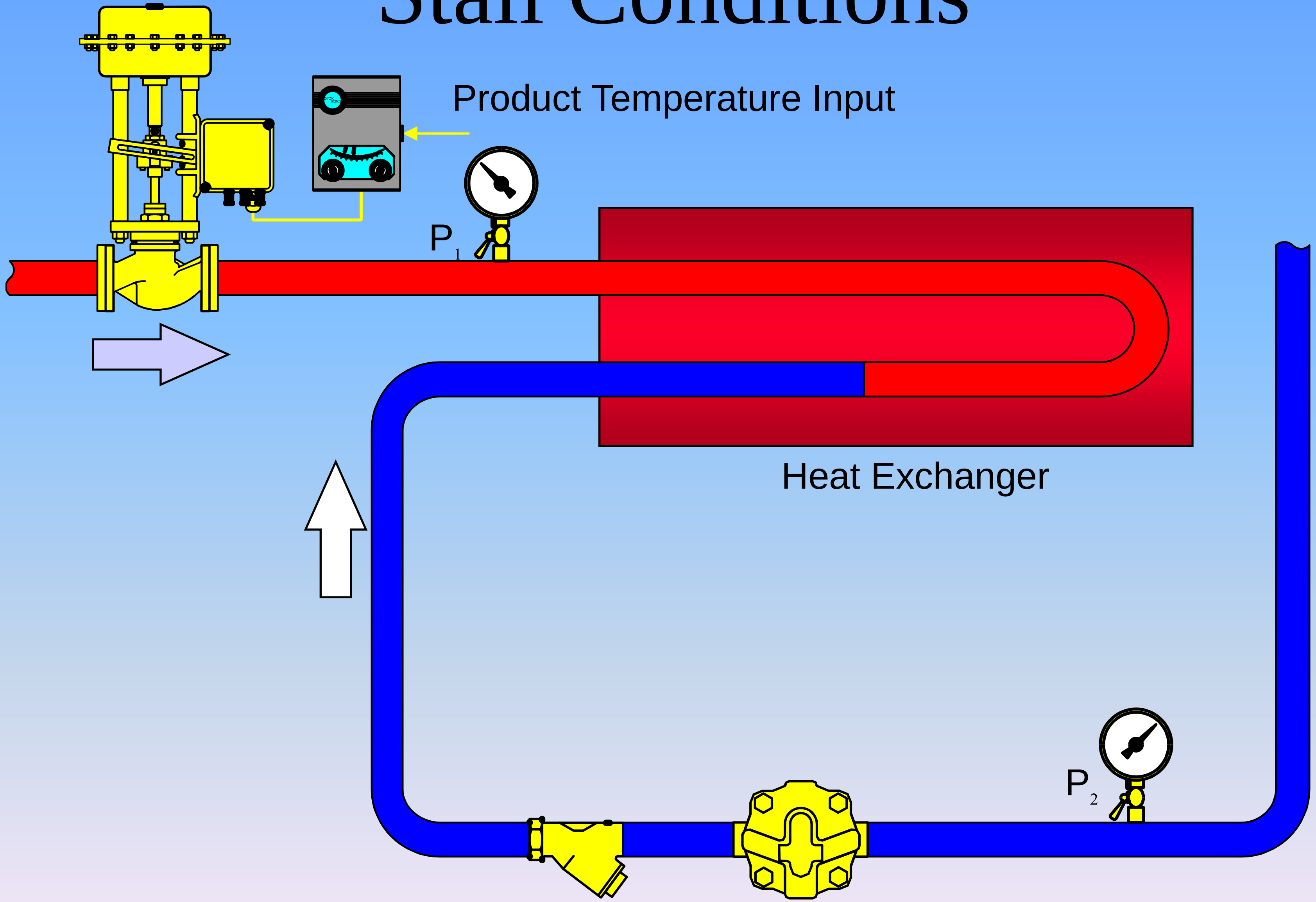
เครื่อง Sterilizers



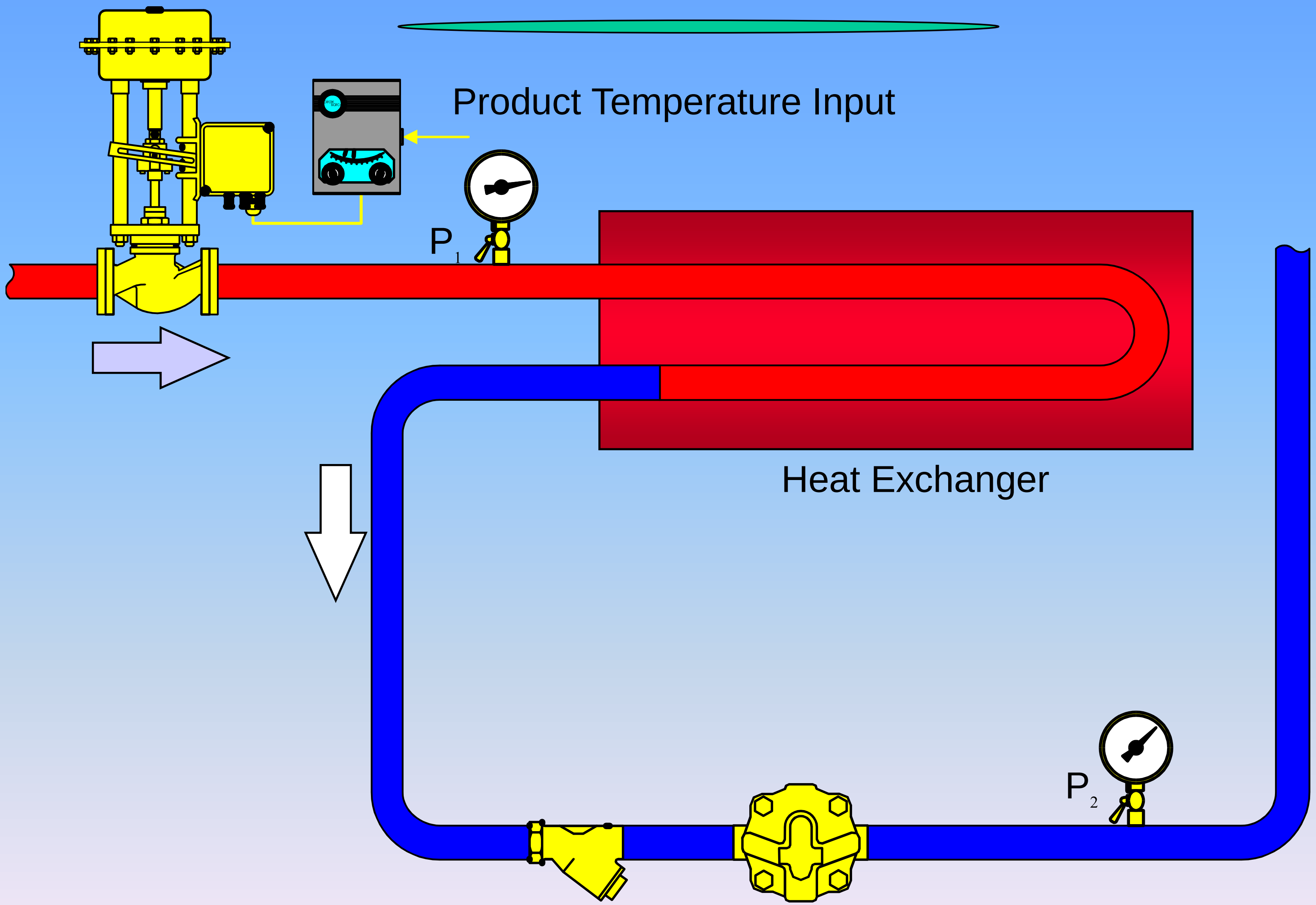
หม้อต้มแบบ Jacket Tank



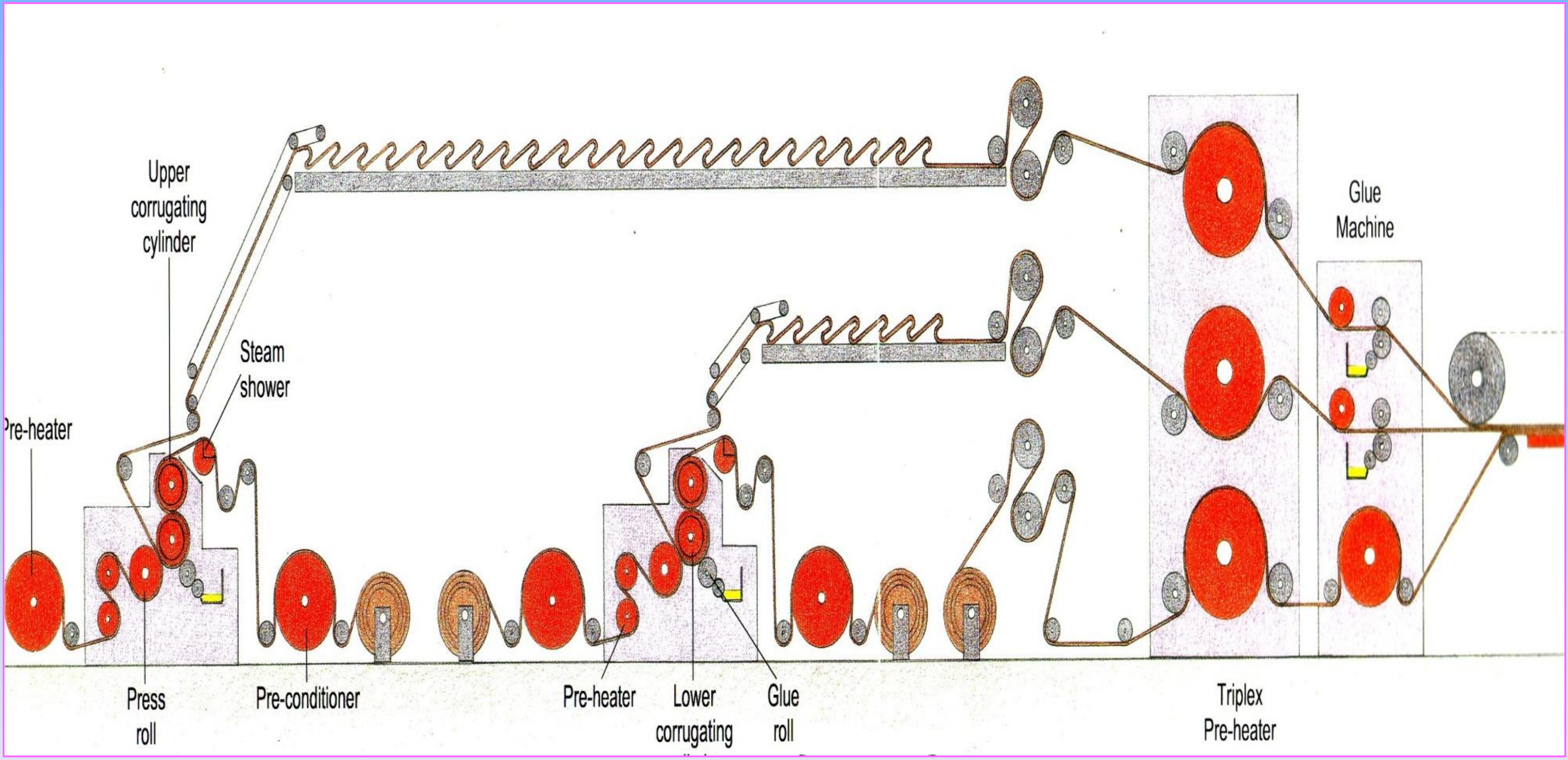
Stall Conditions



