

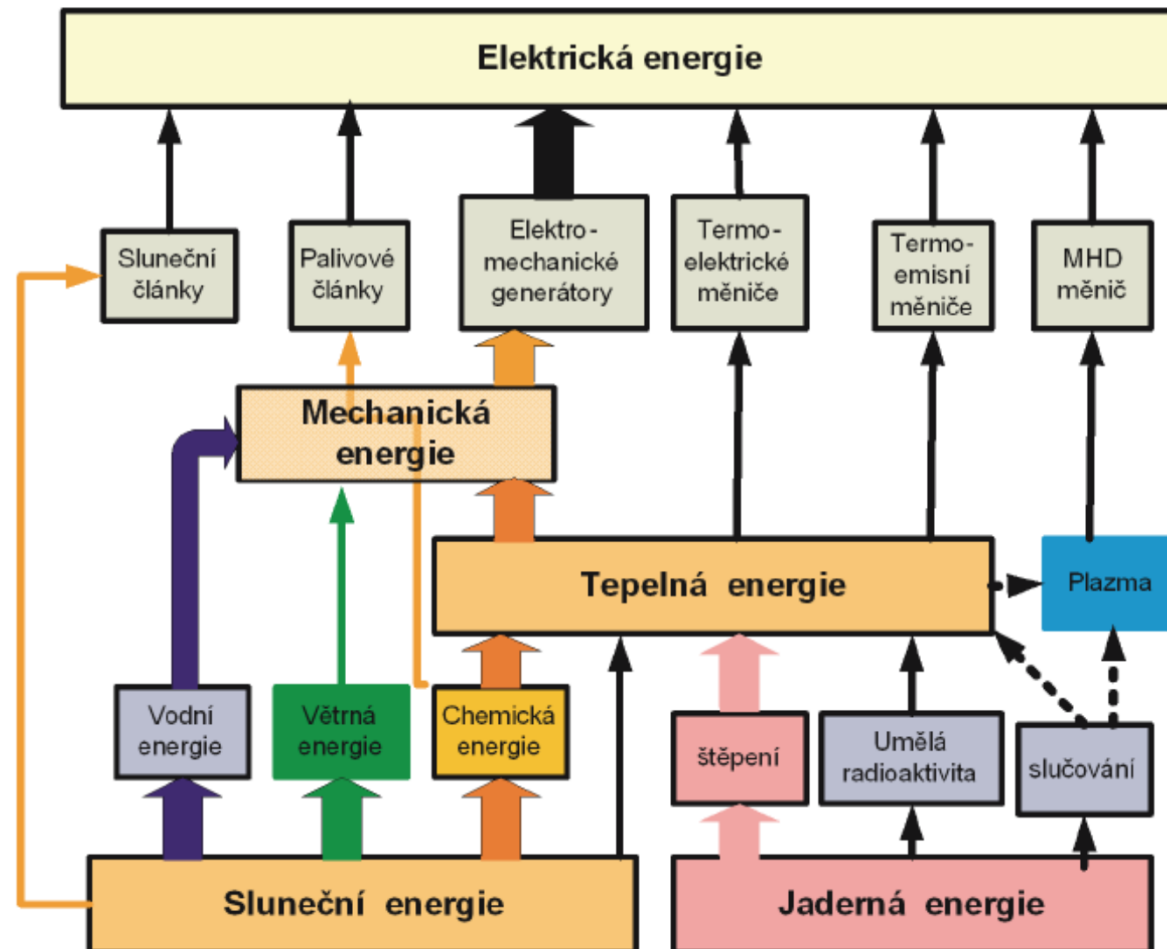


Elektrárny



Výroba elektrické energie

- **Výroba = přeměna energie primárních zdrojů na energii elektrickou**
 - **Slunce – voda, vítr, fotovoltaika, chemická en. (uhlí, plyn), jádro**
 - **Země - geotermální**
 - **interakce Země – Měsíc - přílivové**





Energetické zdroje

- **Neobnovitelné**
 - dostupné v omezeném množství
 - fosilní paliva
 - jaderná paliva
- **Obnovitelné**
 - schopnost částečné nebo úplné obnovy samostatně nebo za přispění člověka
 - voda
 - vítr
 - sluneční záření
 - biomasa
 - bioplyn
 - geotermální energie
 - příboj (mořské vlny)
 - slapové jevy (příliv – odliv)
 - téměř vždy zdroje tuzemské → nezávislost



Základy termodynamiky

- **Entalpie i ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$)**
 - „tepelný obsah“, součet vnitřní a mechanické energie látky
 $di = du + d(pv) = du + p\cdot dv + v\cdot dp = dq + v\cdot dp$
- **Entropie s ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)**
 - kvantitativně vyjadřuje nevratnost tepelných pochodů v soustavě látek – míru neuspořádanosti systému
 - $dq = T\cdot ds$
 - $ds > 0$ – nevratný proces (ireverzibilní)
 - $ds = 0$ – vratný proces (reverzibilní)
 - $ds < 0$ – samovolně nikdy
 - celková entropie uzavřeného systému se nemůže nikdy změnit
- **Vratný děj**
 - může probíhat v obou směrech, kdy při obráceném ději soustava projde všemi stavy jako při ději přímém



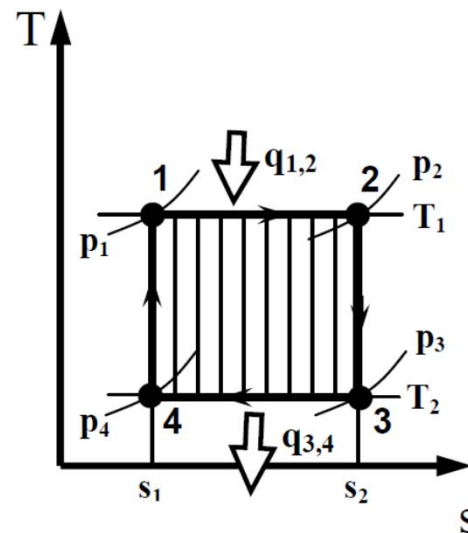
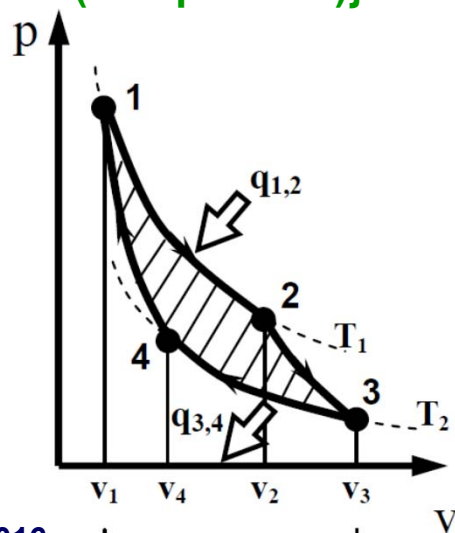
Základy termodynamiky

- **Tepelný oběh**
 - sled změn, po nichž se soustava dostane do původního stavu (uzavřená křivka)
 - Isoterma ($T = \text{konst.}$)
 - Isochora ($v = \text{konst.}$)
 - Isoentropa ($s = \text{konst.}$)
 - Isobara ($p = \text{konst.}$)
 - $dp = 0 \rightarrow di = dq$
 - **Adiabatická změna**
 - = isoentropa v jednosložkovém systému
 - mezi danou soustavou a prostředím se nevyměňuje teplo
 - $dq = 0 \rightarrow di = v \cdot dp$
- **Účinnost oběhů**
 - vykonaná práce / dodané teplo
 - $\eta = \frac{w}{q_p}$
 - $q_p = w + q_o$



Carnotův oběh

- Vratný děj, nejvyšší účinnost v daném rozsahu teplot
- Jen pro ideální plyny (přibližně realizovatelný v oblasti mokré páry)
- 4 vratné změny pracovní látky:
 - izotermická expanze (při teplotě ohřívacího tělesa T_1) [1→2] {ohřev v kotli}. Do systému se přivádí teplo q_p .
 - adiabatická expanze (při poklesu teploty z T_1 na T_2) [2→3] {turbína}. Systém koná práci.
 - izotermická komprese (při teplotě T_2 ochlazovacího tělesa) [3→4] {kondenzátor}. Odvod tepla q_o ze systému.
 - adiabatická komprese (mezi teplotami T_1 a T_2) [4→1] {stlačení v čerpadle (kompresoru)}



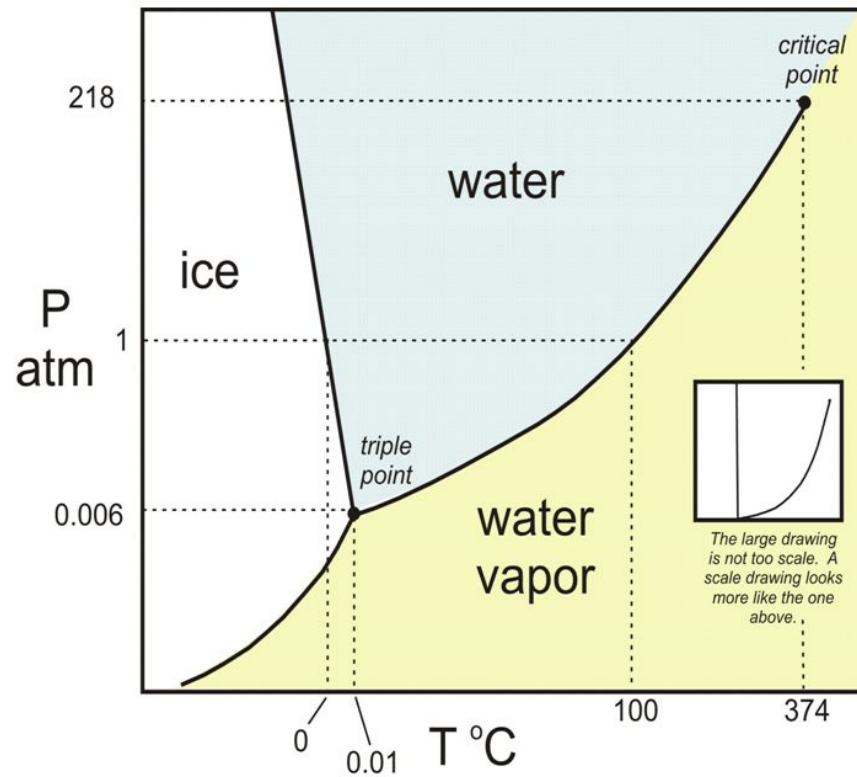
- Účinnost

$$\eta = \frac{q_p - q_o}{q_p} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

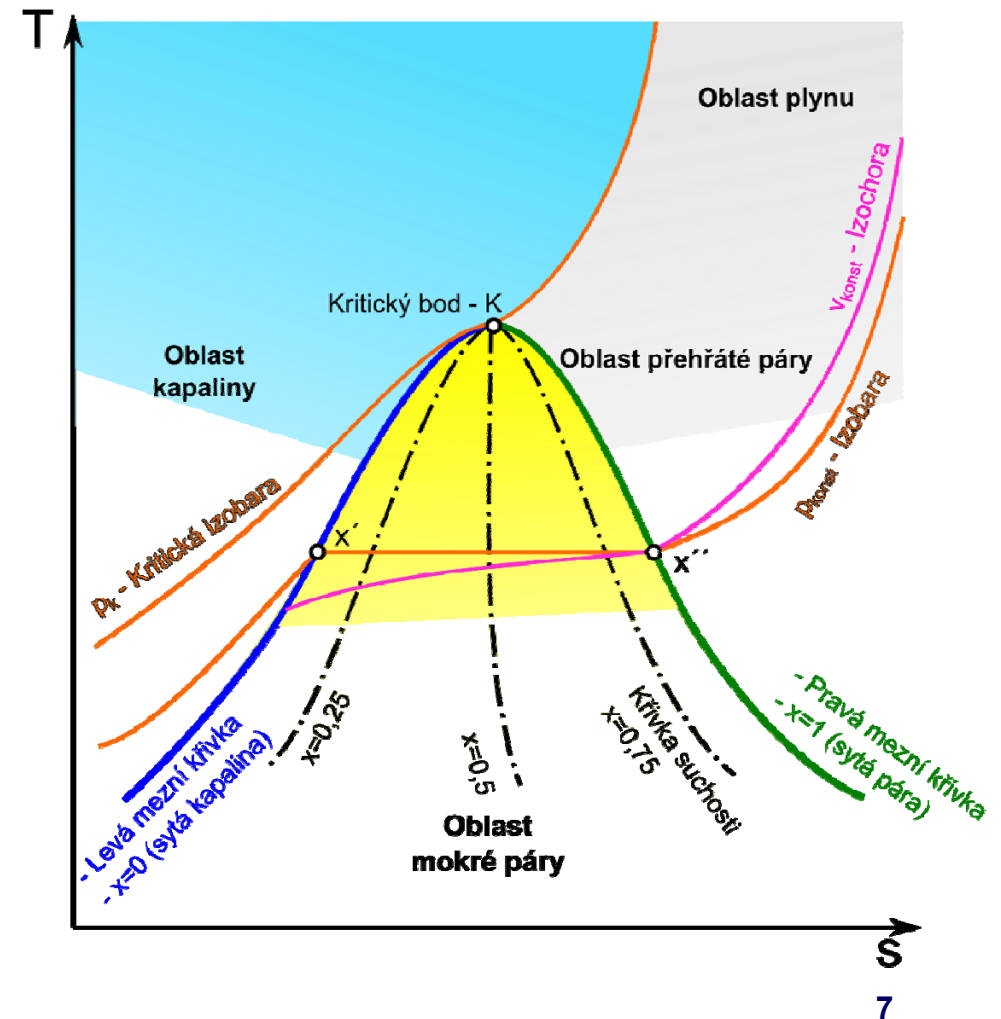


Voda jako pracovní médium

- Fázový diagram
 - trojný bod (273,16 K, 611 Pa)
 - kritický bod (647,3 K, 22,12 Mpa)



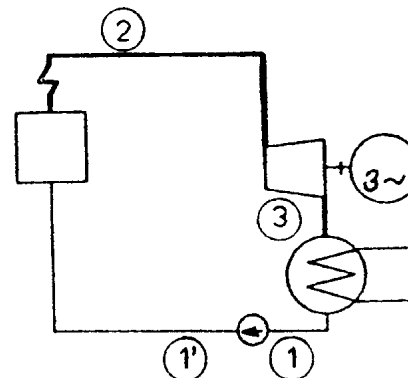
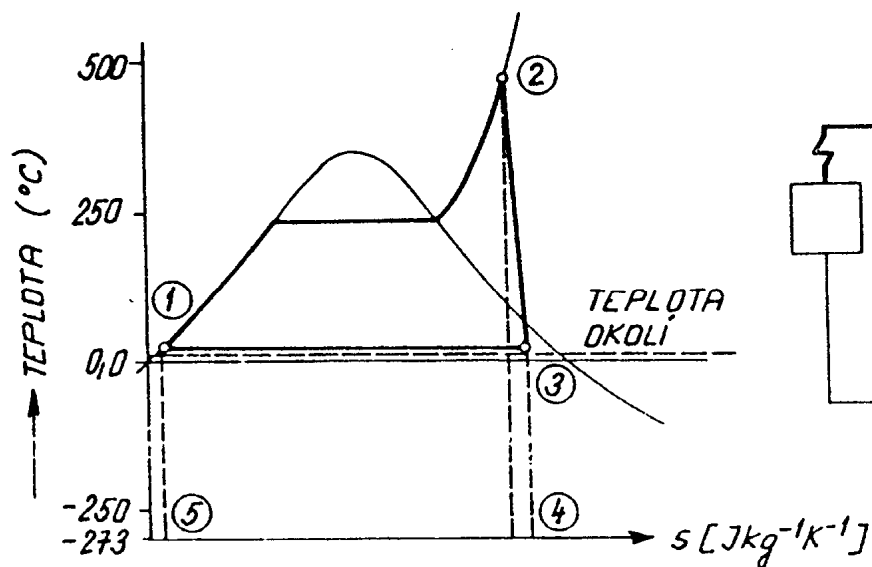
T-s diagram





Clausius-Rankinův oběh - parní

- Využívá skupenské změny mezi kapalinou a párou
⇒ úplná kondenzace páry na kapalinu
- Příkon napájecího čerpadla je podstatně menší než příkon kompresoru!
 - 1→1'... stlačení kapaliny na pracovní tlak = dodání práce {čerpadlo}
 - 1→2 ... isobarické dodání tepla q_p = ohřev na bod varu + isotermické odpaření + přehřátí páry {kotel + přehřívák}
 - 2→3 ... adiabatická expanze = konání práce w {parní turbína}
 - 3→4 ... isobarická (isotermická) kondenzace = odvod tepla q_o {kondenzátor}



