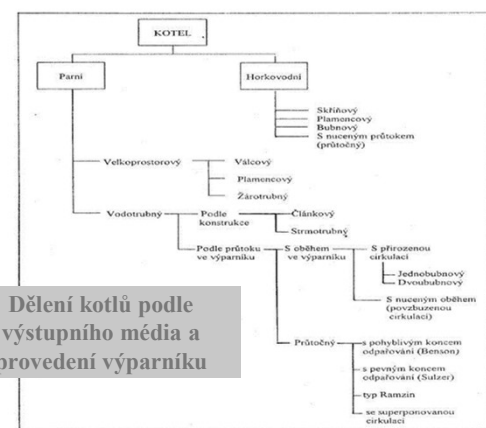


TYPY KOTLŮ, JEJICH DĚLENÍ PODLE VYBRANÝCH HLEDISEK

Typy kotlů

dělení z hlediska:

- druhu spalovaného paliva, způsobu jeho spalování a druhu ohniště
- pracovního média
- charakteru proudění pracovního média – systémy
 - velkoprostorové
 - cirkulační
 - průtočné
- podle konstrukčního uspořádání



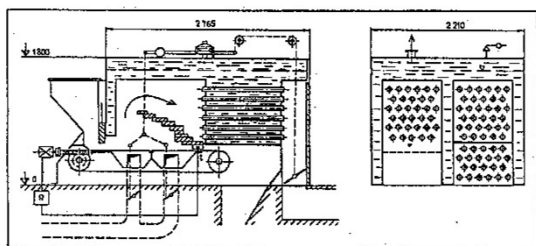
Dělení kotlů podle
výstupního média a
provedení výparníku

Kotel horkovodní

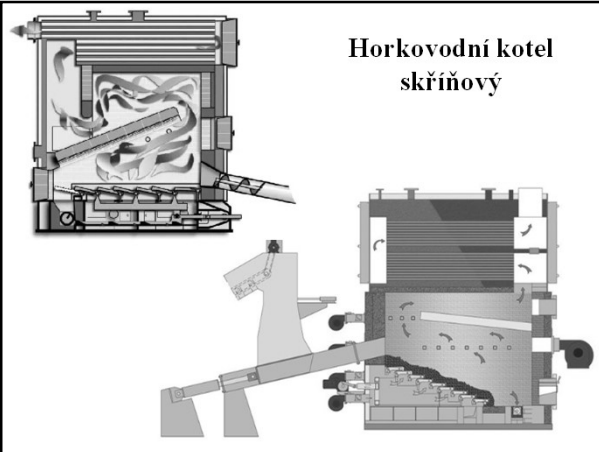
- Skříňový – na tuhá paliva s roštovým ohništěm. Plamencový žárotrubný - dnes jen pro spalování plynu a oleje
- Bubnový - v provedení jako vodotrubný kotel je podobné konstrukce jako parní kotel
- S nuceným průtokem (průtočný) - na spalování oleje nebo plynu ve věžovém nebo dvoutahovém provedení. Staví se pro největší výkony

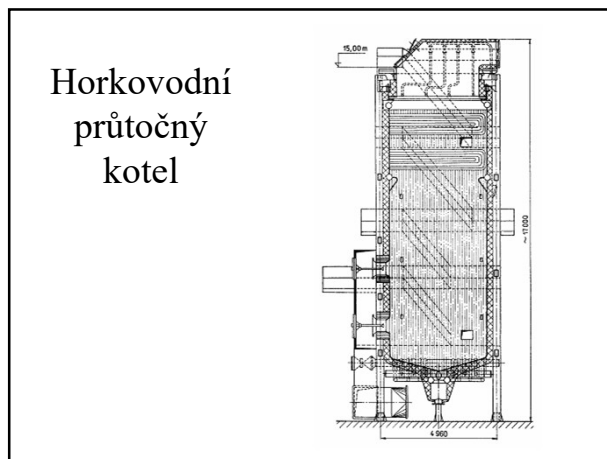
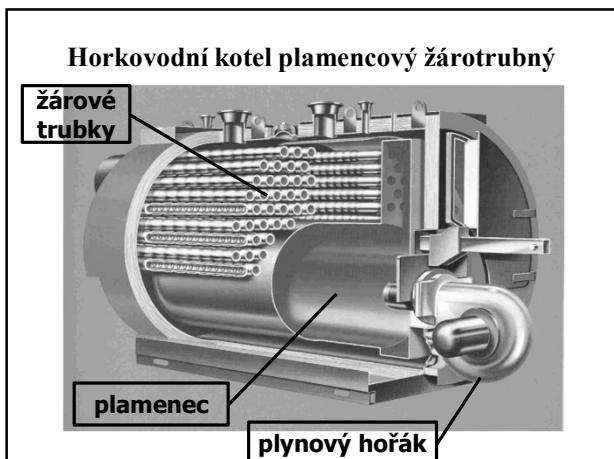
Horkovodní kotel skříňový

- Ohniště je uspořádáno přímo v tělese kotle
- Spaliny proudí do komína přes žárové trubky (uspořádané např. ve 3 tazích)
- Používá se pro menší výkony a tlaky.