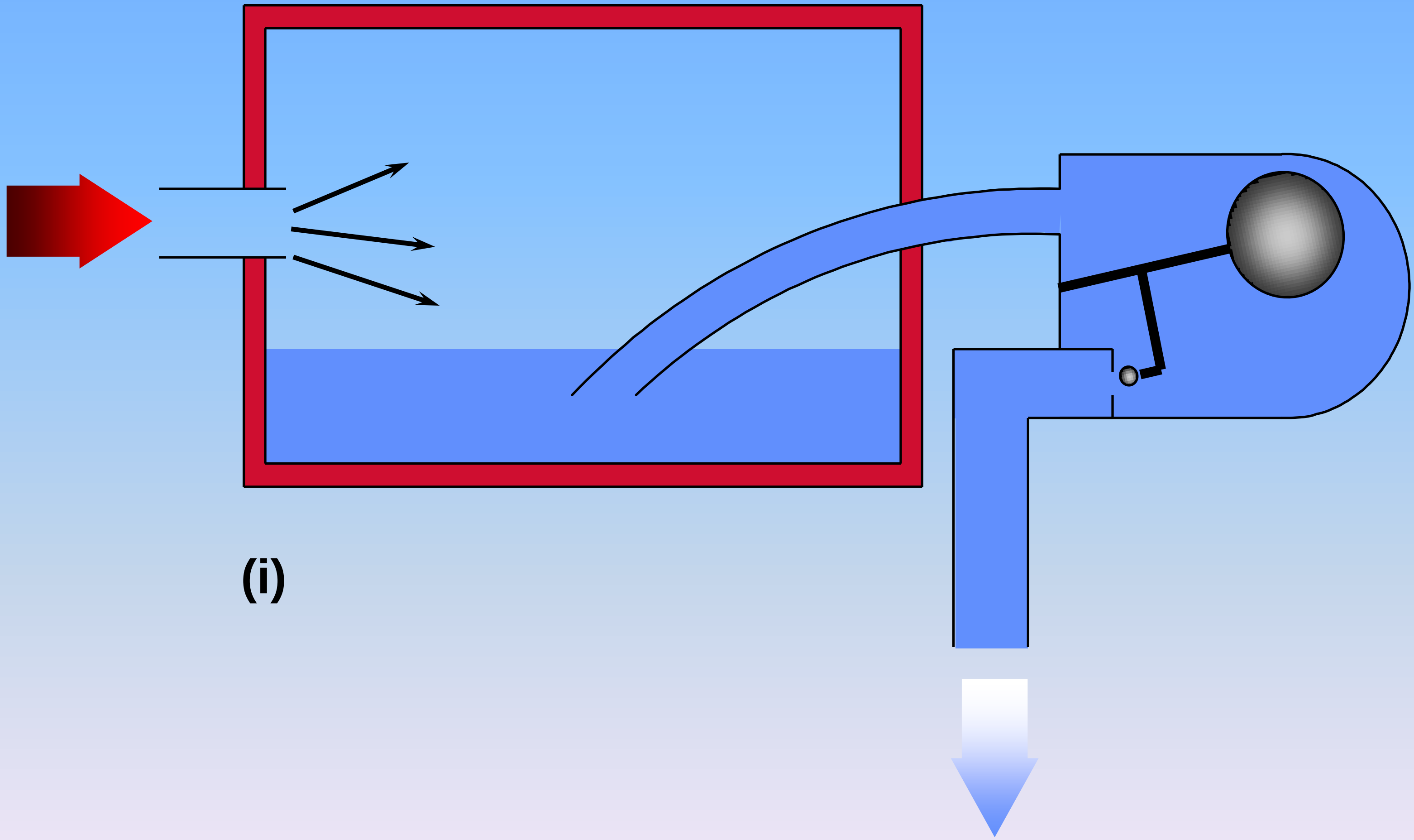
Stall Conditions



การใช้ไอน้ำสำหรับขบวนการผลิตกระดาษ

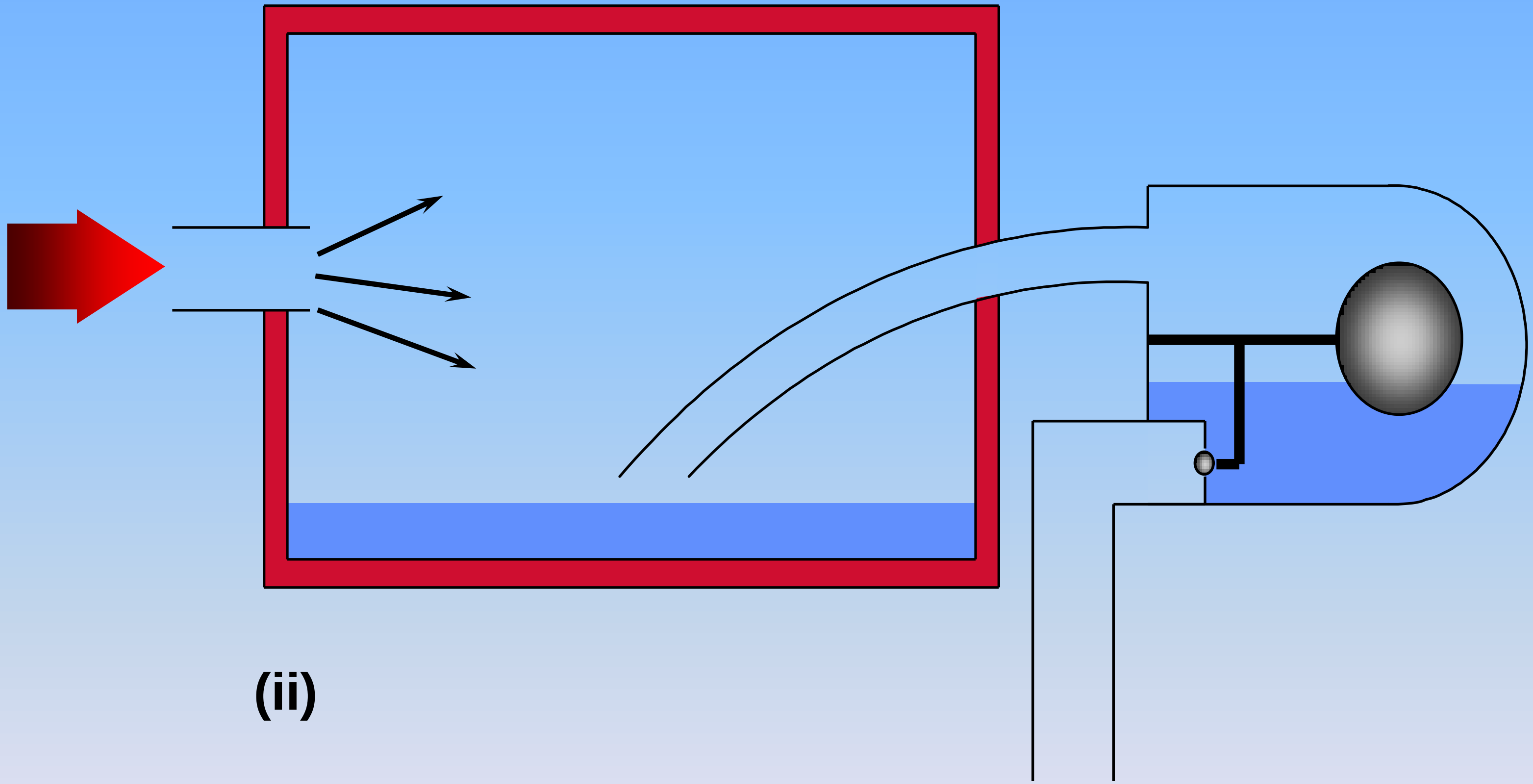


การระบายคอนเดนเสทจาก Drying Cylinder



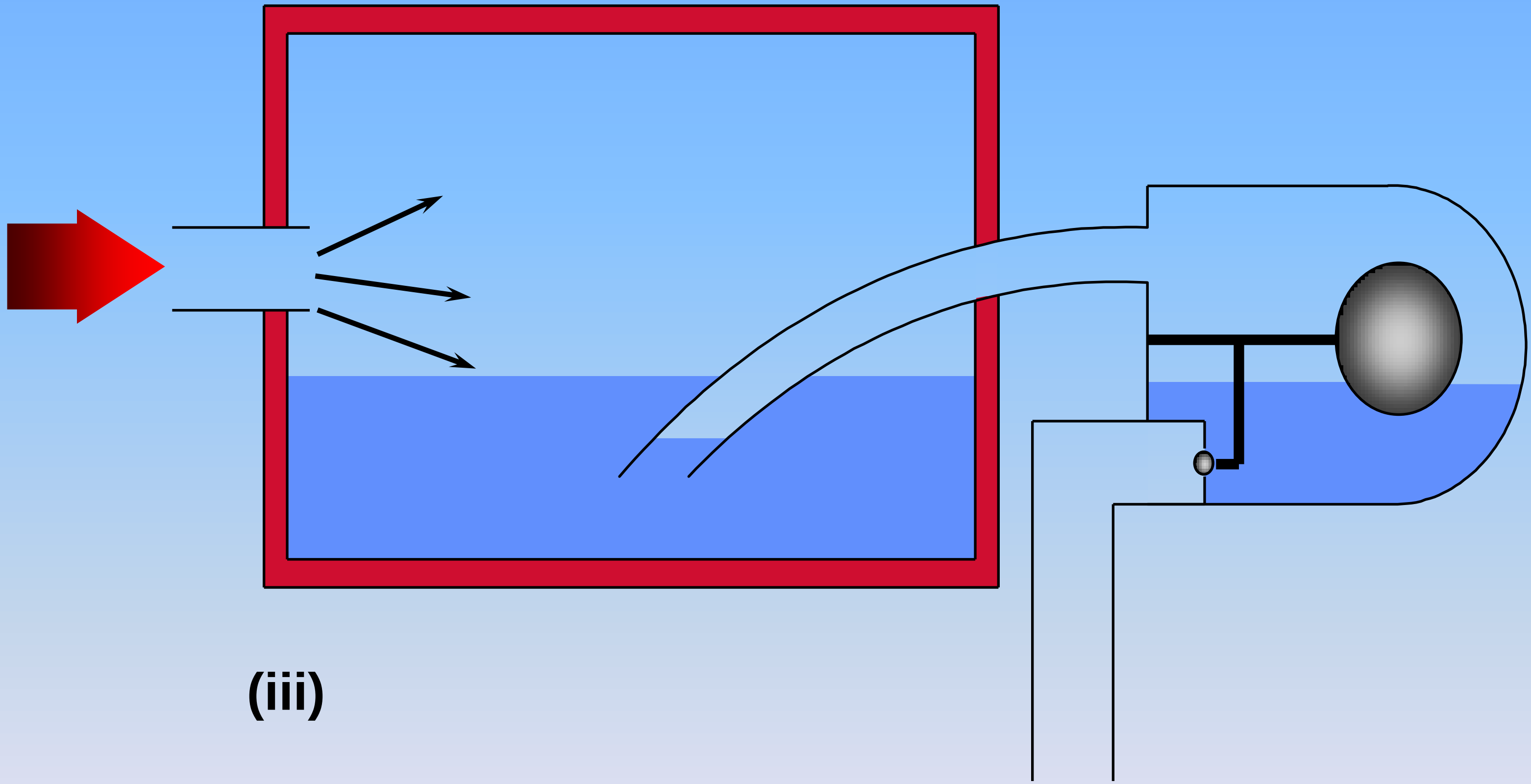