Přivedené teplo: $q_p = i_2 - i_1$

Odvedené teplo: $q_o = i_3 - i_1$

Práce čerpadla: $w = i_2 - i_3$

Účinnost:

$$\eta = \frac{w}{q_p} = \frac{i_2 - i_3}{i_2 - i_1}$$

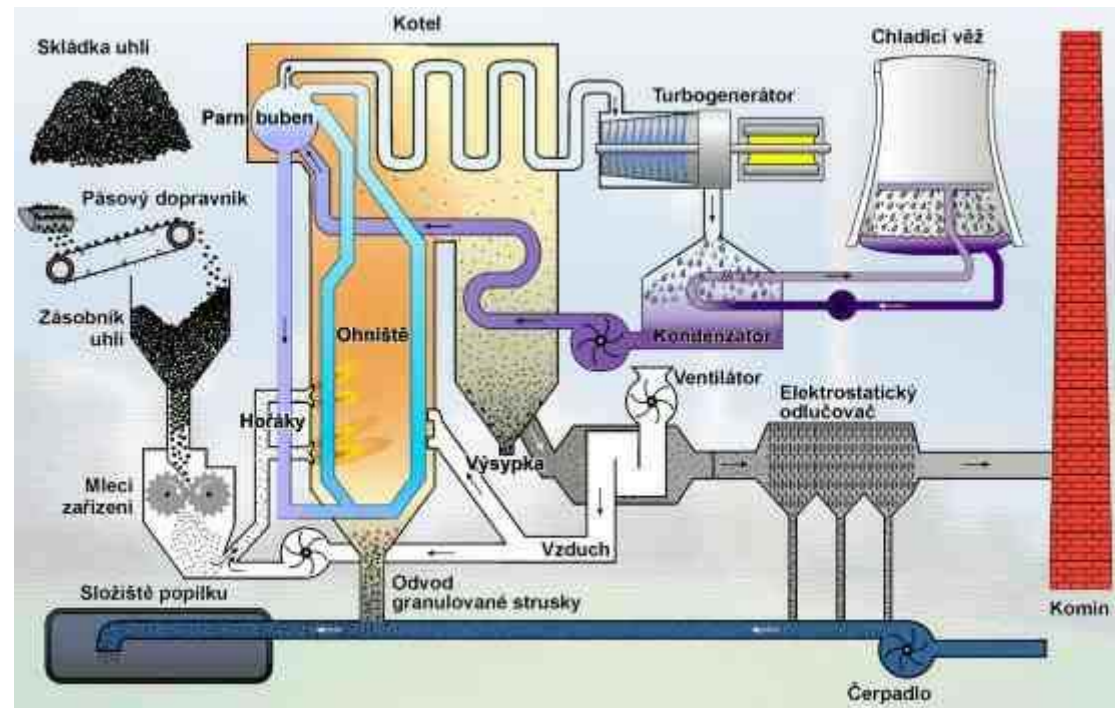


Elektrárna s kondenzační turbínou

- tepelný oběh
 - kotel – přehřívák – turbína – kondenzátor – napájecí čerpadlo
- kondenzační turbína - chlazení výstupní páry z turbíny v kondenzátoru
 - kondenzát: $25 \div 40 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - kondenzát teplejší než chladicí voda, ta teplejší než vzduch okolí



2016



9



Zvyšování termické účinnosti C-R oběhu

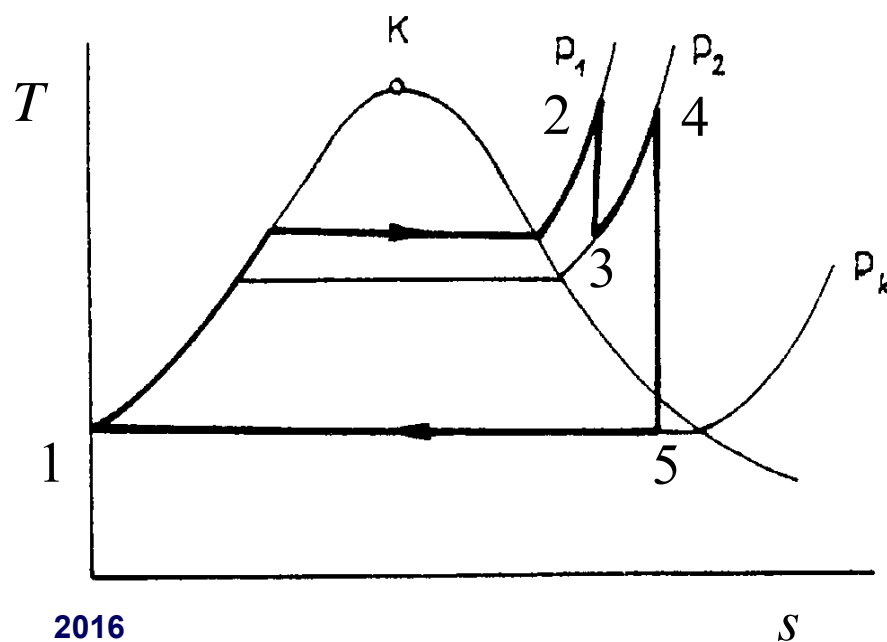
- **přihřívání páry**
 - **zopakování části oběhu s nejvyšší účinností**
- **rekuperace napájecí vody**
 - **eliminace části oběhu s nejnižší účinností**
- **snížení tlaku v kondenzátoru, zvýšení parametrů vstupní páry**
 - **zvýšení rozdílů teplot vstupu a výstupu**
- **zvyšování parametrů vstupní páry**

- **účinnost cca 30 ÷ 40 %**



Přihřívání páry

- Částečná expanze páry ve vt (vysokotlaké) části turbíny - přehřátí páry v přehříváku - dokončení expanze v nt (nízkotlaké) části turbíny
- Výhody:
 - výrazné zvýšení účinnosti (jednostupňové přehřátí: o cca 5-7 %, druhé přehřátí: o cca 1-2 %)
 - zmenšení vlhkosti páry na konci expanze (tj. na posledních lopatkách turbíny) ⇒ zvýšení termodynamické účinnosti turbíny
 - snížení nebezpečí eroze lopatek turbíny (vodní kapky na posledních lopatkách nt části turbíny)



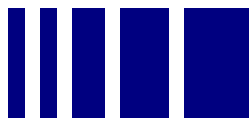
Přivedené teplo: $q_p = i_2 - i_1 + i_4 - i_3$

Odvedené teplo: $q_o = i_5 - i_1$

Práce čerpadla: $a = (p_2 - p_1) \cdot v$

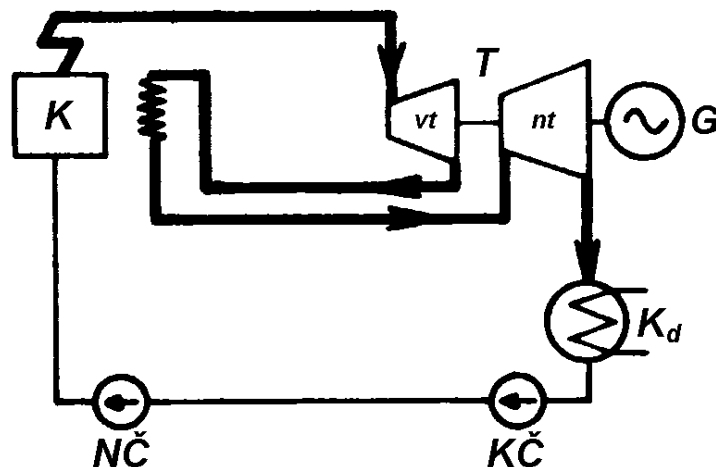
Účinnost:

$$\eta = \frac{i_2 - i_5 + i_4 - i_3 - (p_2 - p_1) \cdot v}{i_2 - i_1 + i_4 - i_3 - (p_2 - p_1) \cdot v}$$

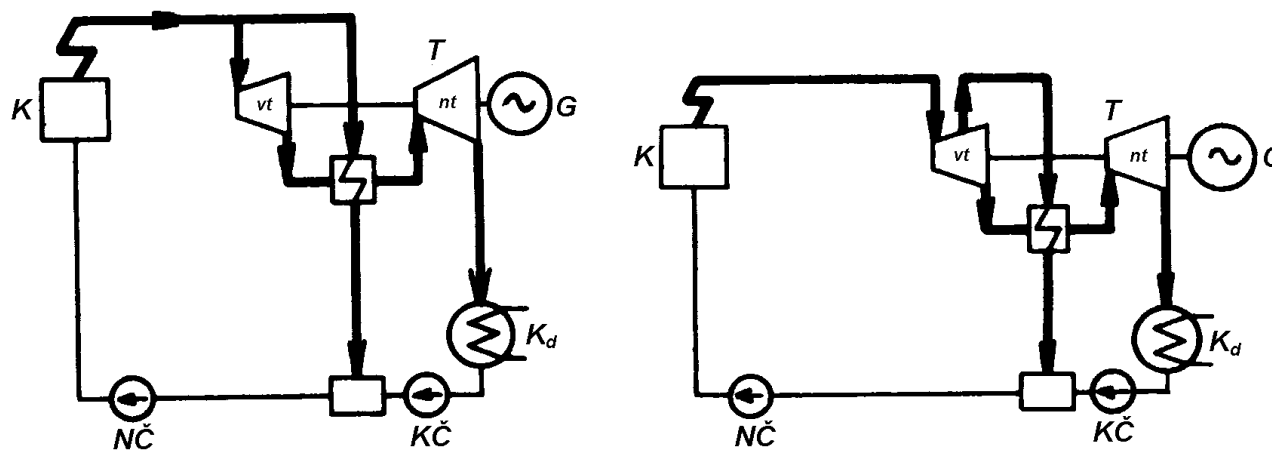


Přihřívání páry

- Přihřívání páry kouřovými plyny z kotle:



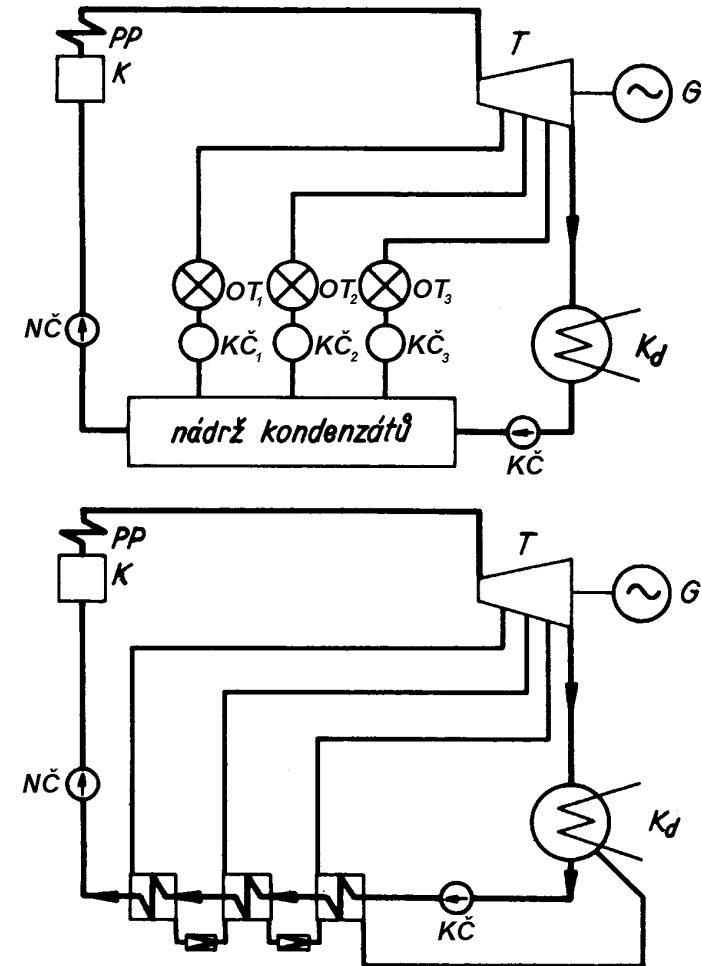
- Přihřívání páry ostrou nebo odběrovou párou:





Rekuprační ohřev napájecí vody

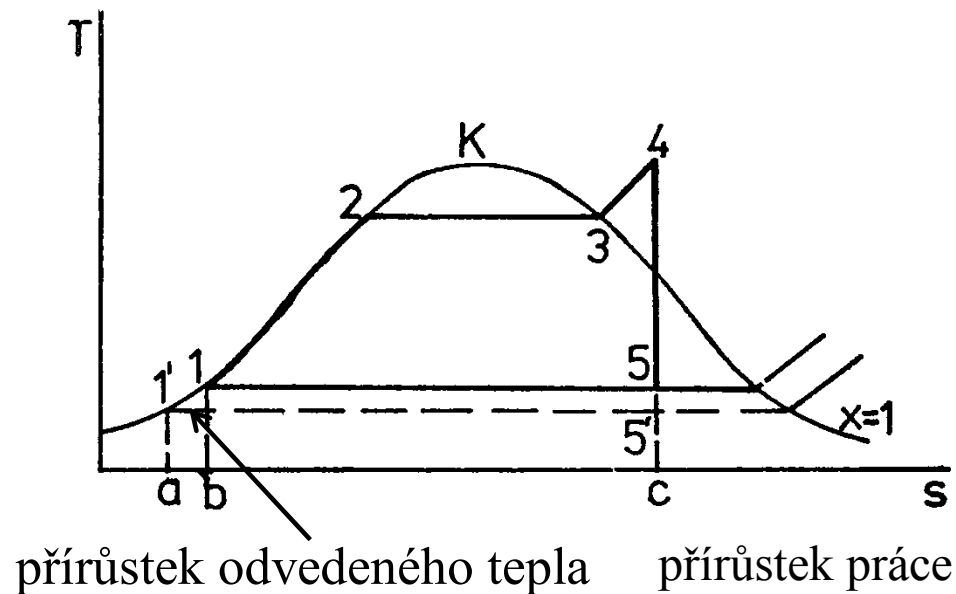
- Odebrání části páry (o vhodné teplotě) z turbíny („neregulovaný odběr“)
 - její kondenzačního teplo je pak použito na ohřev kondenzátu a napájecí vody
- Max. počet ohřivačů: 8 až 10 (pak klesá účinnost).
 - zvýšení termické účinnosti tepelného oběhu
 - postupné zmenšování množství páry v posledních stupních turbíny (⇒ menší rozměry posledního stupně turbíny, větší průtok páry ⇒ zvýšení výkonu turbíny!)





Snížení tlaku v kondenzátoru

- Snížením tlaku a teploty v kondenzátoru dosáhnou větší q_o , ale i práce – celkově se účinnost zvýší.
- Možnosti snížení tlaku v kondenzátoru:
 - snížení teploty chladicí vody (nejvýhodnější!)
 - zvětšení průtoku chladicí vody (nevýh.: zvýš. výkonu čerpadel \Rightarrow zvýš. vlastní spotřeby)
 - zvětšení teplosměnné plochy v kondenzátoru (nevýh.: zvýš. investič. nákladů)



Přivedené teplo: $q_p = i_4 - i_1$

Odvedené teplo: $q_o = i_{5'} - i_1$

Účinnost:

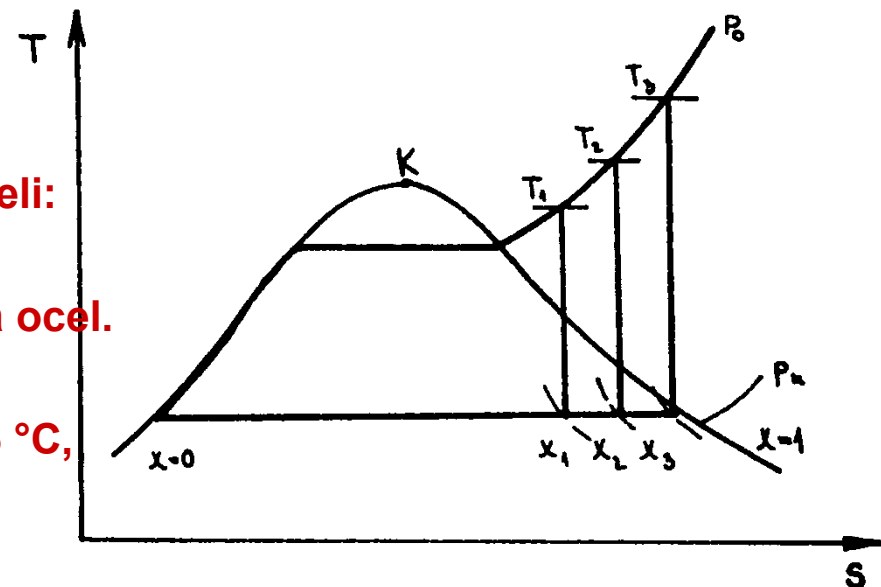
$$\eta = \frac{q_p - q_o}{q_p} =$$

$$= \frac{i_4 - i_{5'} - (p_2 - p_1) \cdot v}{i_4 - i_1 - (p_2 - p_1) \cdot v}$$



Zvyšování parametrů vstupní páry

- Vhodnou kombinací zvýšení tlaku a teploty vstupní („ostré“) páry
- Zvyšování TLAKU vstupní páry
 - Omezení:
 - Zvyšuje se vlhkost páry na konci expanze \Rightarrow snížení termodynamické účinnosti turbíny. Max. dovolená vlhkost páry na konci expanze: 12 až 14 %.
 - Omezení cirkulace v kotli. Kotle s přirozenou cirkulací: max. tlak páry 17 MPa; kotle průtláčné až 24 MPa !
- Zvyšování TEPLoty vstupní páry
 - zvýšení termické účinnosti oběhu
 - zvýšení termodynamické účinnosti turbíny (zmenší se vlhkost páry na konci expanze!)
 - Omezení:
 - pouze materiálovými možnostmi \Rightarrow Konstrukce z feriticko-perlitické oceli: max. teplota páry 535 °C. Pro vyšší teploty: vysokolegovaná austinitická ocel.
 \Rightarrow Používané teploty páry:
pro bloky 110 a 200 MW: 535 až 545 °C,
pro 500 MW: 545 °C