Horkovodní kotel skříňový





Kotel parní

podle velikosti vodního obsahu můžeme rozdělit na kotle

- velkoprostorové
- vodotrubné

Velkoprostorový parní kotel

■ vyznačuje se velkým vodním obsahem m_v (kg) a z toho vyplývajícím velkým akumulačním číslem T_d , bývá 8-10 h i větší.

$$T_d = \frac{m_v}{M_p} \quad [h]$$

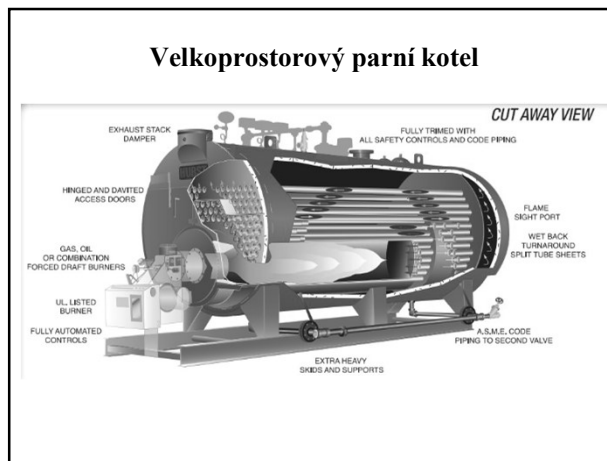
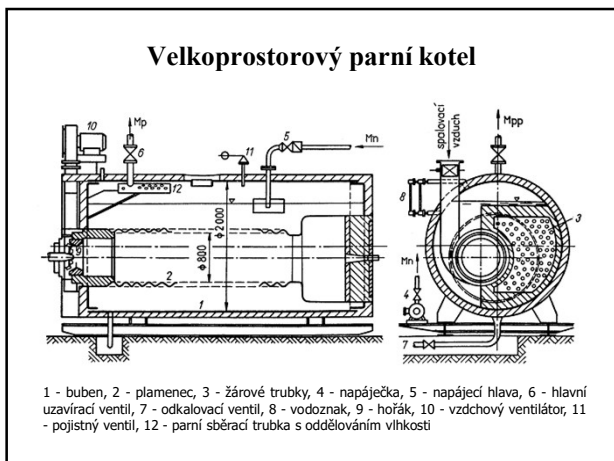
výhody

- malé kolísání tlaku při změnách odběru páry
- necitlivost na kvalitu napájecí vody

nevýhody

- malá výkonnost v řádu desítek MW,
- nízký pracovní tlak do 2,5 MPa,
- výroba spíše jen syté páry, umístění přehříváku páry je sice možné, ale dosažitelné přehřátí malé – desítky °C
- pomalé najíždění (velký vodní obsah)

■ jediným doposud užívaným typem velkoprostorového kotle je kotel plamencový žárotrubný,



Vodotrubné parní kotle

- základním konstrukčním prvkem těchto kotlů je trubka
- v trůbkách proudí voda/pára
- trubky jsou z vnější strany omývány spalínami
- z trubek jsou vytvořeny
 - výhřevné plochy ve tvaru trubkových svazků
 - chlazené obvodové stěny kotle.
- kotle mají nízké akumulací číslo (řádově 10^1 min) - jsou citlivé na změny odběru páry
- zmenšenému vodnímu obsahu kotle odpovídá rychlejší najždění.

Typy vodotrubných parních kotlů

- umožňují stavbu kotlů od nejmenších výkonů až po nejvyšší
- tlak a teplotu páry lze volit od barometrického tlaku až po parametry nadkritické.
- kotle lze stavět s ohništi všech typů na kvalitní i méně hodnotná paliva včetně odpadů.
- liší se konstrukcí výparníku

■ s přirozenou cirkulací	} bubnové kotle
■ s nucenou cirkulací	
■ průtočný (průtlačný)	průtočné kotle

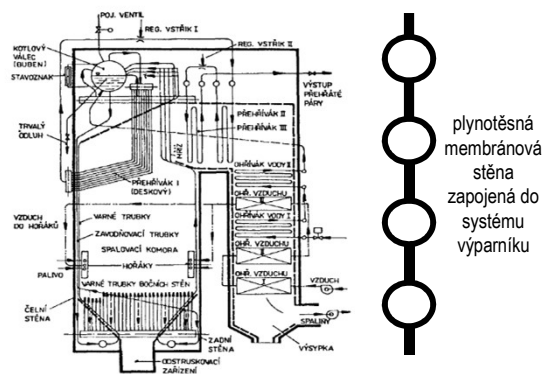
Kotel s přirozenou cirkulací vody ve výparníku