(i)

การระบายคอนเดนเสทจาก Drying Cylinder



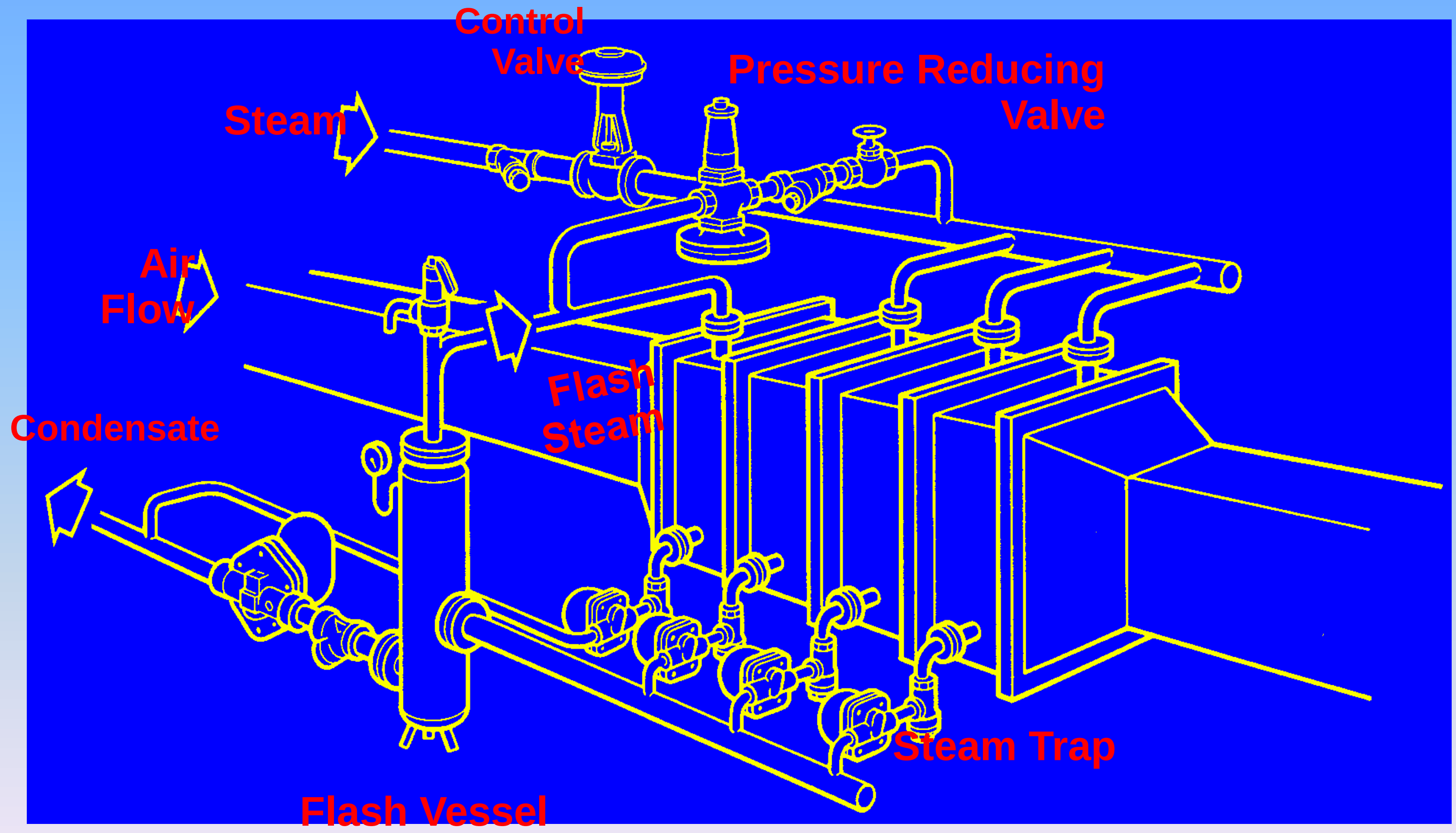
(ii)

การระบายคอนเดนเสทจาก Drying Cylinder

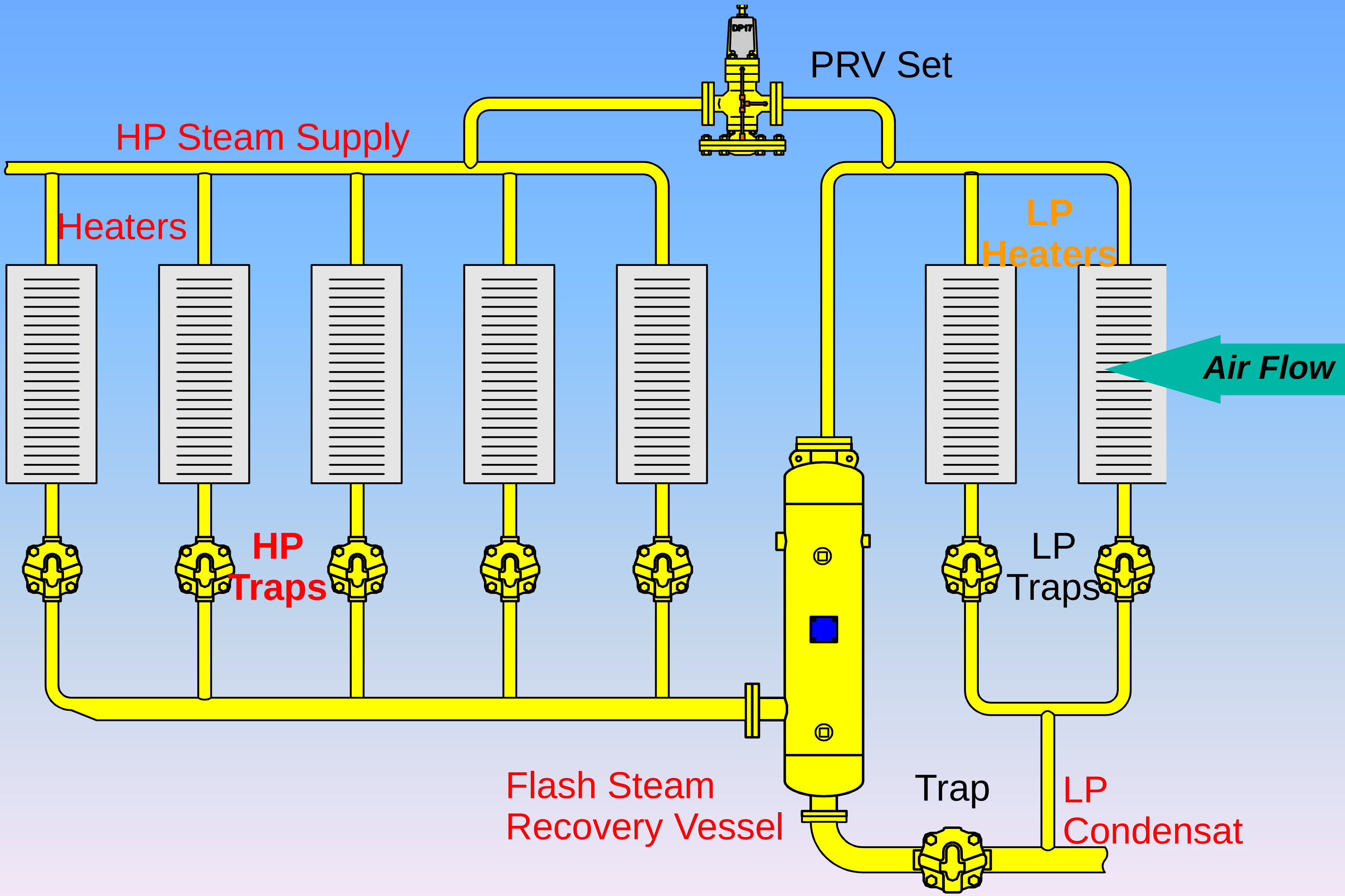


(iii)