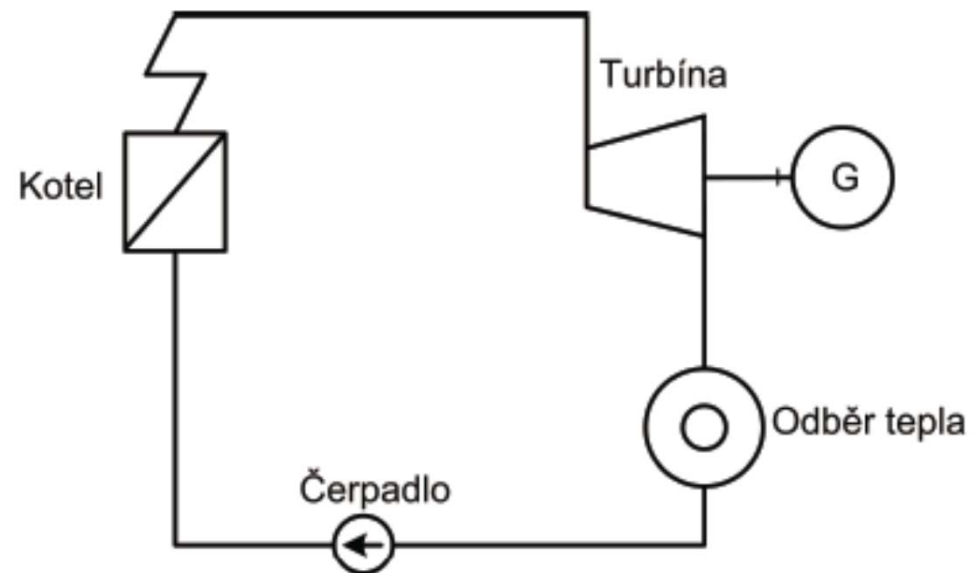




Elektrárna s protitlakou turbínou (teplárna)

- **Typ turbíny:** protitlaká – pára z turbíny je využitelná pro teplárenský provoz
- **Nevýhoda:** Přímá závislost el. výkonu generátoru na tepelném zatížení spotřebiče v protitlaké síti turbíny.
- Pára z výstupu turbíny využita v ohřívácích pro teplárenský provoz kondenzuje za obdobných podmínek jako v kondenzátoru v ohříváku topné vody. Předává však teplo topné vodě a teplota kondenzátu je tedy vyšší – cca 100°C.
- Vzhledem k využitému předanému teplu skupenské změny pára-voda je protitlaká turbína při chodu na jmen. parametrech neúčinnější.

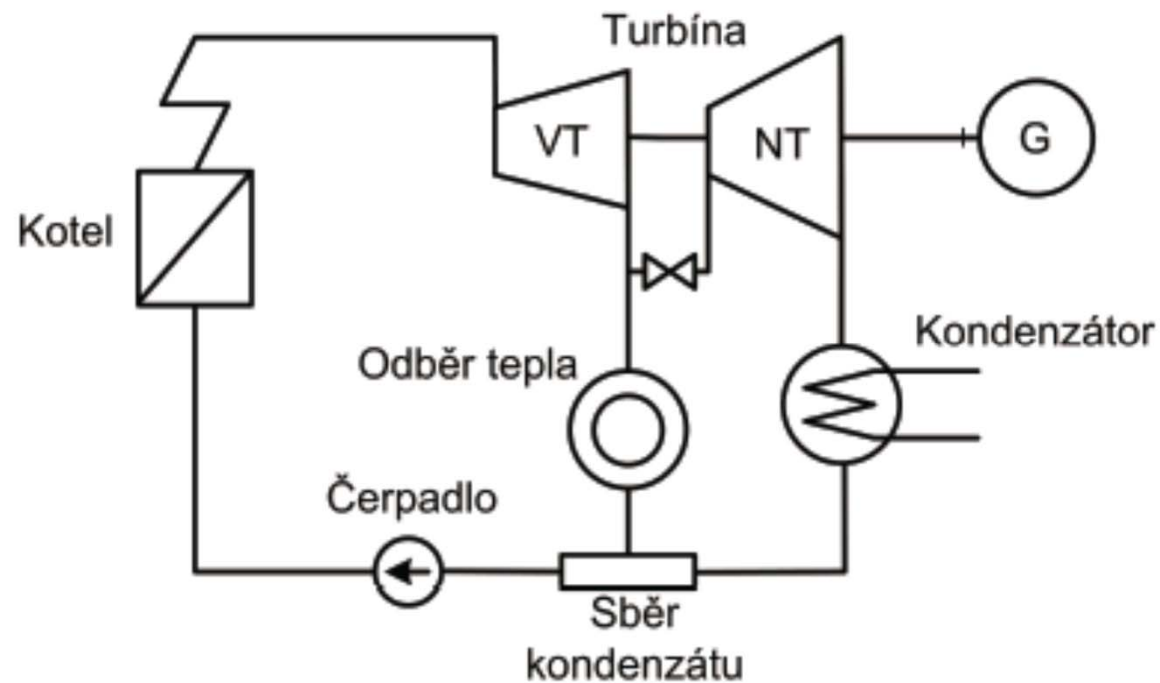
$$\frac{Q}{P_{el}} = konst$$





Elektrárna s odběrovou turbínou

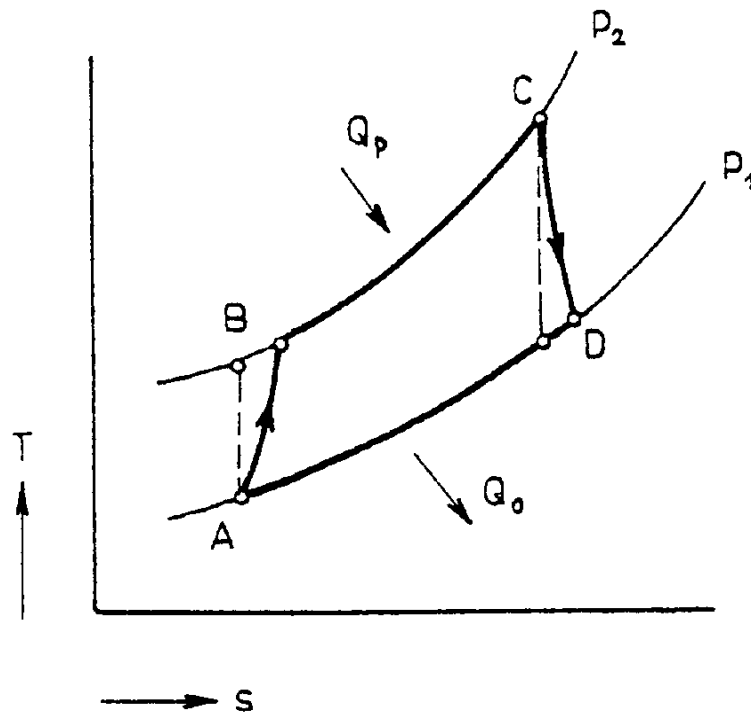
- Kombinovaná výroba el. a tepel. energie (kondenzační elektrárna + teplárna) ⇒ turbína s dvěma odběry
- Elektrárna s teplotěnským provozem
- Výhoda: El. výkon se může měnit v širokém rozsahu daném vt turbíny, nezávisle na zatížení tepelného spotřebiče (odběru tepla)





Jouleův (Braytonův) oběh - plynový

- **A→B ... adiabatická komprese plynu {kompresor}**
- **B→C ... izobarický přívod tepla {spalovací komora}**
- **C→D ... adiabatická expanze plynu {plynová turbína}**
- **D→A ... izobarický odvod tepla {v uzavřených obězích v tepelném výměníku, v otevřených obězích přes atmosféru}**



Přivedené teplo: $q_p = i_C - i_B$

Odvedené teplo: $q_o = i_D - i_A$

Práce: $a = (i_C - i_B) - (i_D - i_A)$

Kompresní poměr:
 $\mathcal{E} = \frac{v_A}{v_B}$

Účinnost:

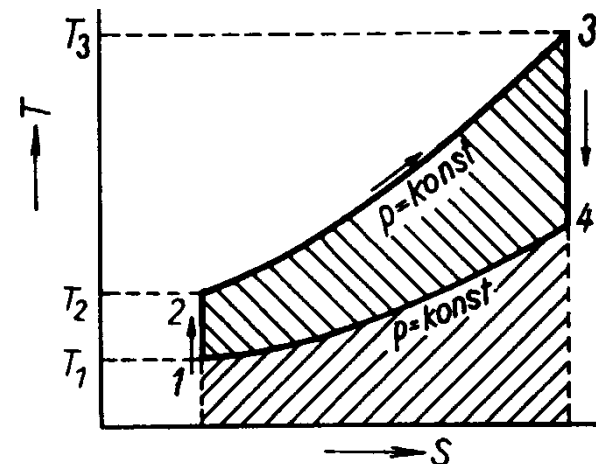
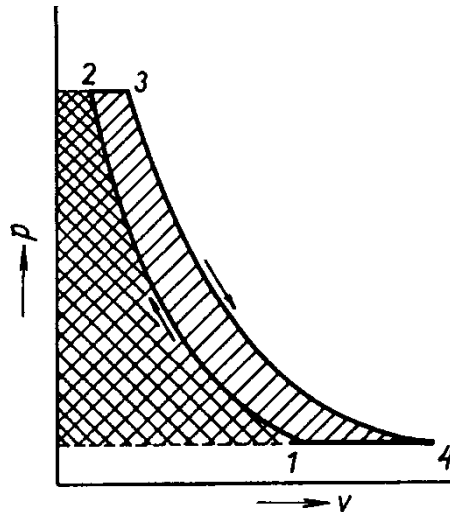
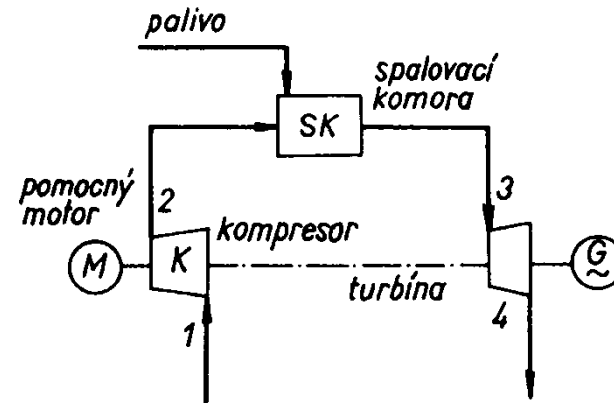
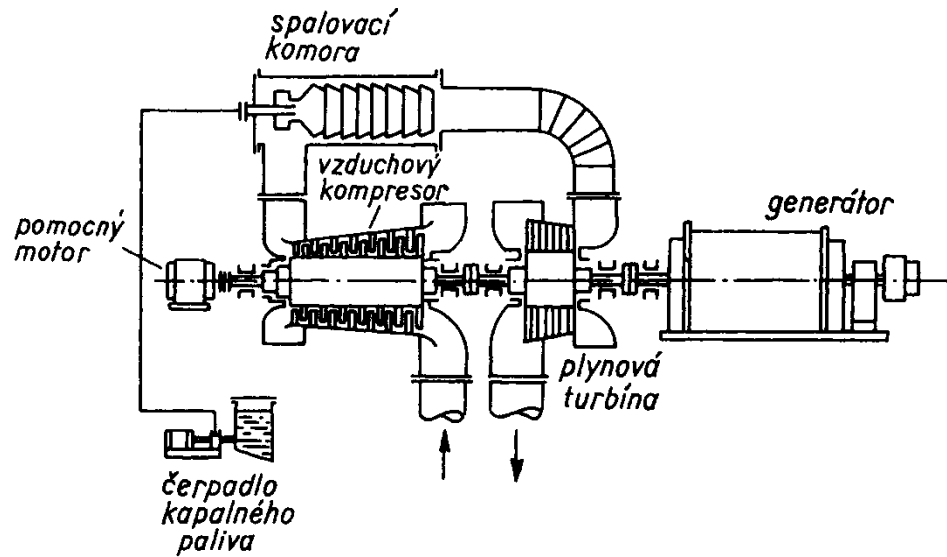
$$\eta = \frac{q_p - q_o}{q_p} = 1 - \frac{T_D}{T_C} =$$

$$= 1 - \left(\frac{p_{AD}}{p_{BC}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 1 - \frac{1}{\mathcal{E}^{\kappa-1}}$$



Plynový oběh

- Spalovací turbína





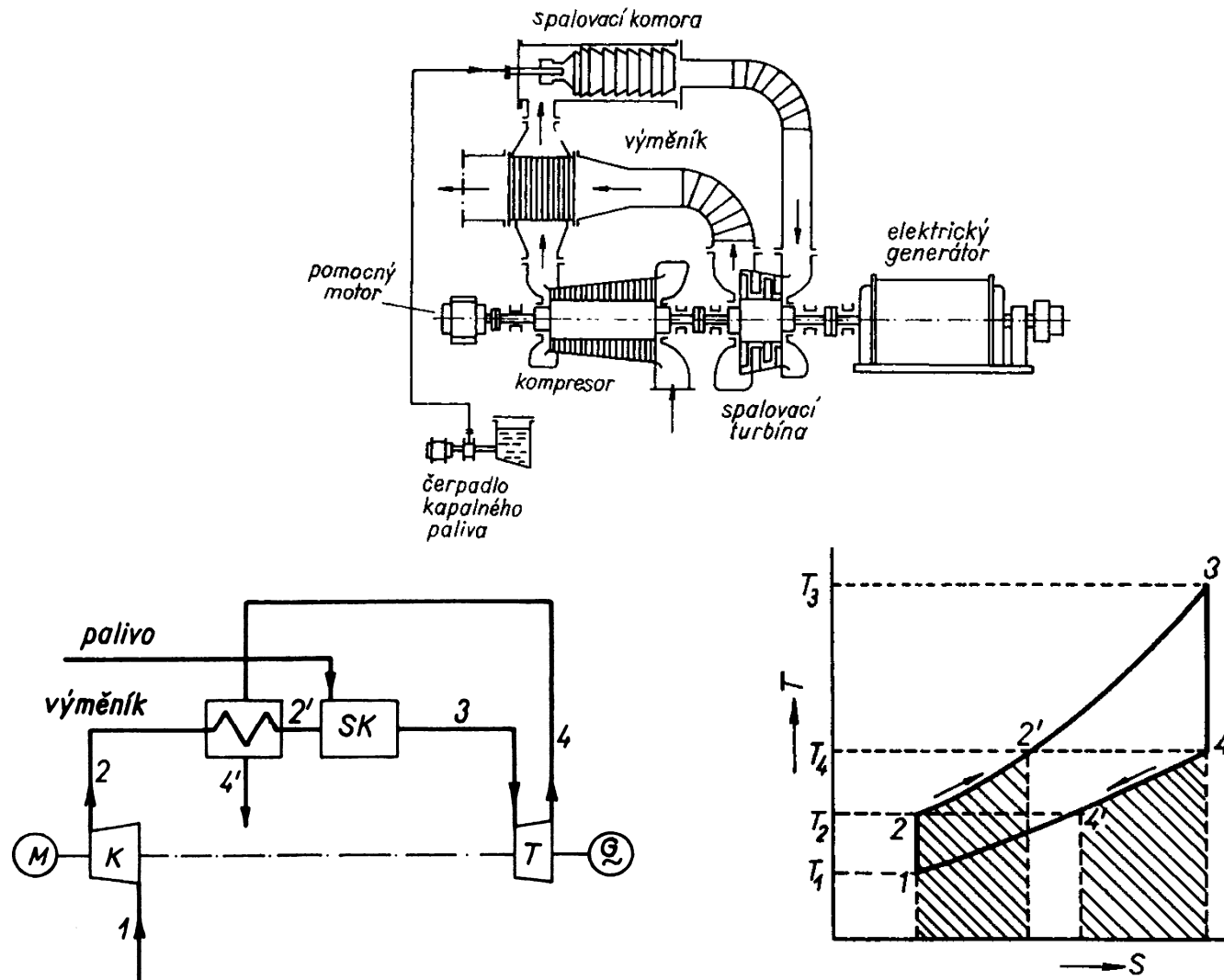
Plynový oběh

- **Výhody a nevýhody:**
 - rychlé najíždění a odstavování (výkonová pružnost)
 - nízké pořizovací náklady (malá spotřeba materiálu)
 - vysoká provozní spolehlivost
 - kompaktní uspořádání stroje, malý obestavěný prostor
 - drahé kvalitní palivo (plyn, olej)
 - náročnost na výrobu a použité materiály
 - velký příkon kompresoru: až 70 % výkonu spalovací turbíny !
 - vysoká teplota na výstupu z turbíny (\Rightarrow malá účinnost oběhu) (25 až 35 %) :
 - **Teplota spalin: $> 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ + vzduch (chlazení) \rightarrow teplota směsi před turbínou: 600 až $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.**