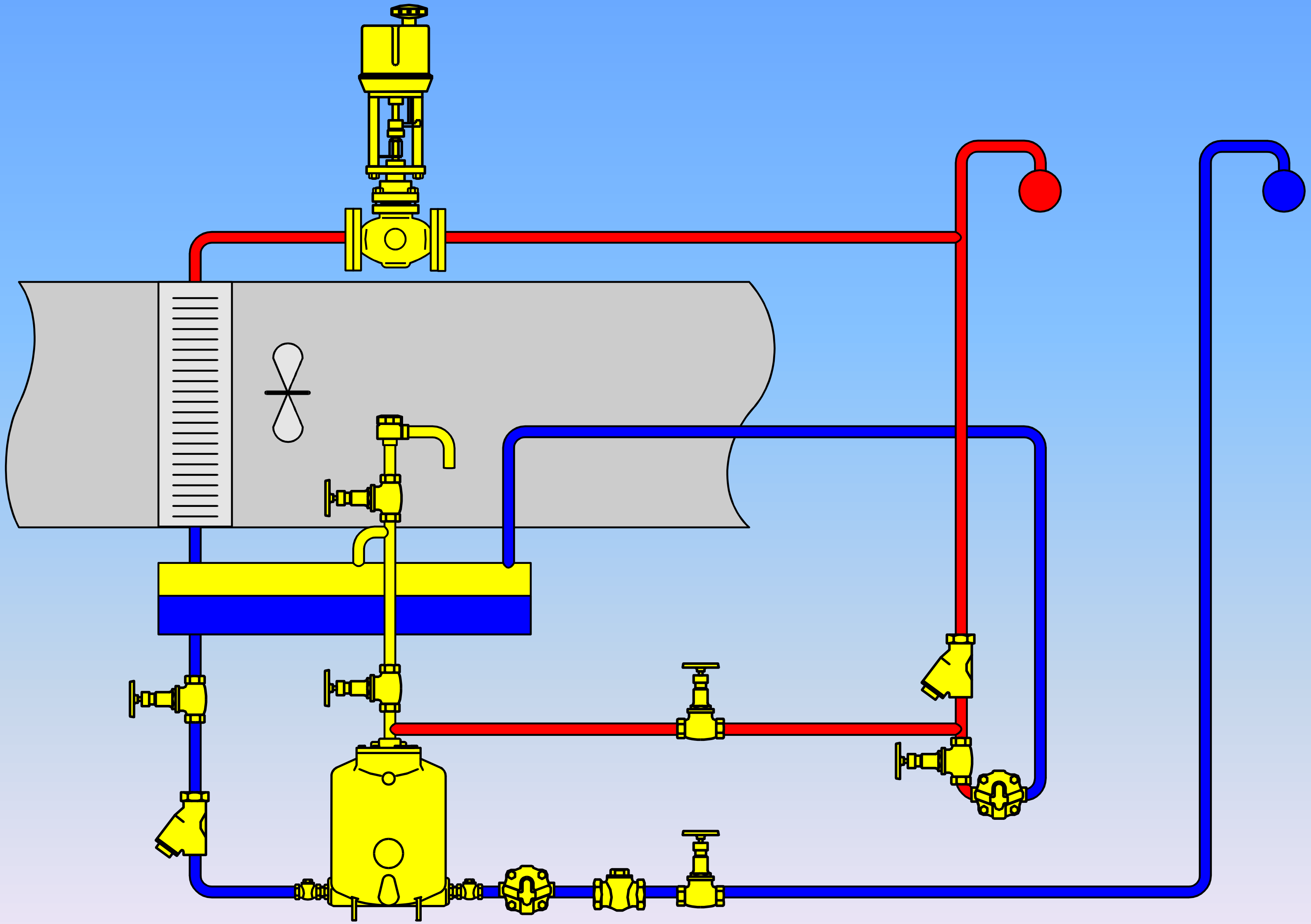
เครื่องทำลมร้อน



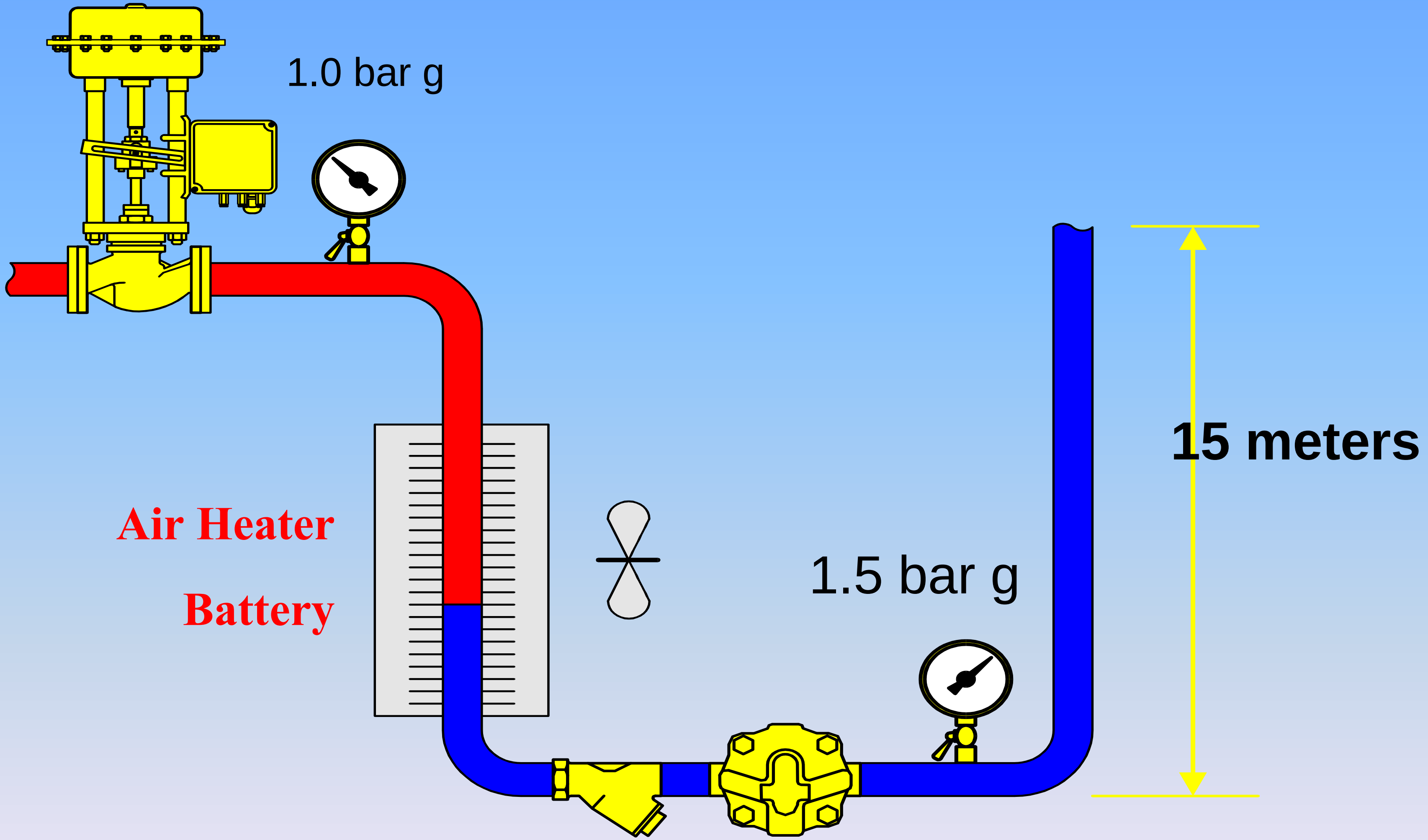
การนำความร้อนจากคอนเดนเสทในรูป Flash steam

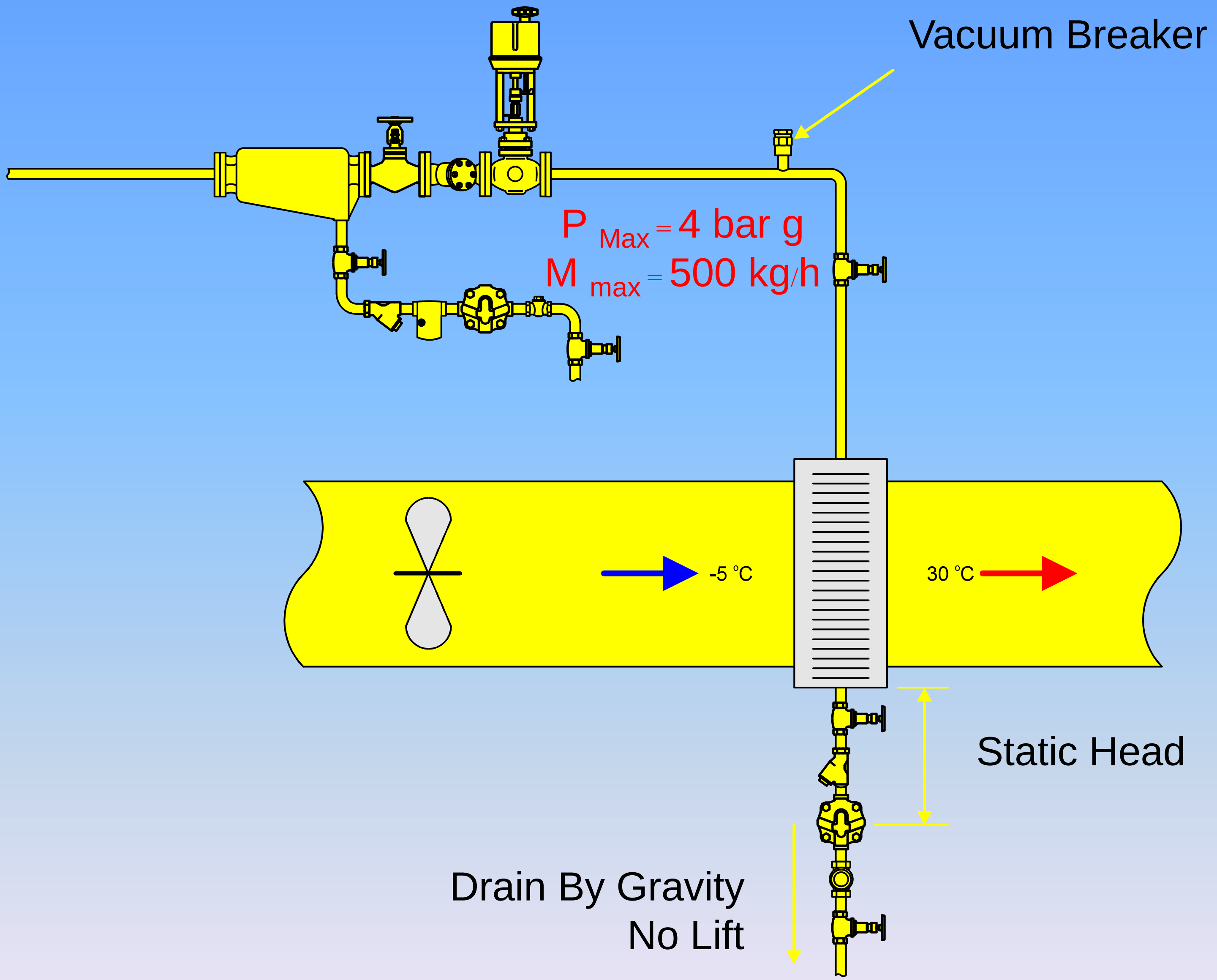


การระบายคอนเดนเสทจาก Air Heaters

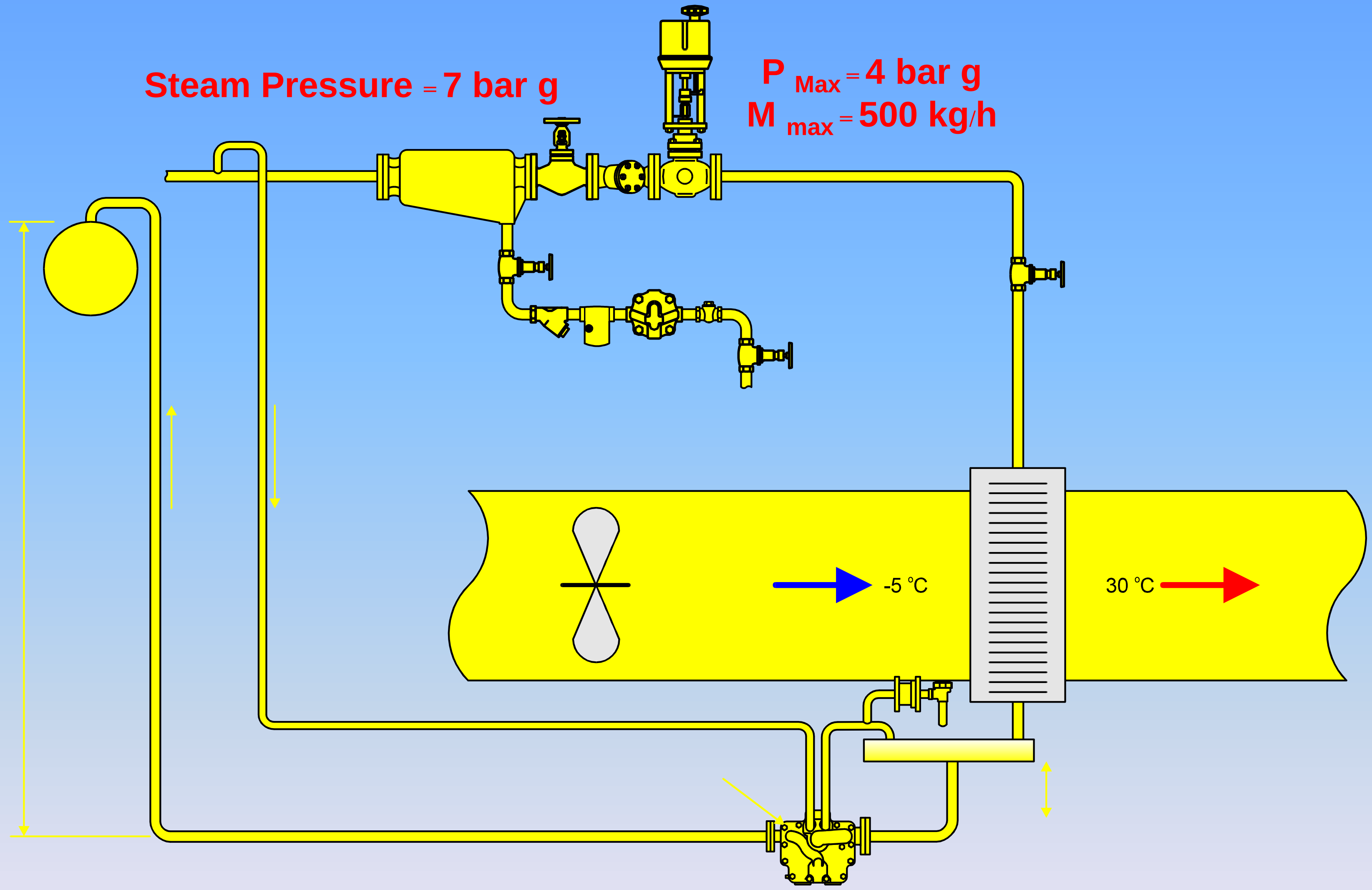


การเกิด Stall Condition

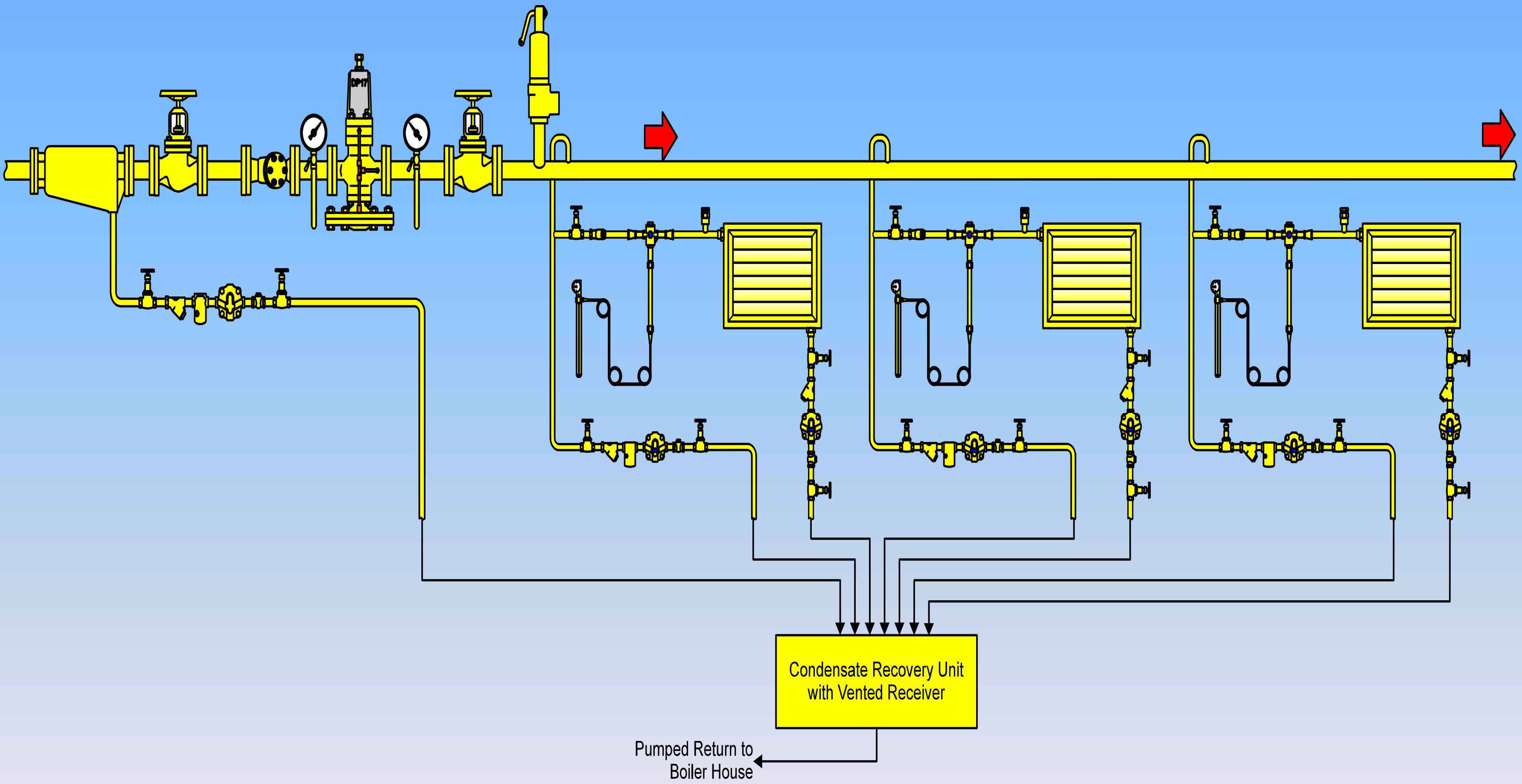




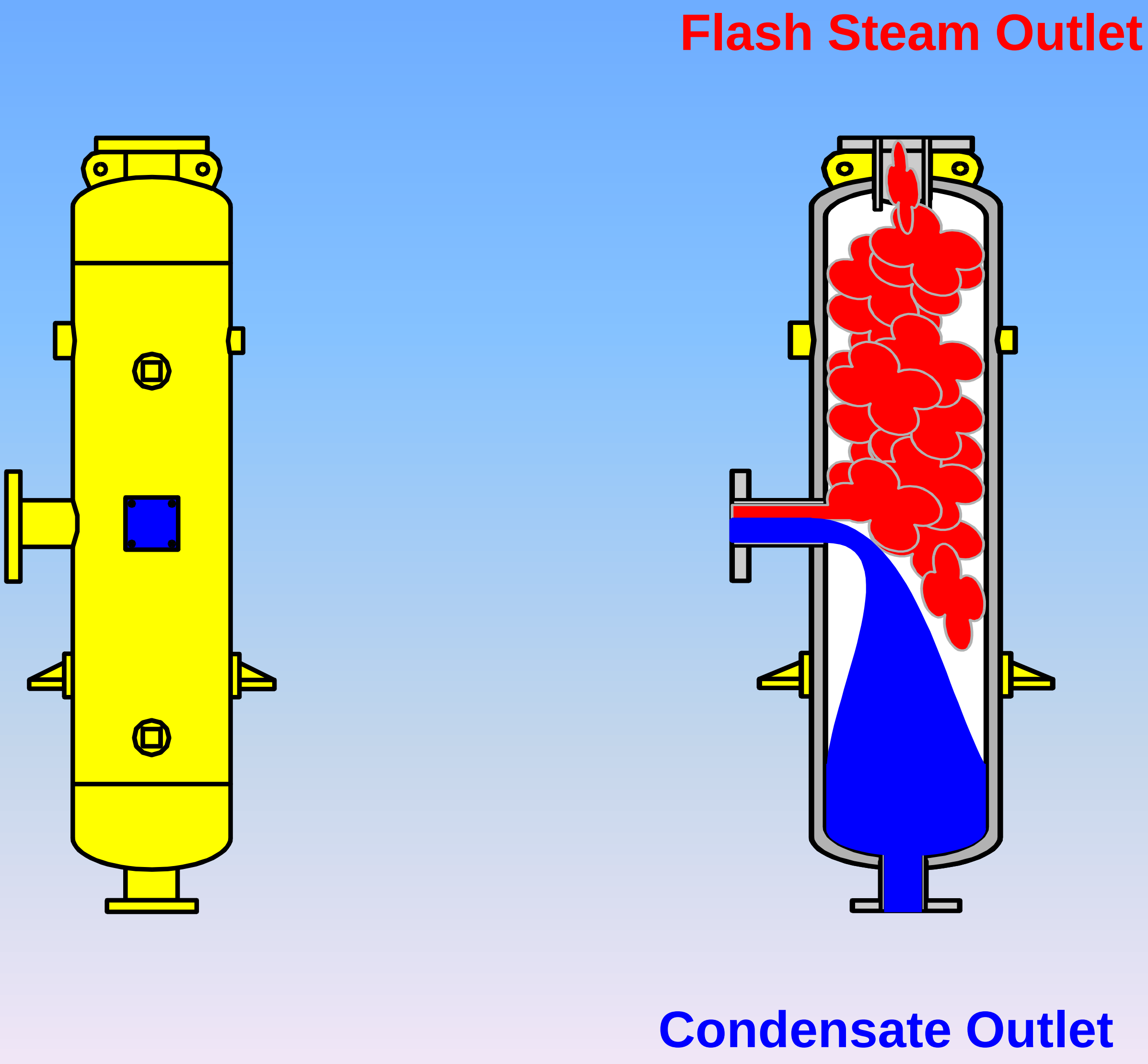
Vacuum Breaker
$P_{Max} = 4$ bar g
$M_{max} = 500$ kg/h
-5 °C
30 °C
Static Head
Drain By Gravity
No Lift



Automatic Pump Trap


DP17
Condensate Recovery Unit
with Vented Receiver
Pumped Return to
Boiler House

Flash Steam Tank



การออกแบบขนาดถัง Flash Tank

Size	Diam. mm	Height mm	Cond. Outlet mm	Height to Inlet mm	Inlet & Flash Steam Outlet mm	Max. Cond. Flow kg/h	Max. Steam Flow kg/h