Regenerace odpadního tepla

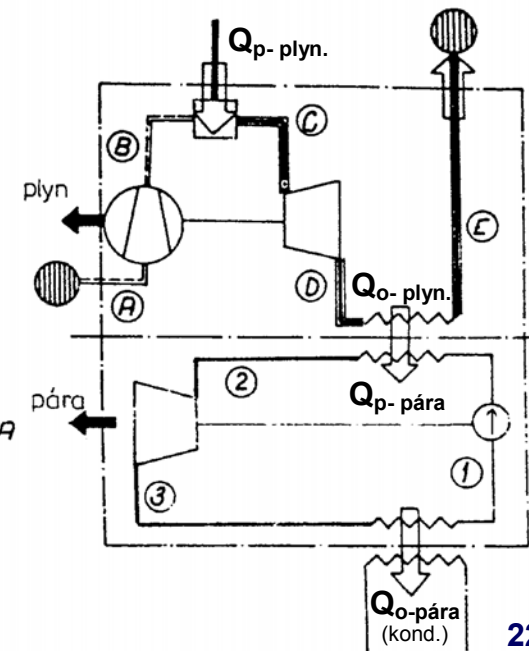
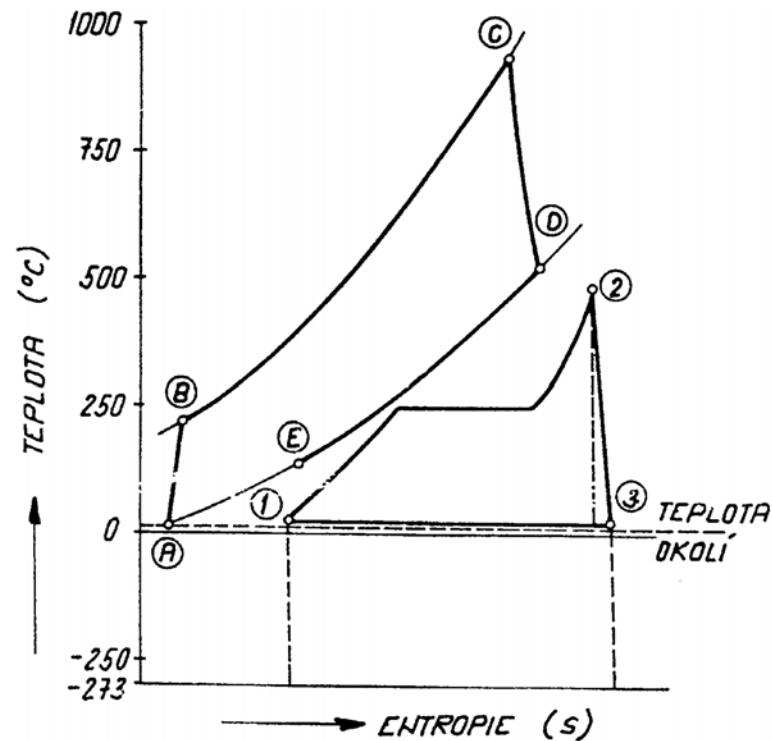
- Plyny po výstupu z turbíny ohřívají vzduch před vstupem do spalovací komory





Paroplynový cyklus

- Teploty:
 - plynové oběhy:
 - přívod tepla: 600 až 800 °C (stacionární turbíny až 1300 °C),
 - odvod tepla: vysoká teplota \Rightarrow nízká účinnost oběhu
 - parní oběhy:
 - přívod tepla: 250 až 350 °C (max. 650 °C),
 - odvod tepla: cca 30 °C
- \Rightarrow kombinace:
- účinnost až 60 %





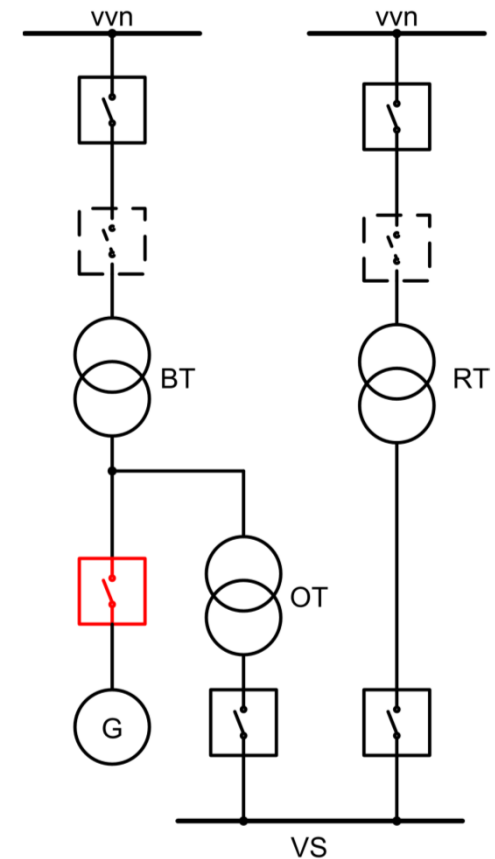
Paroplynový cyklus

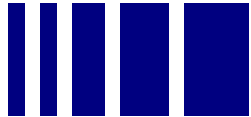
- Uhelná elektrárna – příklad zapojení
- Výhody:
 - **Vyšší účinnost:**
 - elektrárna s čistě plynovým oběhem: $\eta_{el} = 0,28 - 0,38$
 - elektrárna s parním oběhem: $\eta_{el} = 0,28 - 0,42$
 - elektrárna s paroplynovým oběhem: $\eta_{el} = 0,42 - 0,58$
 - **Kompresní práce plynového oběhu se zmenšuje.**
 - Díky kondenzaci vodní páry se několikanásobně zmenšuje její objem \Rightarrow příkon napájecího čerpadla činí řádově procenta výkonu parní turbíny (u čistě plynového oběhu to jsou 2/3 hrubého výkonu turbíny !)
- Nevýhody:
 - **Nutno spalovat jakostní palivo (plyn, olej) v plynové části oběhu.**



Elektrické části elektráren

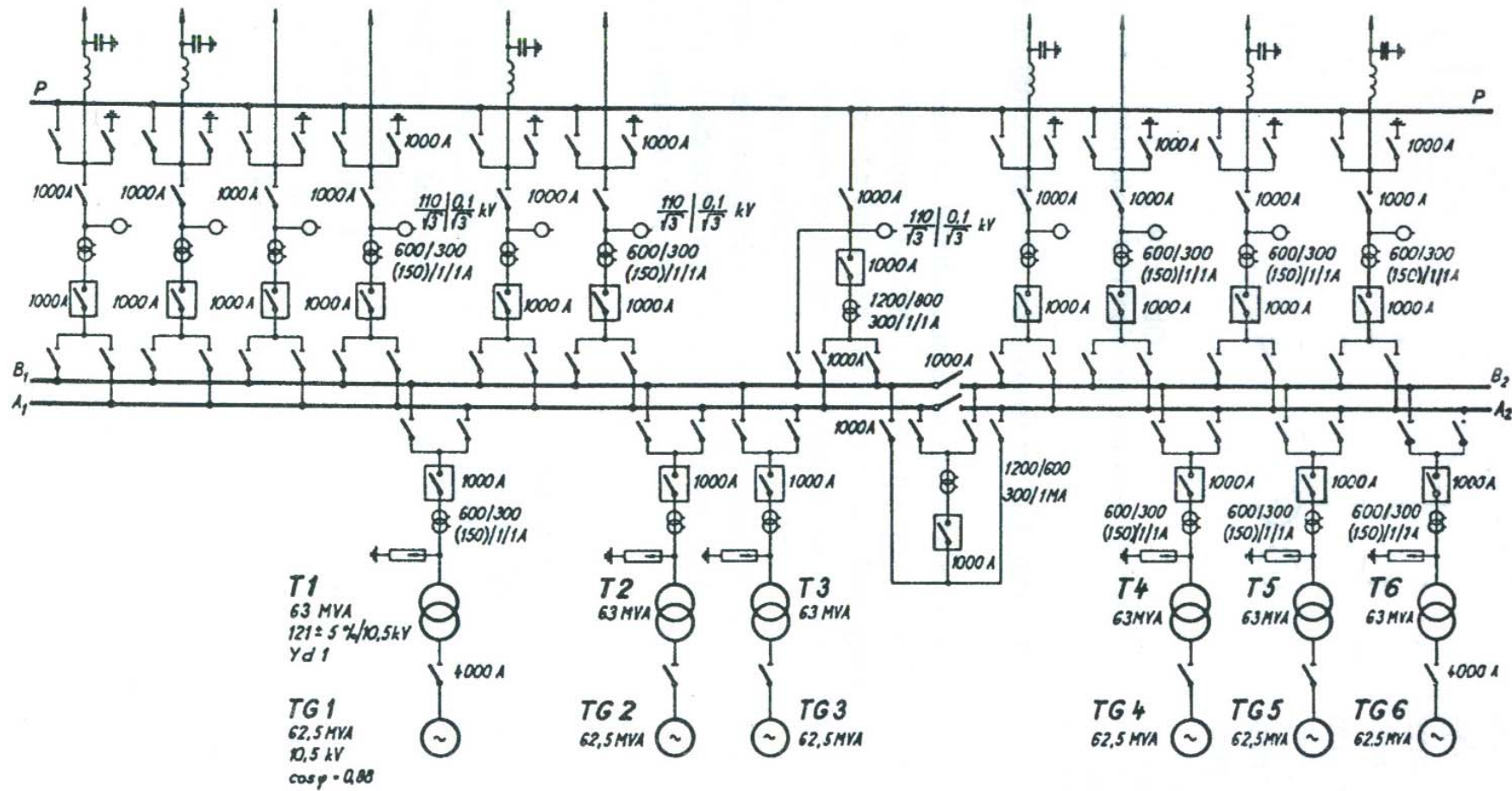
- **Úkoly**
 - vyvedení výkonu z elektrárny
 - zajištění vlastní spotřeby
 - zajištění řídicích, kontrolních a ochranných funkcí při výrobě elektřiny
- **Synchronní alternátory (PE, JE, VE)**
 - turboalternátory – hladký rotor, 2 póly, 3000 ot/min
 - hydroalternátory – vyniklé póly, nízké otáčky
- **Transformátory**
 - blokové
 - VS





Elektrické části elektráren

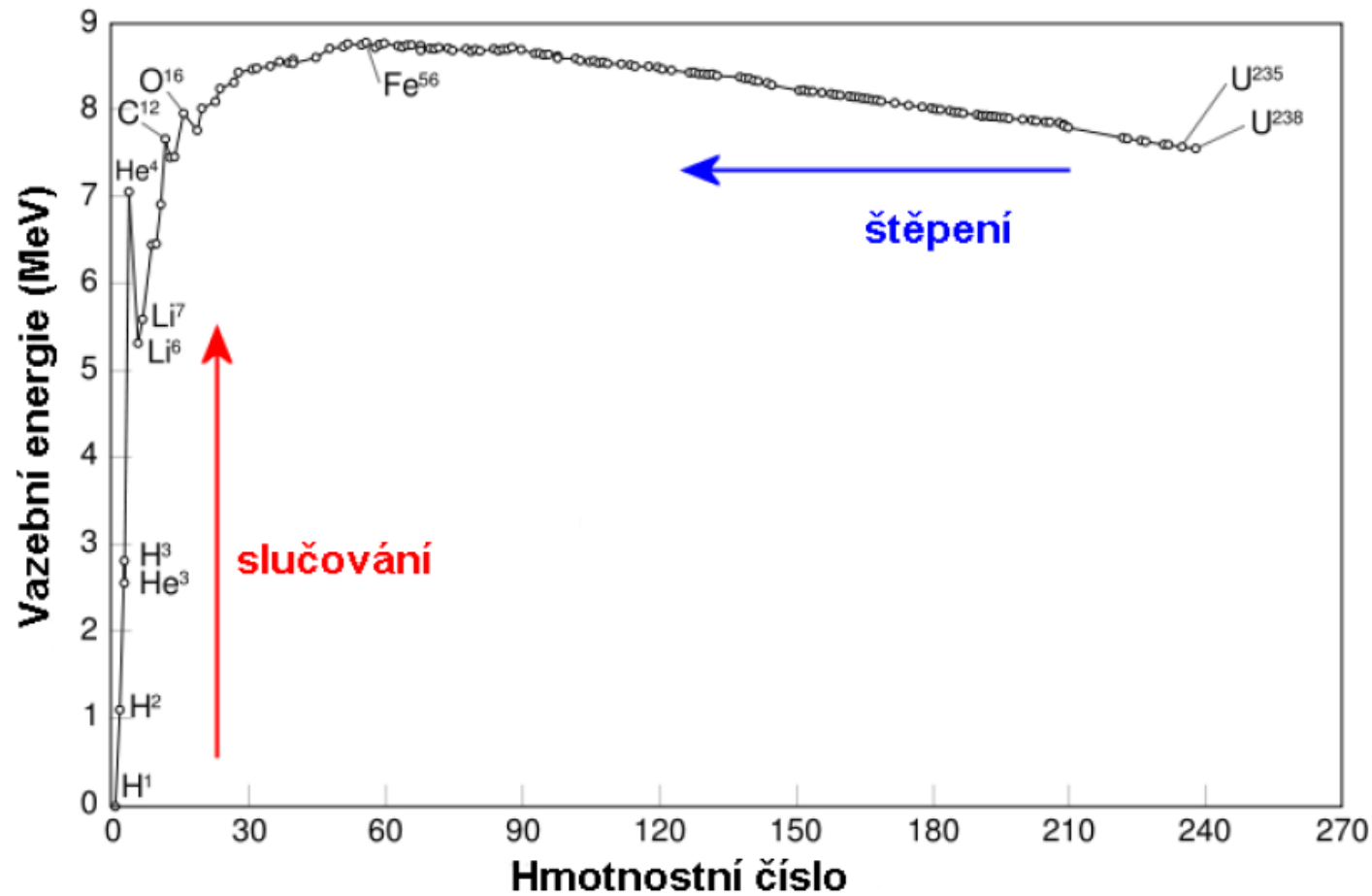
- Schéma EMĚ I





Jaderná reakce

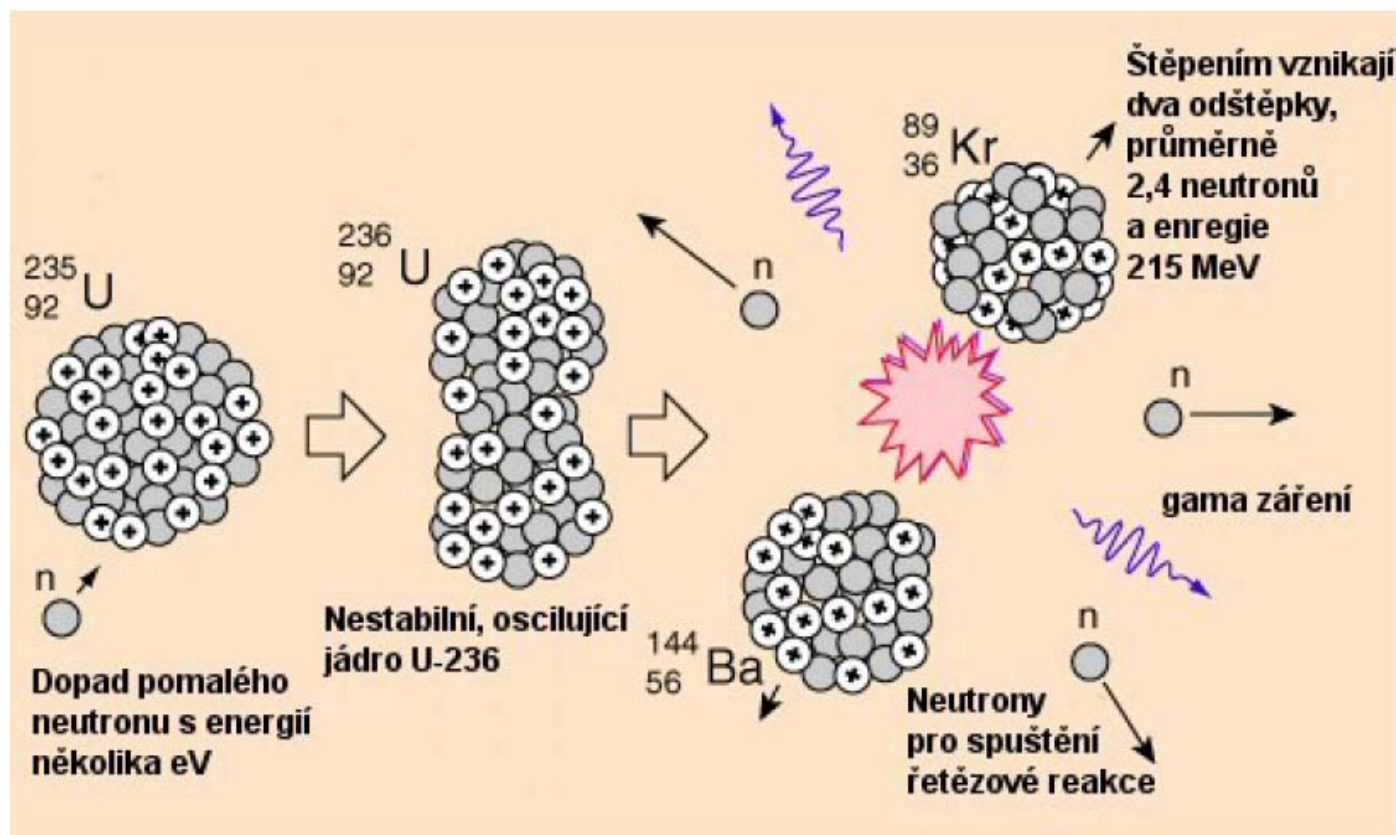
- Vazební energie $W = \Delta m_j \cdot c^2$
 - Δm_j - hmotnost jádra atomů menší než součet hmotností všech nukleonů