150	150	1100*	40	282	65	900	225
200	200	1100*	40	290	100	2250	450
300	300	1150*	50	307	125	4500	900
380	380	1260*	50	330	150	9000	1400
	460	1200	50	400	175†	12700	2050
	500	1400	65	450	200†	15900	2400
	600	1400	65	450	225†	20400	3500
	760	1400	80	450	300†	34000	5600
	920	1500	80	500	350†	50000	8200

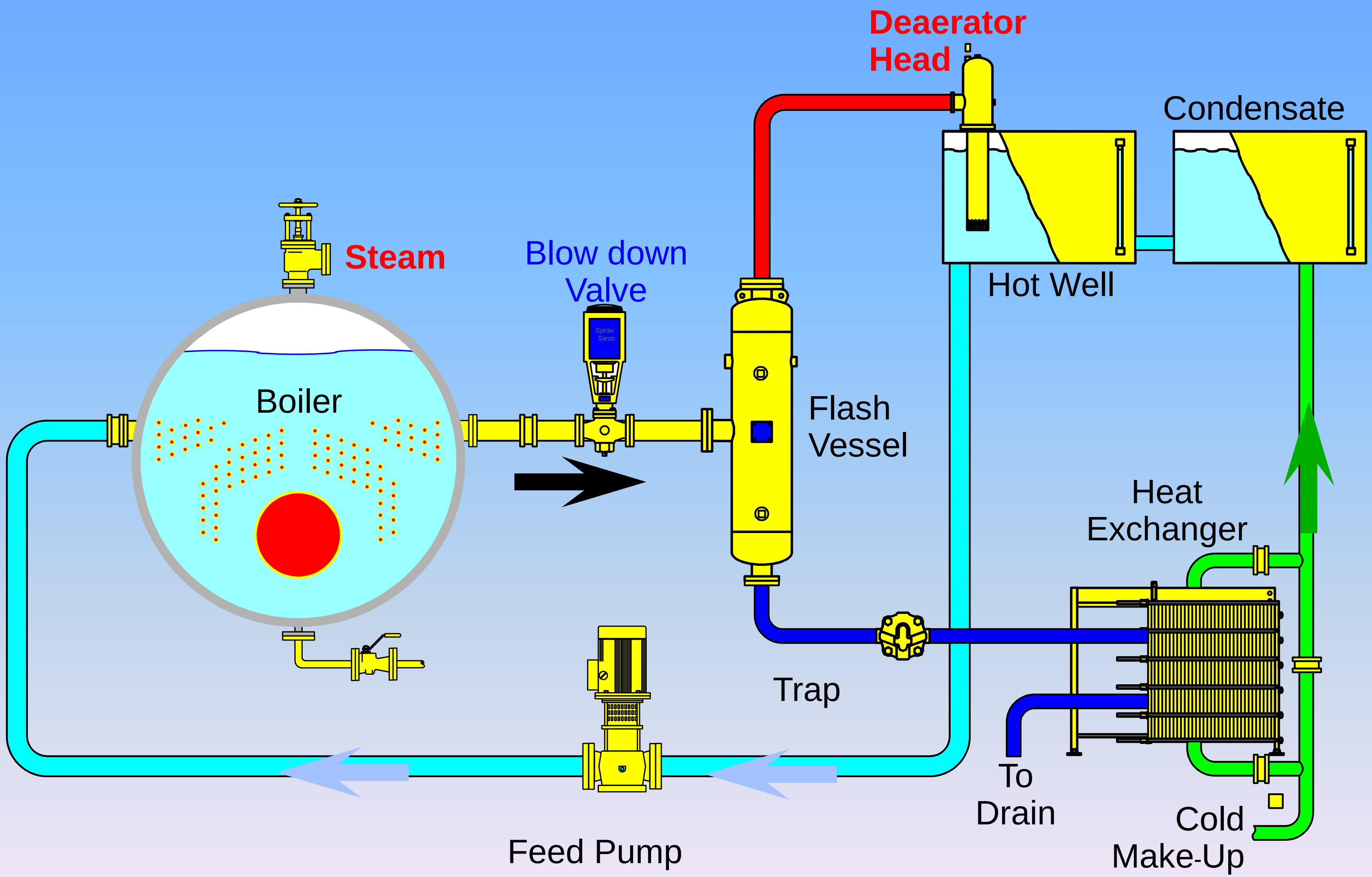
ปริมาณการเกิด Flash Steam

- Enthalpy of saturated water at 7 bar = 721.4 kJ/kg
- Enthalpy of saturated water at 0 bar = 419.0 kJ/kg
- Surplus = 302.4 kJ/kg
- Enthalpy of evaporation at 0 bar = 2257 kJ/kg

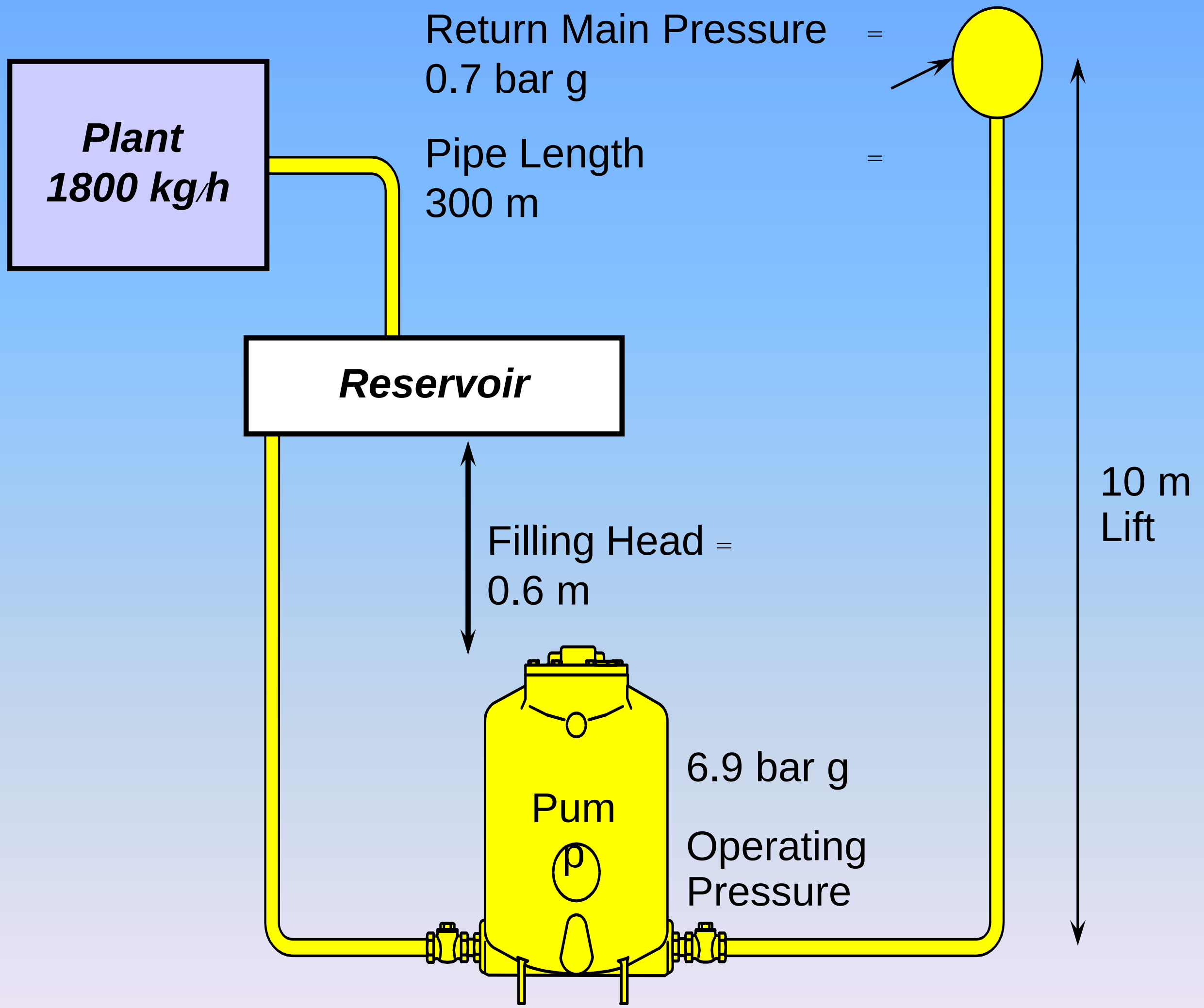
- Proportion of flash steam $= \frac{302.4}{2257}$