Jaderná reakce

- Jaderné štěpení





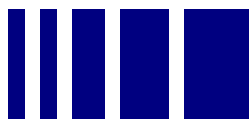
Jaderné reakce

- Přeměna jádra atomu působením elementárních částic nebo jádra jiného atomu
- Neutronu stačí podstatně menší energie k uskutečnění jaderné reakce než jiným částicím
 - Tepelné neutrony – energie $< 0,5$ eV
 - Rychlé neutrony – energie $> 0,1$ MeV
 - Epitermální (rezonanční) neutrony – energie mezi tepelnými a rychlými neutrony
- Multiplikační činitel k – poměr počtu volných neutronů jedné generace k počtu neutronů předchozí generace
 - $k > 1$ soustava je nadkritická
 - $k = 1$ soustava je kritická
 - $k < 1$ soustava je podkritická
- Řízená jaderná reakce – dosažení a udržení multiplikačního činitele $k = 1$



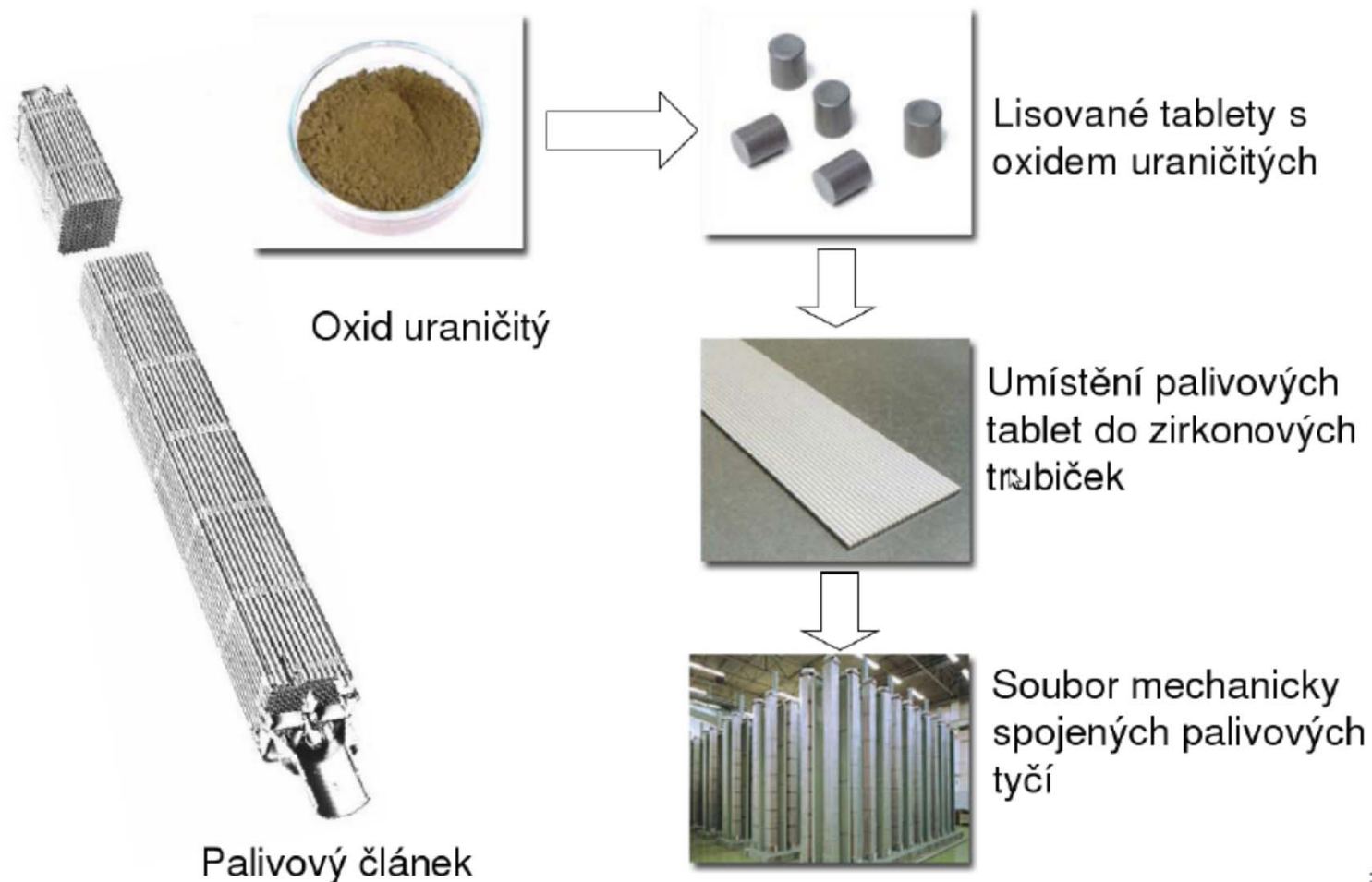
Jaderný reaktor

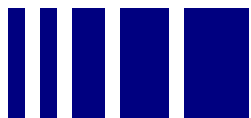
- **Palivový element**
 - přesné lisované tablety oxidu uraničitého uložené v trubce ze zirkonové slitiny
- **Palivové články**
 - složeny z vodící konstrukce a palivových tyčí uložených v distančních mřížkách
- **Chladivo**
 - odvod tepla z reaktoru, může sloužit zároveň jako moderátor
- **Moderátor**
 - slouží ke zpomalení neutronů (snížení energie) při řetězové reakci, obklopuje palivo i regulační tyče v reaktoru (voda, deuterium, grafit)
- **Regulační tyče**
 - podle potřeby jsou zasouvány do aktivní zóny, kde pohlcují neutrony, řízení výkonu reaktoru (bór, kadmium)
- **Havarijní tyče**
 - slouží k rychlému utlumení štěpné reakce v případě poruchy



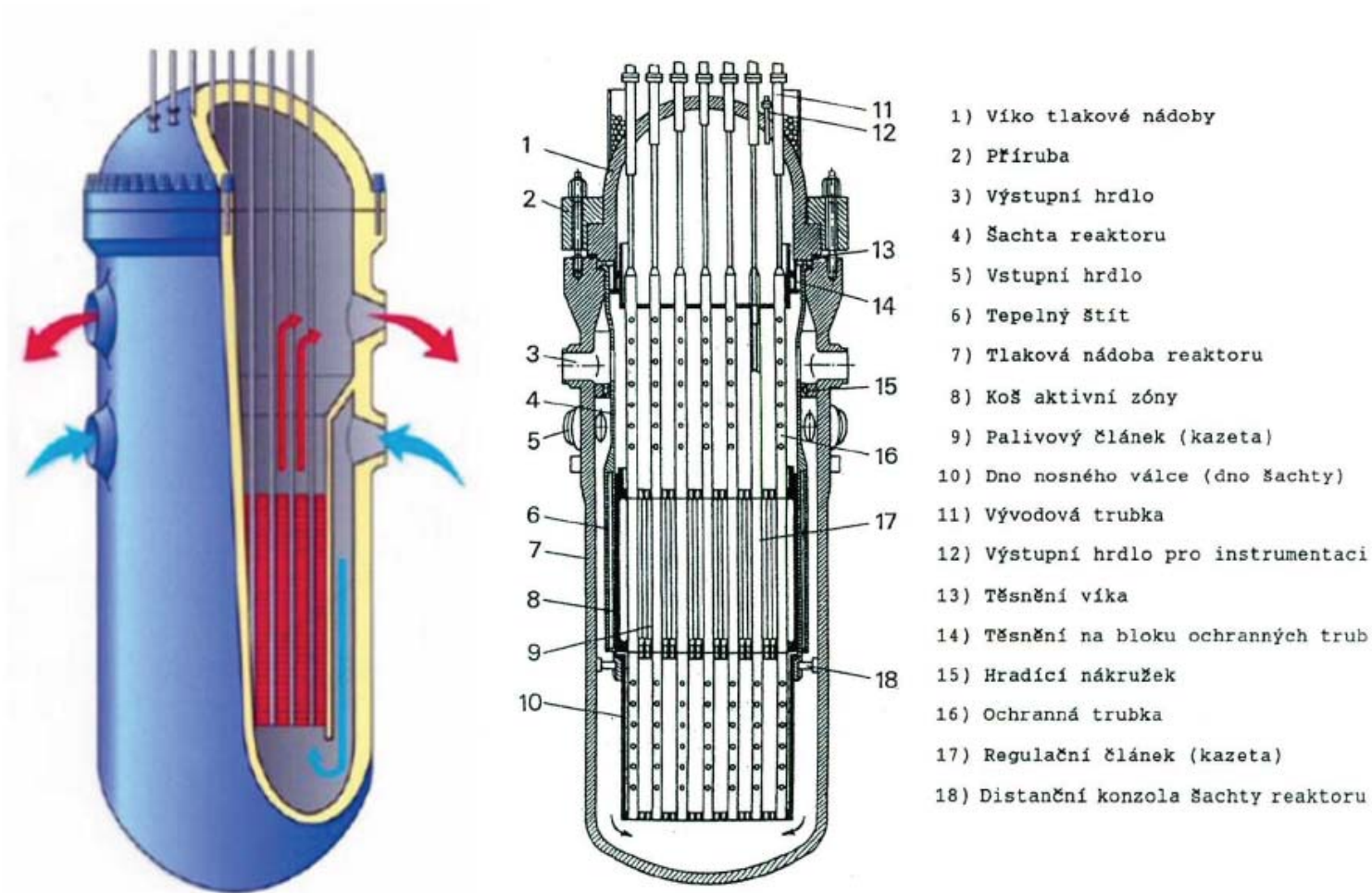
Jaderné elektrárny - palivo

- Přírodní uran (U238 – 99,3 %, U235 – 0,7 %)
- Přírodní uran obohacený uranem U235 až na cca 3 ÷ 5 % (výroba v centrifugách)
- Směsné palivo MOX (mixed oxide) – uran + plutonium





Jaderný reaktor





Jaderné reaktory

- **Podle neutronů**
 - **tepelné reaktory**
 - štěpení jaderného paliva U235, především tepelnými neutrony (do 1 eV)
 - musí obsahovat moderátor ke snížení energie (zpomalení) neutronů
 - **rychlé (množivé) reaktory**
 - štěpení jaderného paliva především rychlými neutrony (nad 0,1 MeV)
 - nemají moderátor, palivem U238, vzniká štěpitelný materiál
- **Podle chladiva a moderátoru**
 - **PWR (VVER) – 63%**
 - tlakovou vodou chlazený a moderovaný reaktor (Dukovany, Temelín)
 - **BWR – 21%**
 - vroucí vodou chlazený a moderovaný reaktor
 - **PHWR – 11%**
 - těžkovodní reaktor (CANDU)
 - **BWGR (RBMK) – 4%**
 - vroucí vodou chlazený, grafitem moderovaný reaktor (Černobyl)
 - **FBR – 1%**
 - rychlý množivý reaktor, bez moderátoru



Jaderné reaktory

Energie neutronů	Moderátor	Chladivo	Označení
Tepelné	Voda (H ₂ O)	H ₂ O	Tlakovodní (PWR, VVER)
			Varný (BWR)
	Grafit	CO ₂	Plynem chlazený (GCR), zdokonalený (AGR)
		He	Vysokoteplotní (HTGR)
		H ₂ O	Vodou chlazený (LWGR)
	Těžká voda (D ₂ O)	D ₂ O	Těžkovodní (CANDU) (PHWR)
		H ₂ O	Těžkovodní chlazený lehkou vodou (HWLWR)
		CO ₂	Těžkovodní chlazený plynem (HWGCR)
	Rychlé	-	Na



Jaderné elektrárny

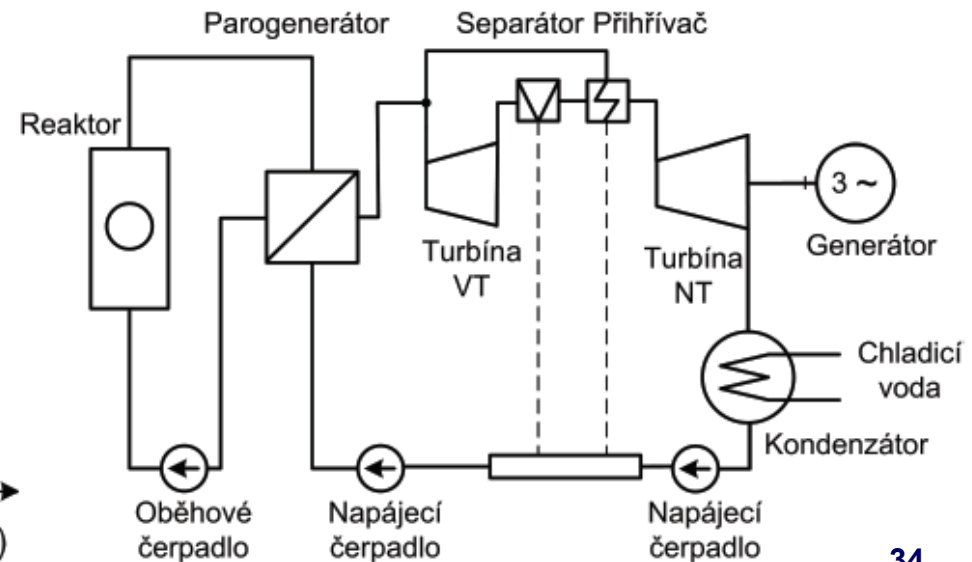
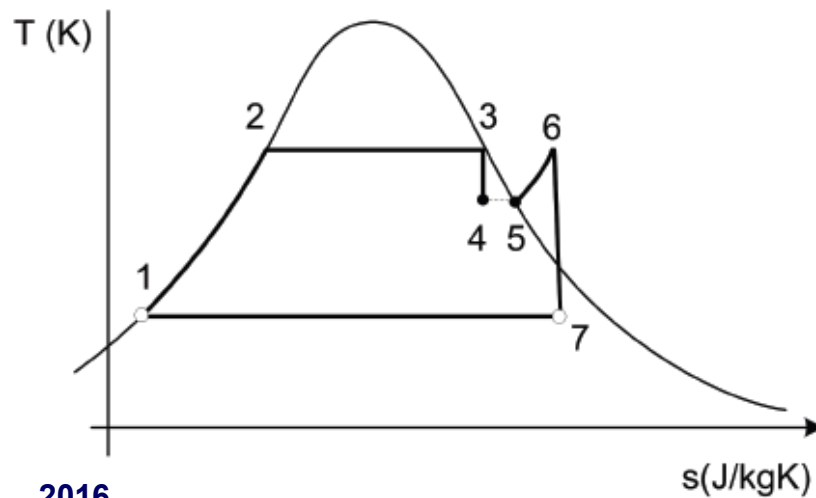
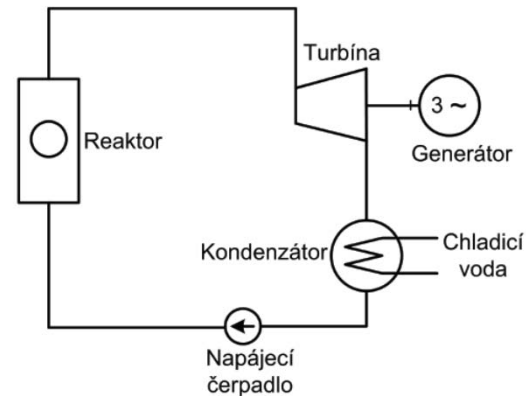
- **Technologické schéma**

- **jednookruhová elna (BWR)**

- **jednodušší, vyšší účinnost**
 - **opatření pro vyšší bezpečnost spolehlivost, životnost**

- **dvojokruhová elna (PWR)**

- **různá chladiva reaktoru**
 - **jednodušší strojovna (bez radioaktivity)**
 - **v parogenerátoru ohřev jen na sytou páru, nižší účinnost (cca 30 %)**





Vodní elektrárny (VE)

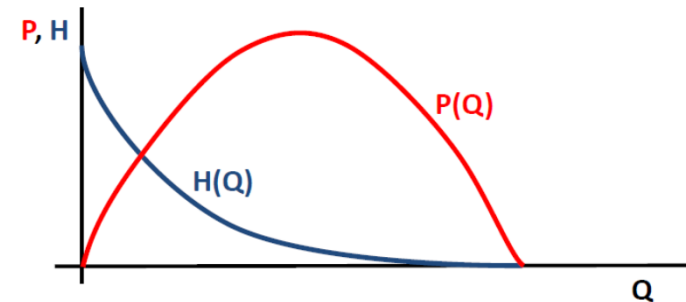
- Využití potenciální a kinetické energie vodního toku
 - zdroj čistý, spolehlivý, dlouhá životnost
- Dle výkonu
 - malé (MVE) – do 20 MW
 - střední
 - velké – nad 200 MW
- Dle funkce
 - průtočné – bez akumulace, spád tvořen jezem
 - derivační – umělé rameno mimo hlavní vodní tok (kanál, potrubí)
 - akumulační - zadržují/akumulují vodu v nádrži (přehradě)
 - největší akumulační VE – Orlík 4 x 91 MW
 - přečerpávací – pracují v generátorickém a čerpadlovém režimu
 - největší přečerpávací VE – Dlouhé Stráně 2 x 325 MW
- Dle spádu
 - nízkotlaké – do 20 m
 - středotlaké
 - vysokotlaké – nad 100 m