= 0.134 kg/kg of Condensate

Heat Recovery from Continuous Blow down

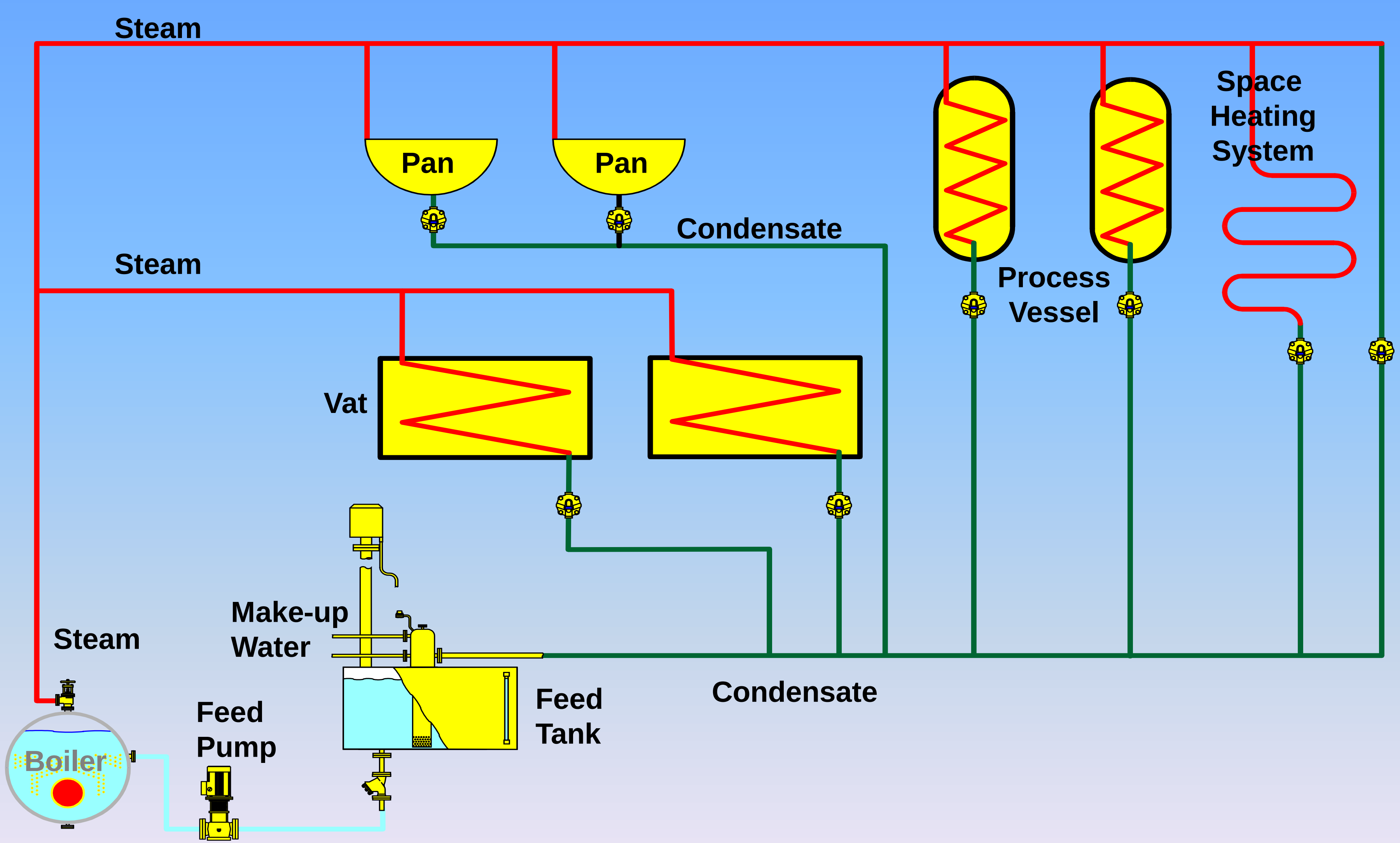


การทำงานของ Pumping Trap

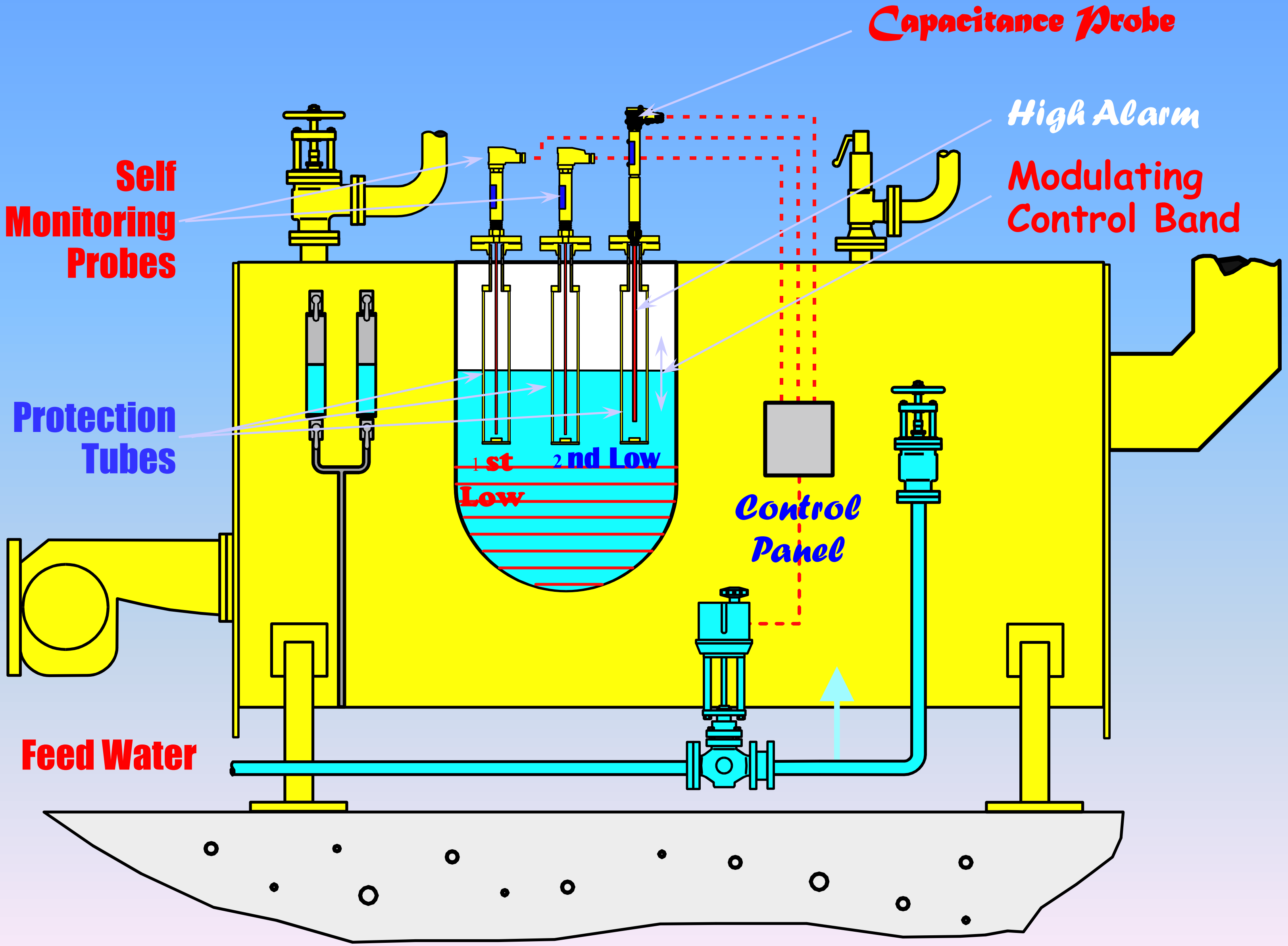


การบำรุงรักษาประสิทธิภาพการผลิตและการใช้ไอน้ำทั้งระบบ

วงจรระบบไอน้ำ



Boiler Control instruments

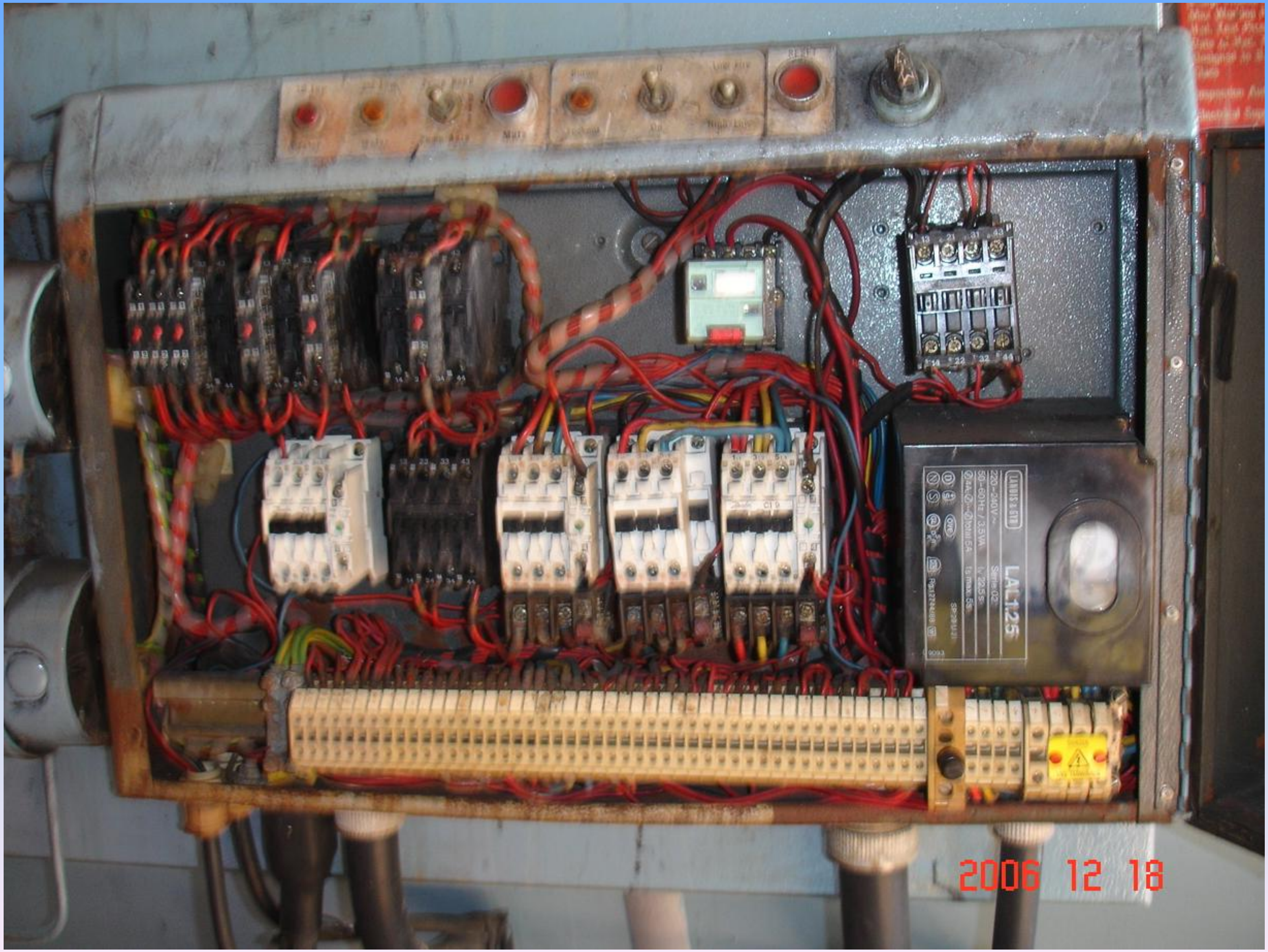


การทดสอบความปลอดภัยหม้อไอน้ำแบบ
Hydro test

Tube Cleaning

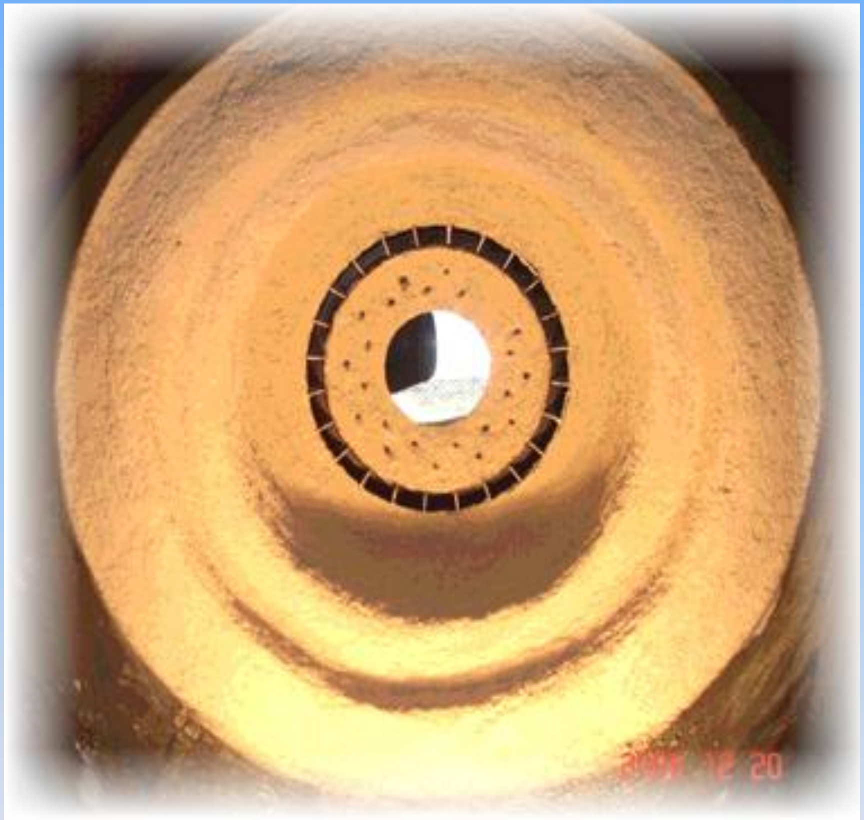
Burner service

Control Service



การซ่อมปูนคอเตาภายในหม้อไอน้ำ

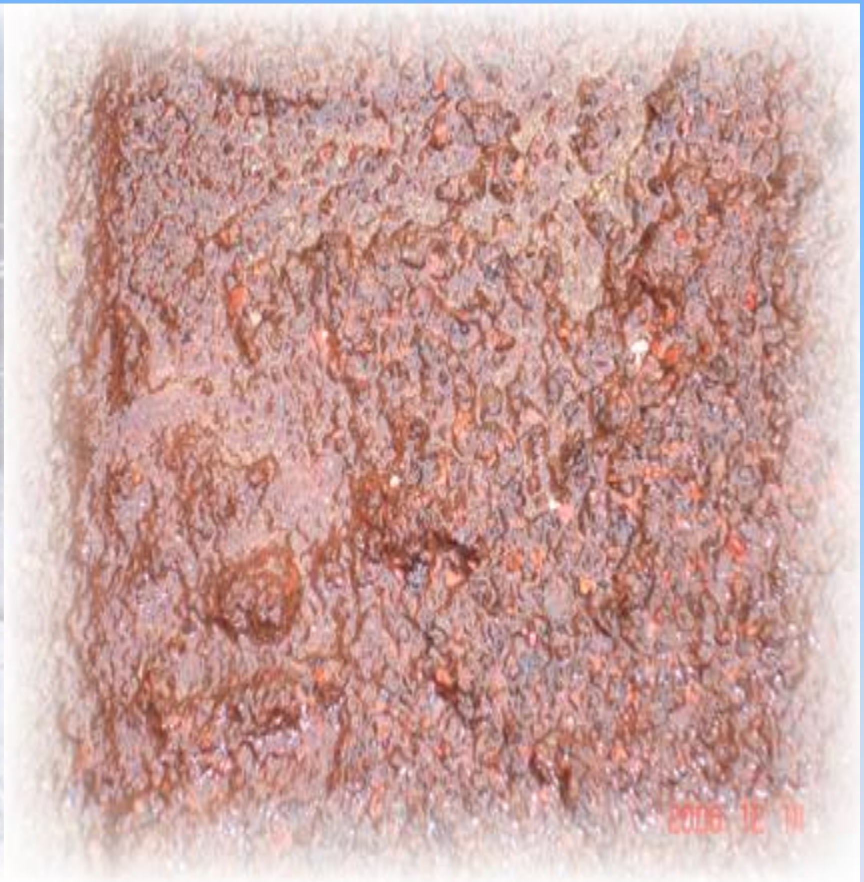
ก่อนการซ่อม



หลังการซ่อม

งานซ่อมคอเตาหม้อไอน้ำ

สภาพตะกรันสนิมของหม้อไอน้ำ



การแยงเขม่าด้วยเครื่องแยงประสิทธิภาพสูง

โคลนสนิมจากข้อต่อ Sight glass

ตะกรันภายในหม้อไอน้ำหลังการล้างด้วยเคมี

สภาพสนิมภายในหม้อไอน้ำ

High pressure jet