Funkce vodních elektráren v ES

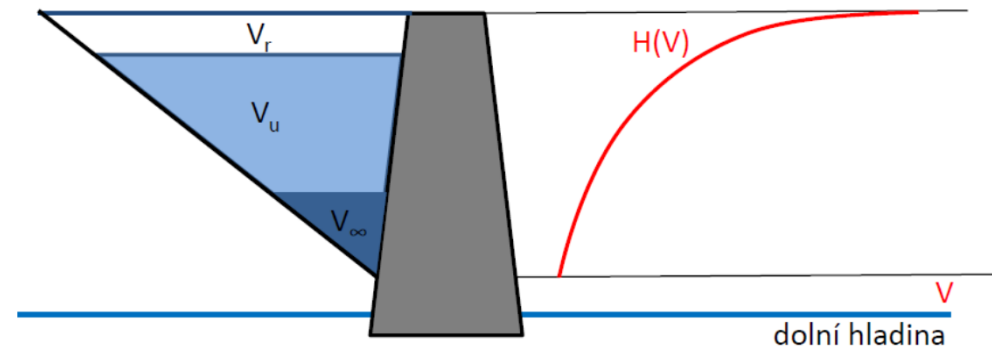
- **Průtočné**

- pracují v základním pásmu DDZ
- u malých spádů se s průtokem mění i spád (až vyrovnání spodní a horní hladiny)



- **Akumulační**

- regulační, většinou ve špičkovém nebo pološpičkovém pásmu zatížení
- akumulace na omezenou dobu (objem)
- objem ochranný, užitný, stálého zadržení



- **Přečerpávací**

- fce statická (vyrovnávání DDZ)
- fce regulační (rychlý start 1 ÷ 2 min)
- účinnost 60 ÷ 70 %
- nejčastěji s reverzní turbínou ve funkci čerpadla i turbíny

- **Malé vodní elektrárny**

- možný rozvoj, do sítí nn a vn



Základní charakteristiky vodních turbín

- Hydroenergetický potenciál
 - $P = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g$ (W)
 - Q (m^3/s) – průtok
 - H (m) – spád
 - ρ (kg/m^3) - hustota vody
- Účinnost
 - $\eta = 0,6 \div 0,9$
- Tlakový spád
 - rovnotlaká
 - na jednom tlaku
 - Peltonova, Bánkiho
 - přetlaková
 - voda mění tlak při průchodu turbínou
 - Francisova, Kaplanova



Francisova



Kaplanova

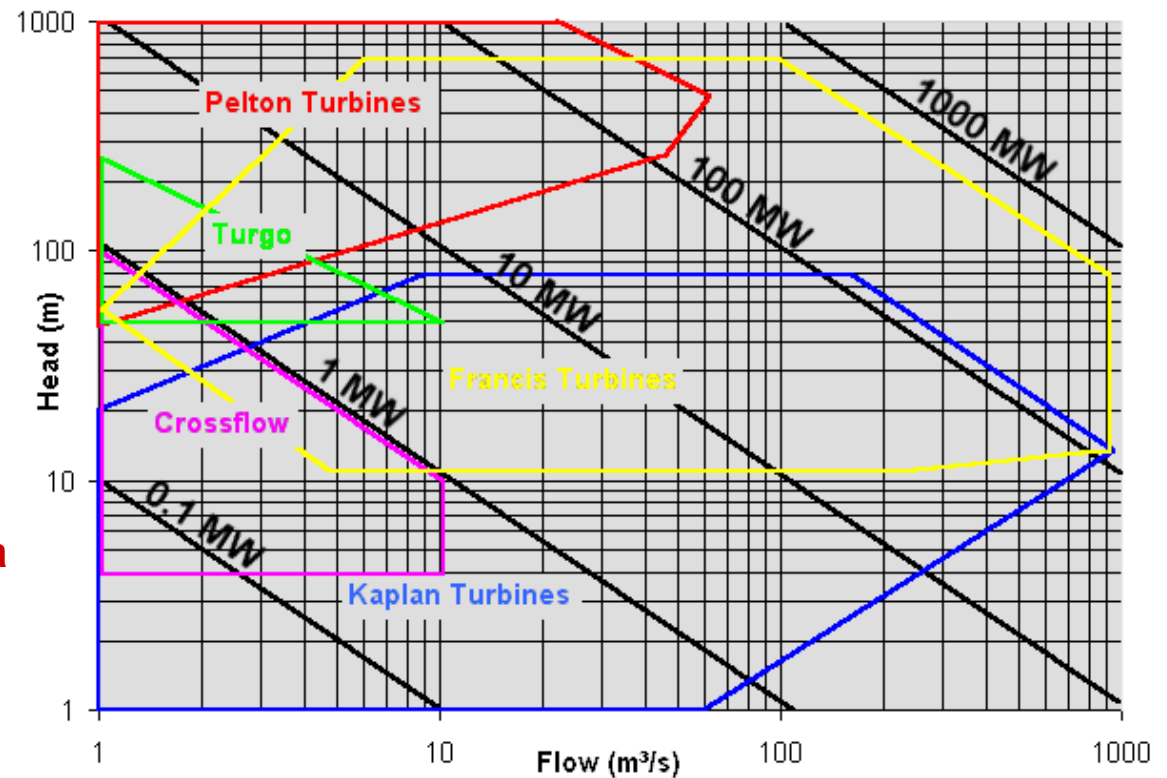


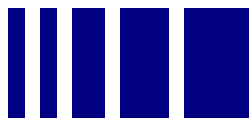
Peltonova



Bánkiho

Turbine Application Chart





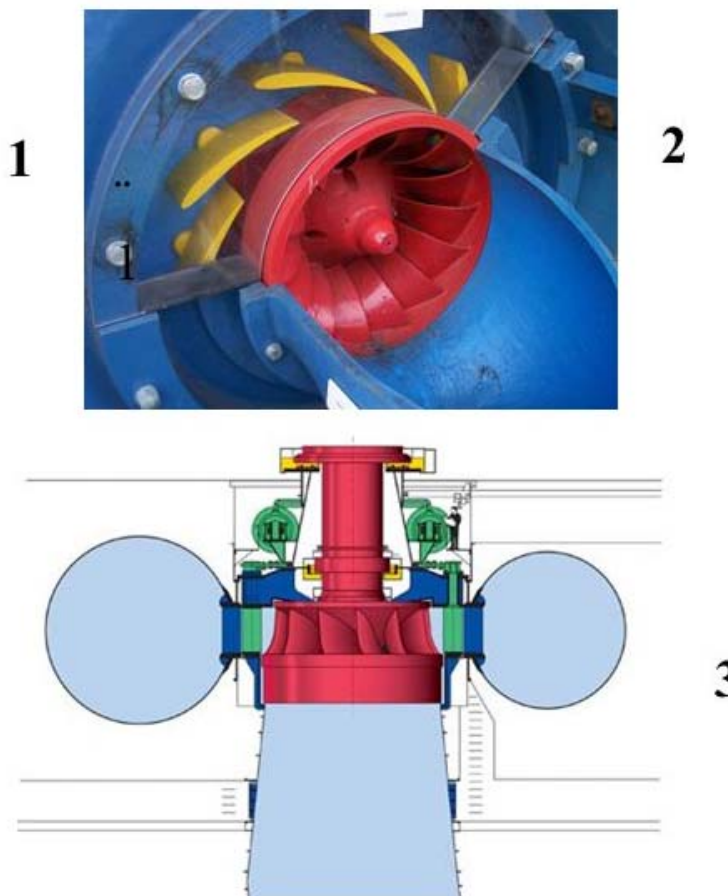
Francisova turbína



- široký rozsah spádů i průtoků
- i jako reverzní v přečerpávacích elektrárnách se spádem až do 500 m
- voda je na lopatky rotoru směřována pomocí rozváděcích lopatek (regulovatelné)
- na výstupu kuželovitá savka – snížení rychlosti vody, podtlak



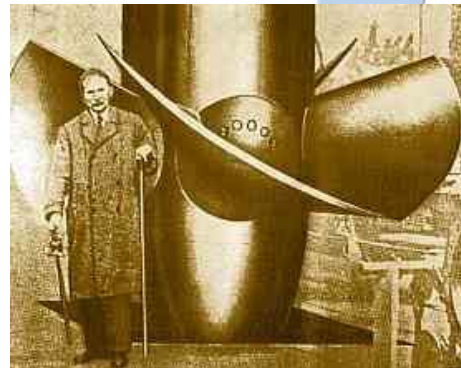
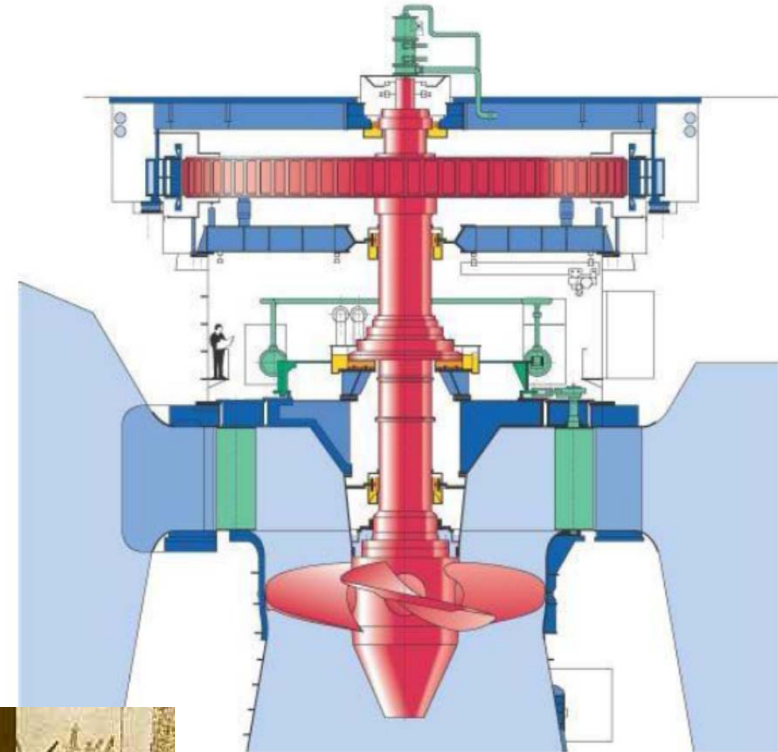
- 1) F. turbína s generátorem
- 2) Rozváděcí lopatky u začátku přívodu
- 3) Řez





Kaplanova turbína

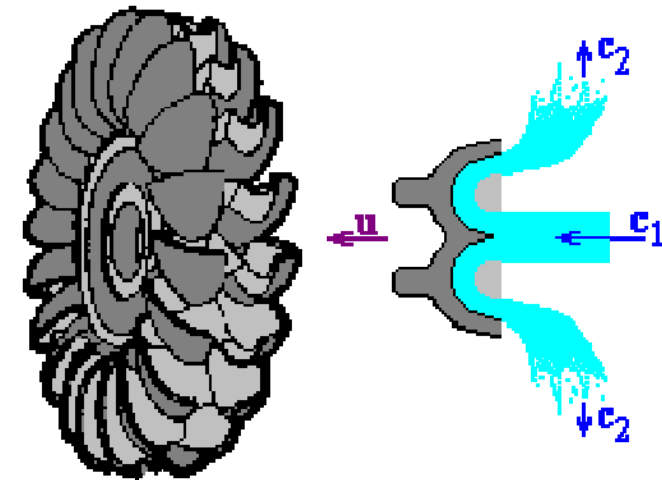
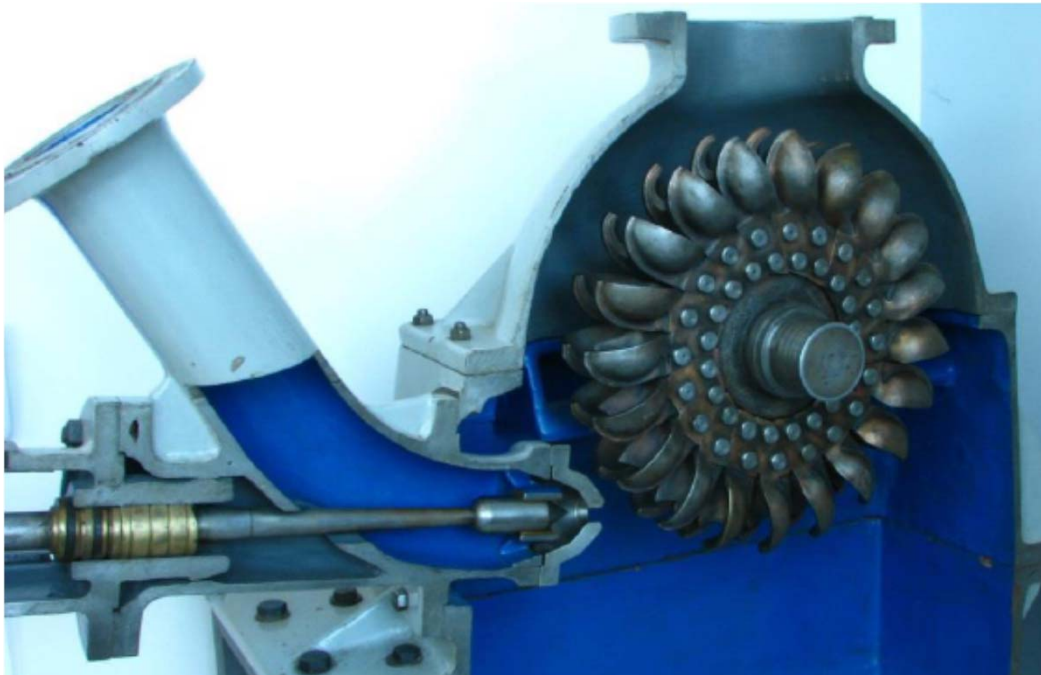
- axiální turbína s menším počtem lopatek
- výborná regulace pomocí natáčení lopatek oběžného i rozváděcího kola
- pro velké průtoky a malé spády, vysoké otáčky





Peltonova turbína

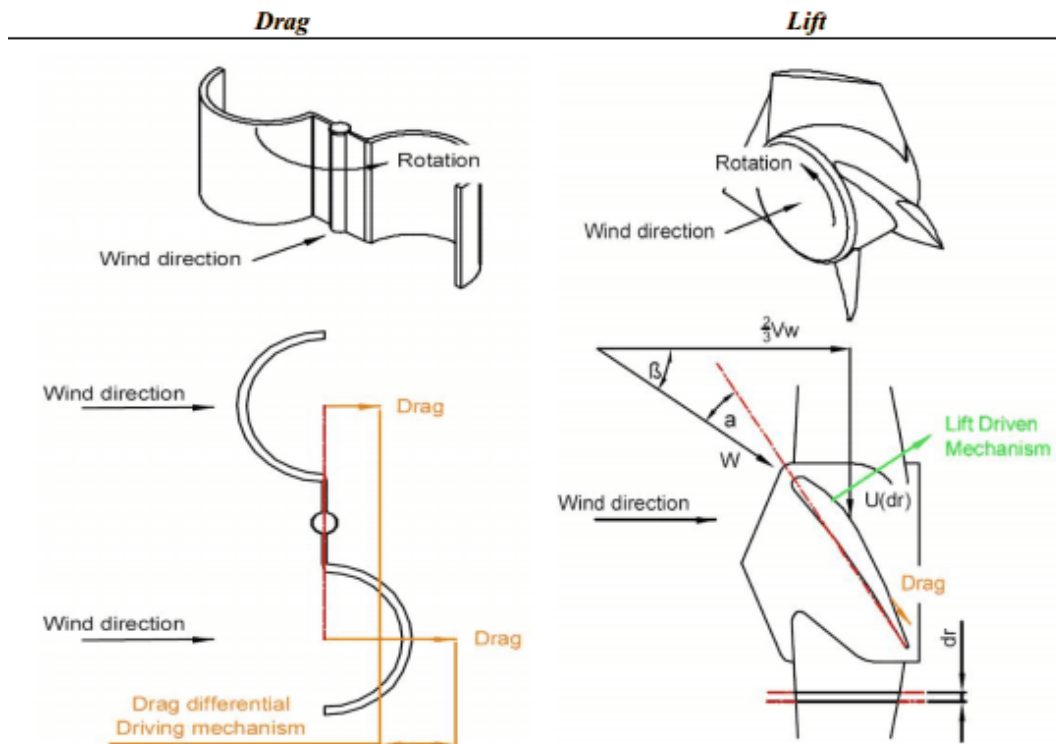
- oběžné kolo s lžícovitými lopatkami
- dýzy s regulovatelným průřezem výtoku, přivádí vodu tangenciálně k lopatkám
- rychlé snížení výkonu odklonem vodního paprsku
- malé průtoky, vysoké spády (horské oblasti)





Větrné elektrárny

- Využití kinetické energie větru
- Listy rotoru se speciálním tvarem
 - odporová síla (drag)
 - starší, jednodušší, nižší účinnost, (větrné mlýny)
 - vztlaková síla (lift)
 - síla při obtékaní vzduchem, aerodynamika jako letadlo
 - dnes nejvíce





Větrné elektrárny

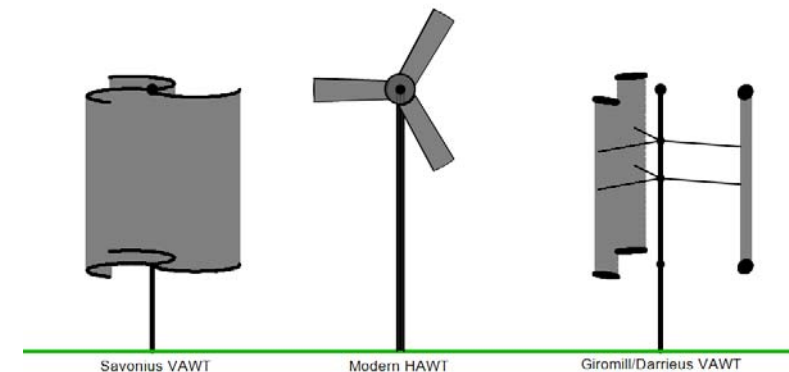
- Osa otáčení

- **horizontální**

- vždy směřovat proti směru větru
→ servomotor (směrová lopatka)
 - často s převodovkou na vyšší rychlost
 - nejčastější, vyšší účinnost – cca 50 %

- **vertikální**

- nemění směr (při změnách větru)
 - generátor může být na zemi (snazší údržba)
 - méně prostoru, méně se ovlivňují, méně hlučné
 - X vyšší cena, nižší účinnost – do 40 %
 - Darrieus (vztlak) Savonius (odpor)

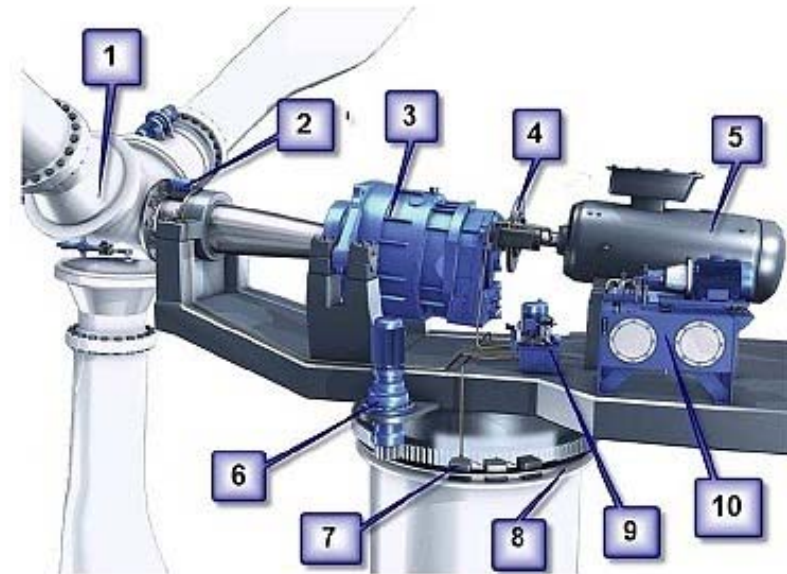




Větrné elektrárny

- **Komponenty**

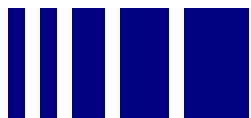
- 1 – rotor, 2 – brzda rotoru,
- 3 – převodové ústrojí, 4 – spojka a brzda
- 5 – generátor, 6 – servomotor pro otáčení
- 7 – brzda otočného mechanismu, 8 – ložisko
- 9 – agregát brzd
- 10 – agregát pro ovládání natočení lopatek



- **Výkon**

$$- P = c_p \cdot \rho \cdot \frac{v^3}{2} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (\text{W})$$

- v (m/s) – rychlost větru
- D (m) – průměr rotoru
- ρ (kg/m³) - hustota vzduchu
- c_p - součinitel výkonu (účinnost)
- dle Betzova pravidla max 0,59 (max větrný potenciál)
- běžně $c_p = (0,75 \div 0,8) c_{pmax}$



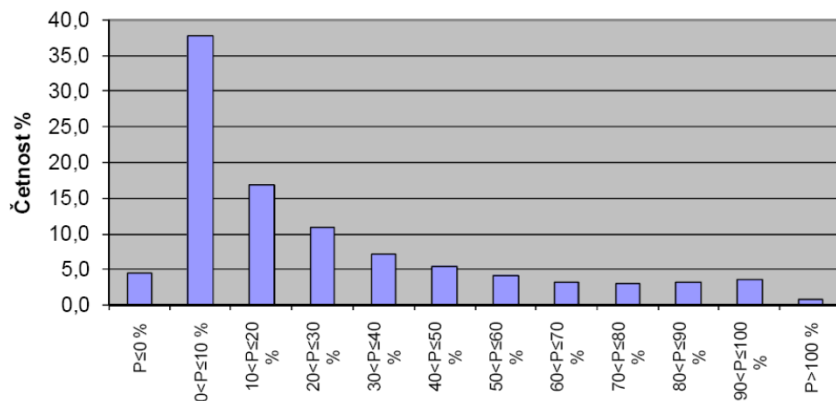
Větrné elektrárny

Farma VTE Kryštofovy Hamry
Měsíční průměrné výkony

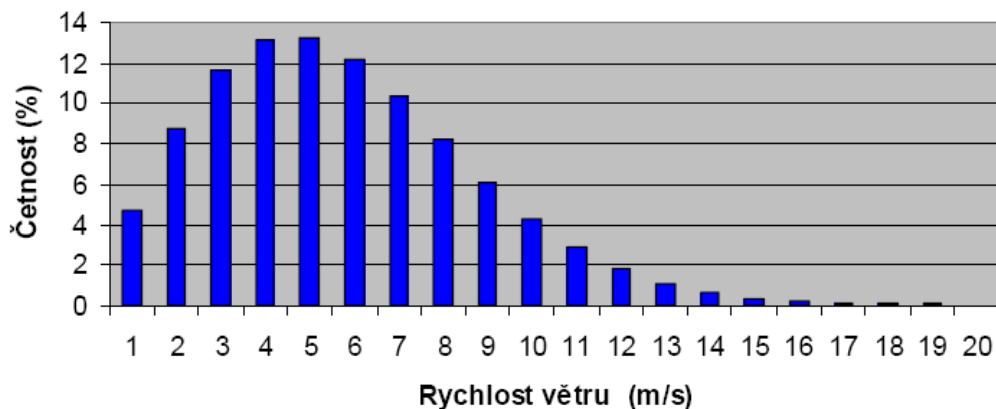
■ 2008 ■ 2009 ■ NORMÁL

- Rychlost větru – Weibullovo rozdělení
- Kryštofovy Hamry – 21 x 2 MW

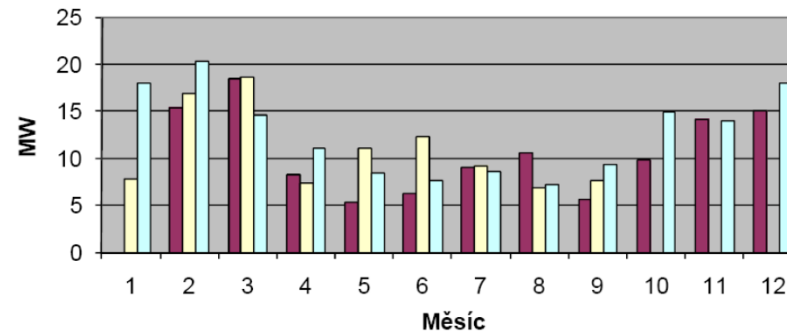
Statistika provozu farmy Kryštofovy Hamry
1.3.2008-28.2.2009



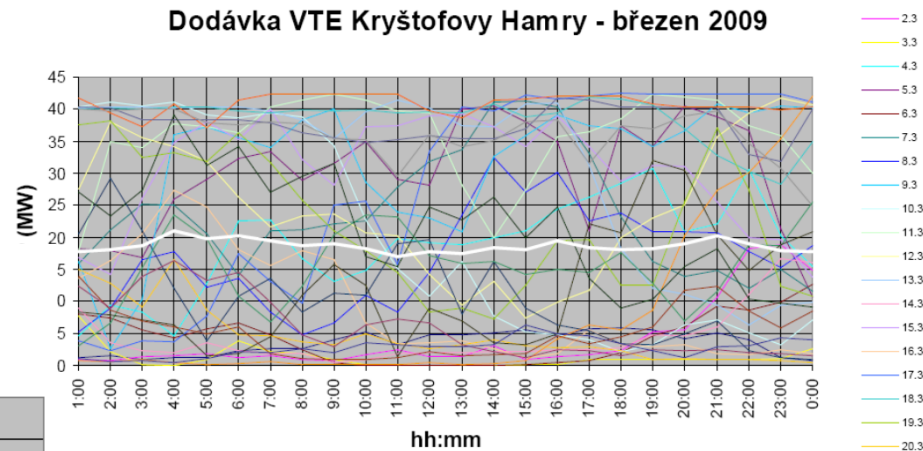
Kryštofovy Hamry, n.v. 855 m, četnost rychlostí větru



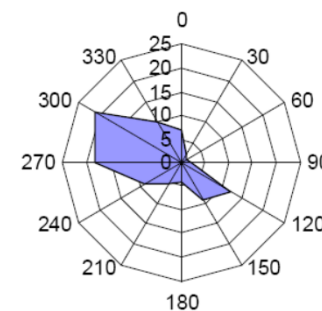
2016



Dodávka VTE Kryštofovy Hamry - březen 2009



Kryštofovy Hamry, n.v. 855 m, větrná růžice

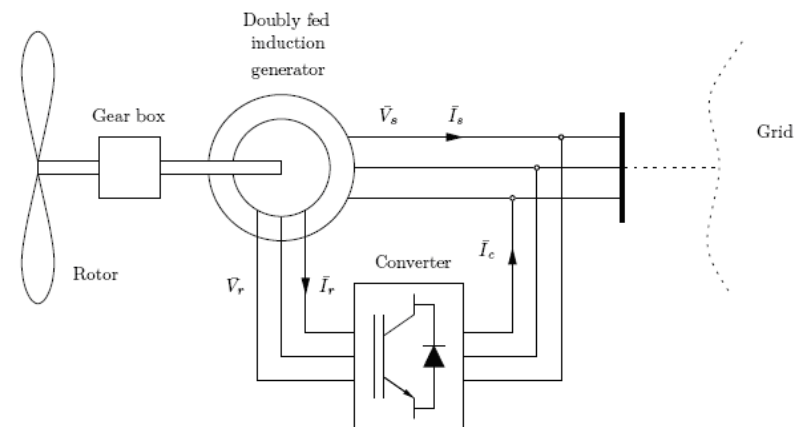
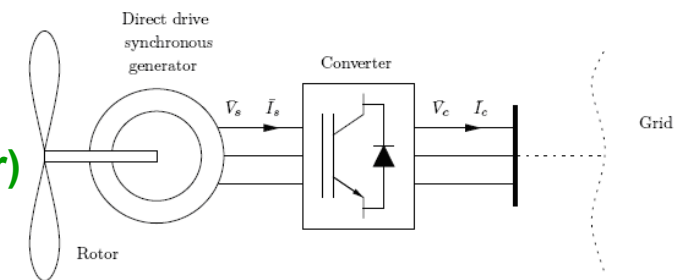
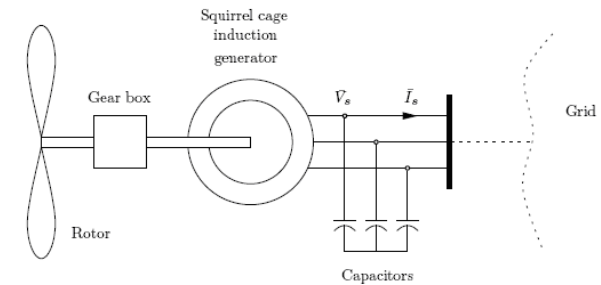


45



Konstrukční provedení VTE

- **Konstrukce rotoru vrtule VTE**
 - **pevné připojení lopatek k rotoru turbíny**
 - **pohyblivé uložení lopatek k rotoru turbíny (pitch regulation)**
- **Generátory používané ve VTE**
 - **asynchronní generátory**
 - **synchronní generátory**
 - **dvojitě napájené generátory (double-fed generator)**
- **Připojení VTE do elektrické sítě**
 - **přímé připojení (turbína – převodovka – generátor)**
 - **nepřímé připojení (turbína – měnič f – generátor)**





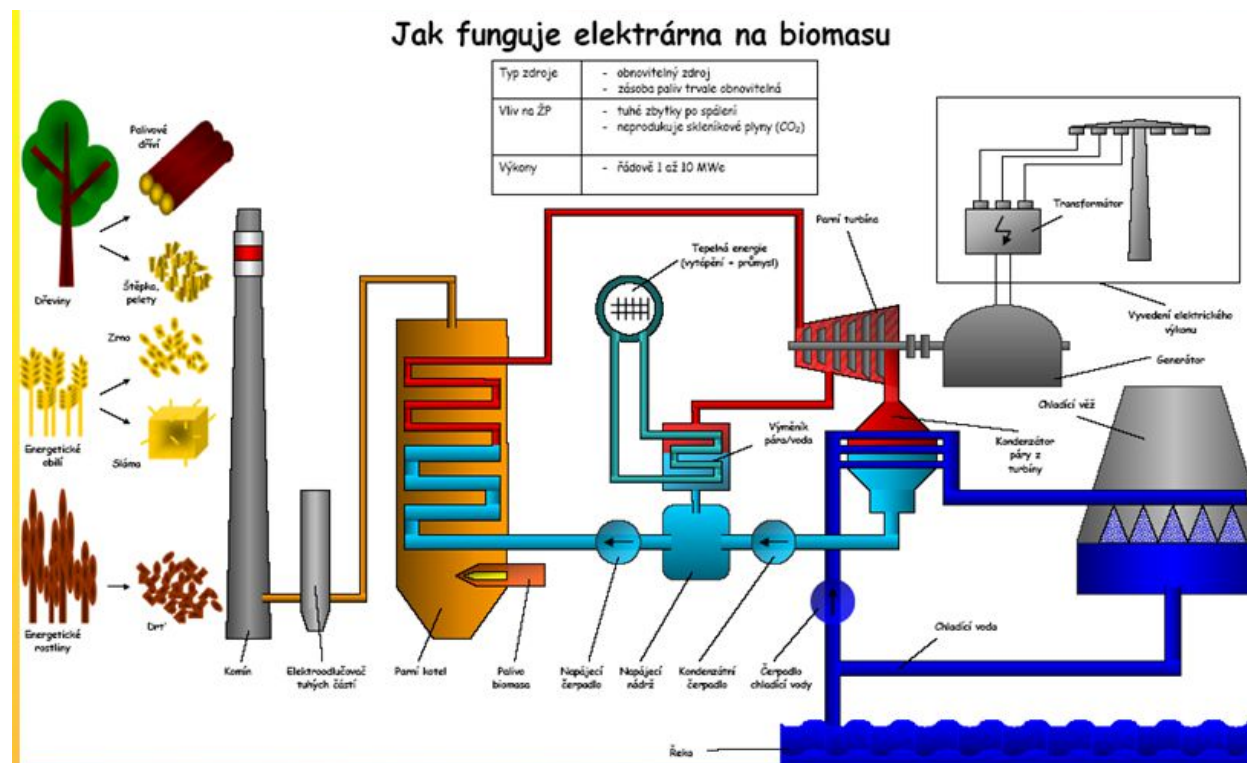
Biomasa

- **Výhody:**
 - zdroj energie – není vázán na lokality
 - pěstování energetických plodin
 - likvidace odpadů – zbytek lze využít jako hnojiva
 - menší negativní dopady na životní prostředí
- **Nevýhody:**
 - vyšší obsah vody → nižší výhřevnost
 - vyšší objem paliva → vyšší skladovací prostory
 - vysoké investiční náklady na výrobu bioplynu
 - nutnost likvidace popela
 - logistika přísunu paliva
- **Situace využití biomasy v ČR**
 - využití rychlerostoucích dřevin (habr, olše, ...)
 - využití dřevěného odpadního materiálu (dřevěné odštěpky a krajinky z pil)
 - obilná sláma:
 - využití v energetice pouze 20 - 30 %
 - hlavní využití v zemědělství



Biomasa

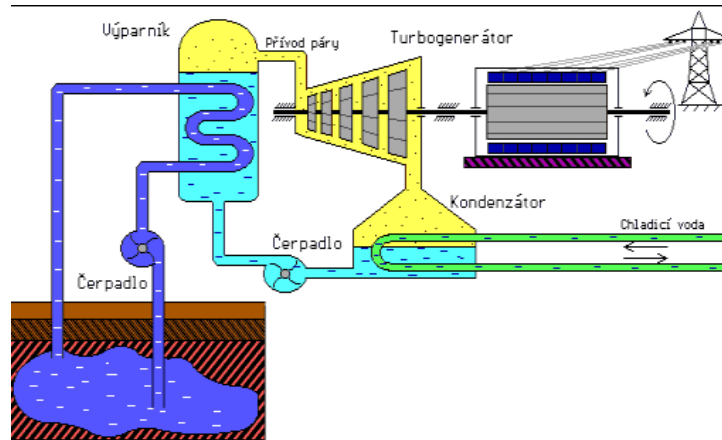
- správné spalování biomasy – uvolnění jen tolik CO₂ kolik je absorbováno rostoucími rostlinami
- obsah zanedbatelného množství síry – nevzniká SO₂
- hodnoty NO_x závisí na obsahu dusíkatých látek a závisí na teplotě spalování
- teplota spalování nižší než 500 °C – uvolnění nespálených dehtových plynů



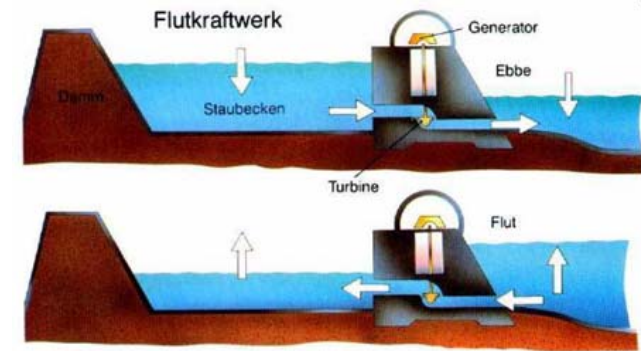
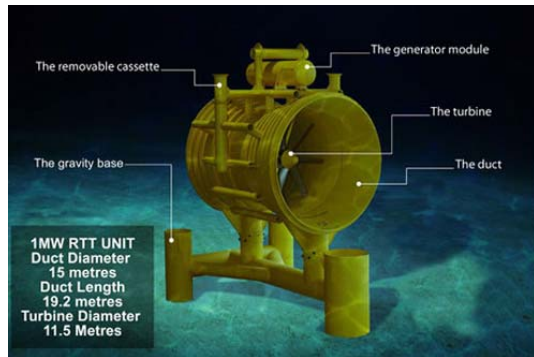


Další OZE

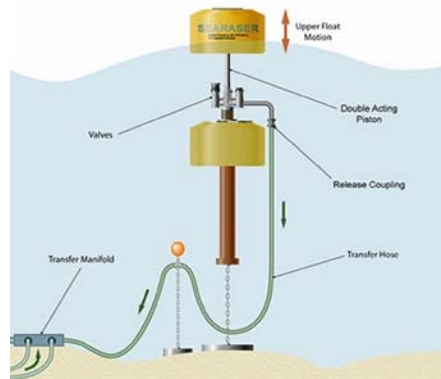
- Geotermální



- Přílivová



- Příbojová





Solární elektrárny

- Sluneční elektrárny

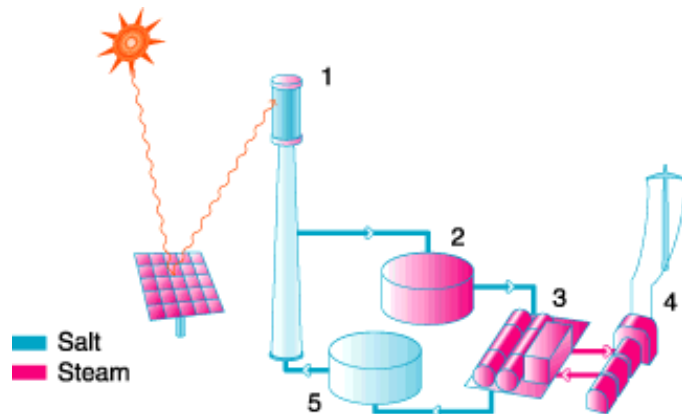
- fotovoltaické

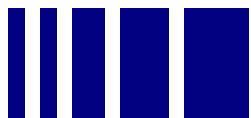
- statické x trackery
 - střešní x volné plochy
 - sluneční elektrárna s kolektory



- věžová sluneční elektrárna (heliostat)

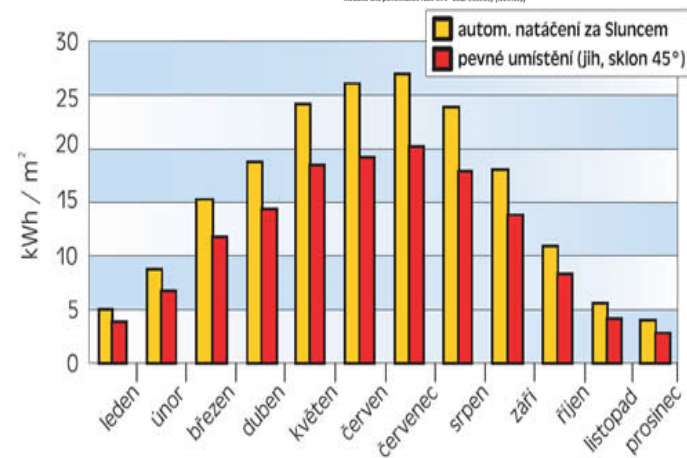
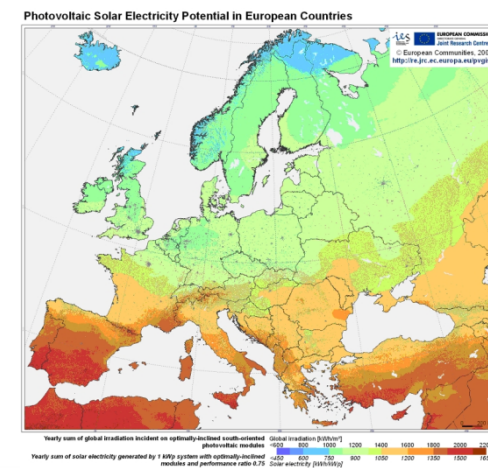
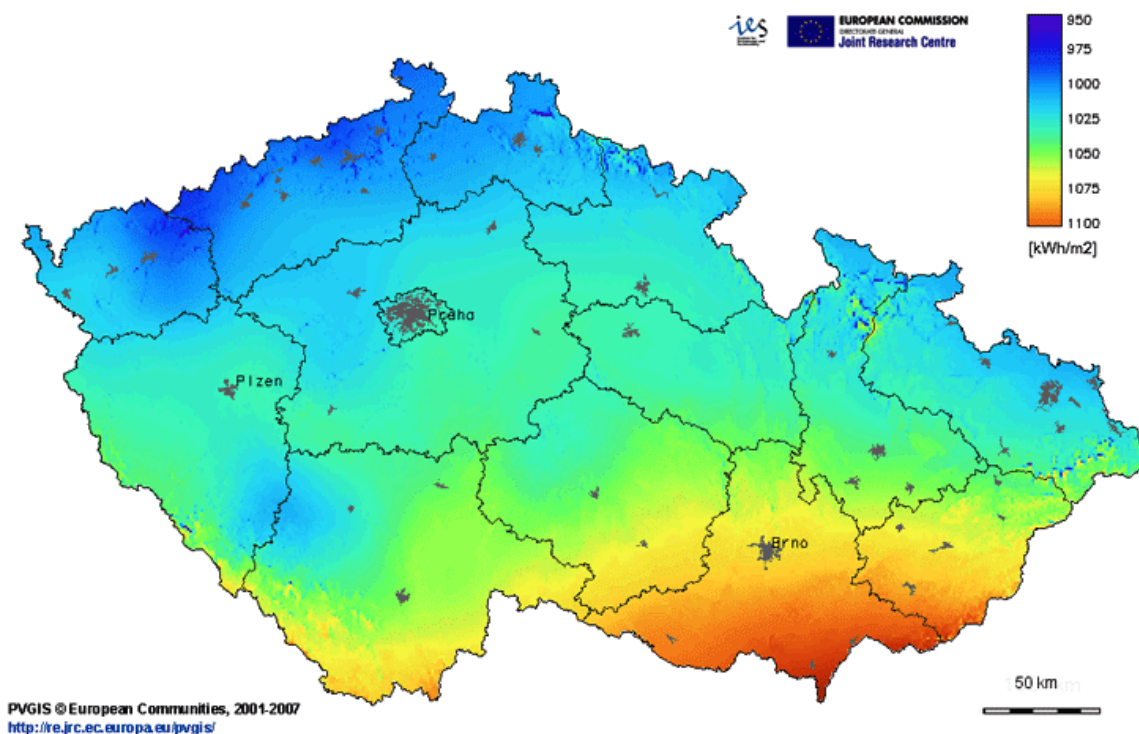
- sluneční záření je soustředěno soustavou naklápějících zrcadel na věž, na jejímž vrcholu je umístěný tepelný výměník určený pro ohřev teplonosného média (princiálně jako PE)

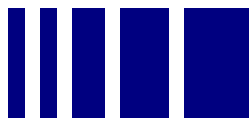




Fotovoltaické elektrárny

- 75 % energie dopadá na naše území v období duben – září
- V ČR dopadne na 1 m² vodorovné plochy zhruba 950 – 1340 kWh energie
- Roční množství slunečních hodin se pohybuje v rozmezí 1331 – 1844 hod
- Účinnost max cca 20 %
- Doba využití maxima cca 10 %
 - → 1 MWh / 1 kW inst.

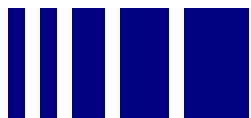




FVE

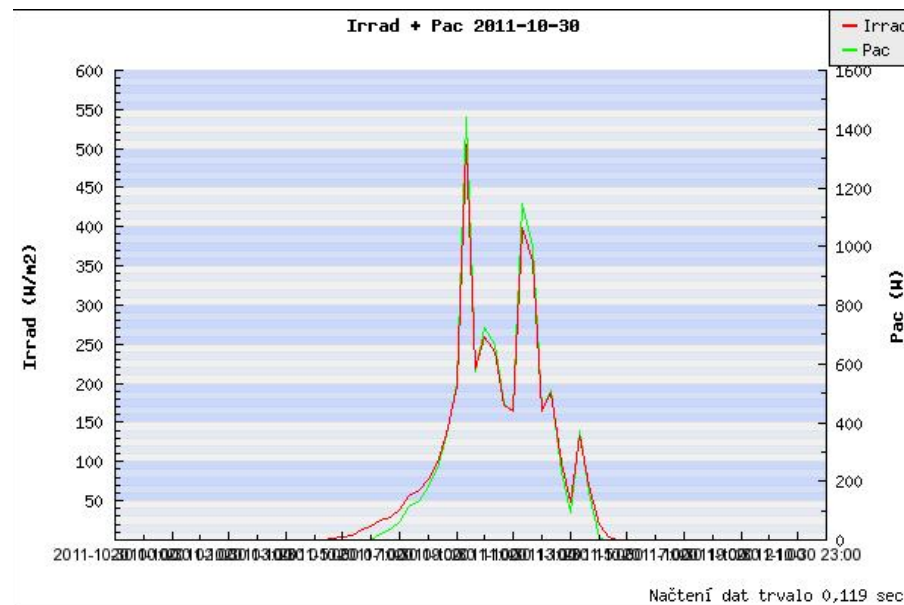
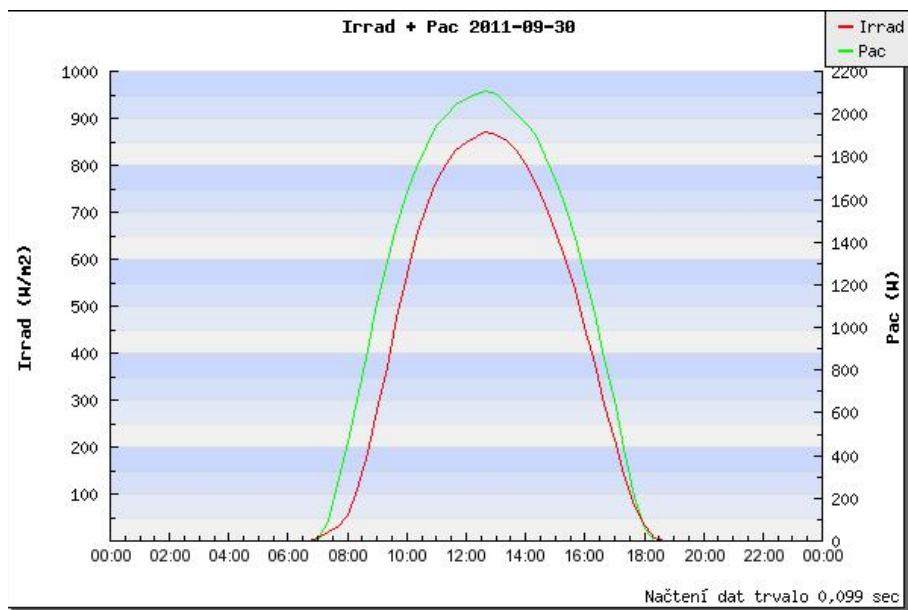
- Instalovaný výkon → plocha
 - panely: 150 W/m²
 - menší plochy cca 1 MW/ha = 100 W/m²
 - nad 5 MW instalovaného výkonu musí být plocha větší 0,5 MW/ha
 - komunikace, vývody, měniče, TRF

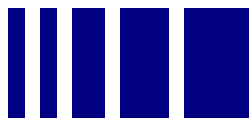




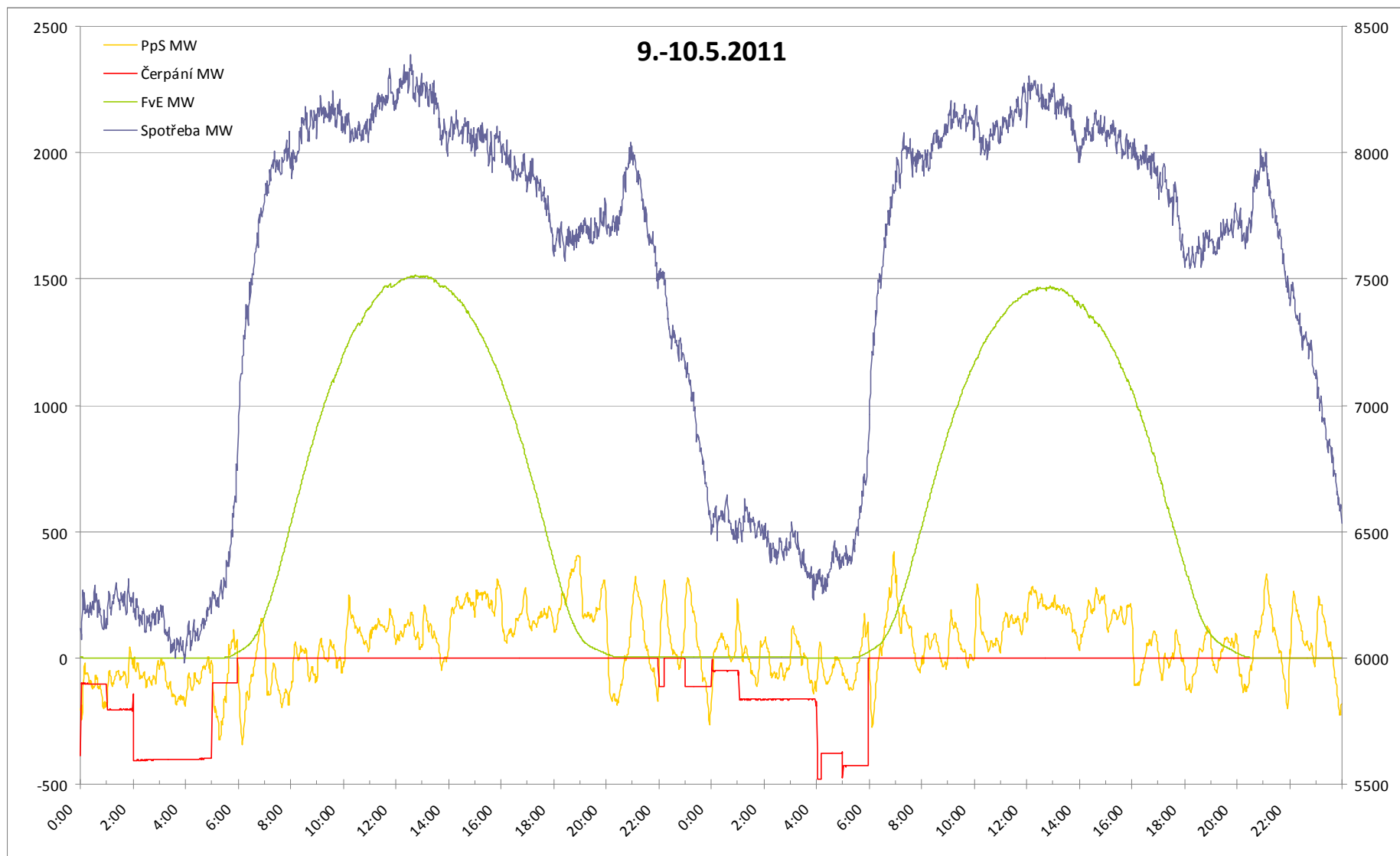
FVE - výkon

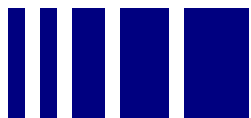
- **Demonstrační systém FEL (K13113) – total 3 kW**





FVE - výkon





FVE - výkon