- voda ve výparníku cirkuluje a částečně se odpařuje – četnost oběhu vody výparníkem udává oběhové číslo $O = l/x$ (x = výstupní suchost parovodní směsi)
- průtok v systému výparníku je zajištěn rozdílnou hustotou vody a parovodní směsí $\Delta\rho$ – užitečný vztlak je dán

$$\Delta p = h \cdot \Delta\rho \cdot g$$
 (h = stavební výška výparníku)
- typickým znakem tohoto výparníku je :
 - pevný konec odpařování daný bubnem
 - do varnic vstupuje sytá voda z bubnu při $x = 0$
 - z bubnu vystupuje sytá pára při $x = 1$
- ve vodní části bubnu dochází k zahušťování solí obnažených v obíhající kotelní vodě – nutný odluh M_o

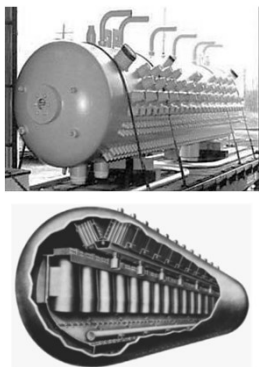


Kotel s přirozenou cirkulací vody ve výparníku

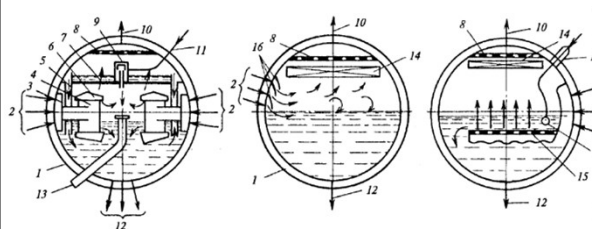


Funkce bubnu

- Úlohou bubnu je
 - čištění páry – dokonalé oddělení kotelní vody od páry
 - udržování dostatečné zásoby vody v kotli.
- Buben tvoří spojovací článěk mezi ohřívákem vody a přehřívákem
 - do bubnu vstupuje
 - voda z EKA
 - parovodní směs z výparníku
 - z bubnu vystupuje
 - sytá pára do přehříváku
 - sytá voda do výparníku
 - odluh
- K bubnu je připojen
 - vodoznak – pro kontrolu výšky hladiny
 - manometr
 - přípojky pojistných ventilů
 - odvědušovací ventily
- Uvnitř bubnu jsou vestavby pro dokonalou separaci vodních kapek z páry
 - odlučovací cyklony
 - plechové žaluzie



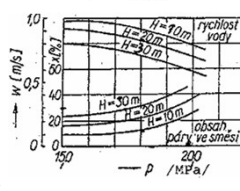
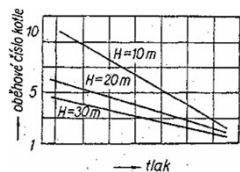
Různé provedení vestaveb v bubnu



- 1- buben, 2- vstup parovodní směsi, 3- sběrna, 4- cyklon, 5- parní sběrna, 6- stříška, 7- děrovaný plech mytí páry, 8- stropní vestavba, 9- rozdělovací komora napájecí vody, 10- výstup páry, 11- přívod napájecí vody, 12- zavodňovací trubky, 13- trubka havarijního přepadu vody, 14- žaluziový separátor, 15- potopený děrovaný plech, 16- usměrňovací plech

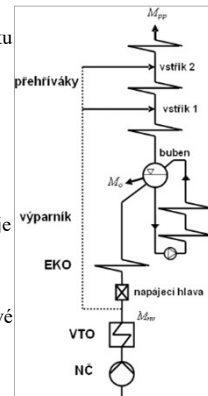
Nevýhody přirozené cirkulace

- Nízký užitečný vztlak vyžaduje minimalizaci tlakových ztrát celého systému – použití svislých přímých trubek většího průměru (60 mm)
 - S rostoucím tlakem a s rostoucí výškou se zvyšuje obsah páry x ve směsi a snižuje se rychlost vody (oběhové číslo).
 - S rostoucím tlakem vyráběné páry se zmenšuje rozdíl hustoty vody a syté páry - oběhové číslo výparníku se snižuje.
 - Čím je větší výška výparníku (pokud výparník tvoří stěny ohniště) (tím je cirkulační číslo menší. S rostoucí výškou výparníku roste jeho parní výkonnost (suchost x) rychleji než rychlost vody (hmotnostní průtok) na vstupu do varnice.
- ↓
- Použití výparníku s přirozeným oběhem je omezeno tlakem.
 - Za provozně ověřený tlak při spolehlivé funkci výparníku se považuje tlak kolem 14,0 MPa.



Kotle s nuceným oběhem (povzbuzenou cirkulací)

- Nucený oběh, který je vyvolán oběhovým čerpadlem, zajišťuje stabilní funkci výparníku i v oblasti vyšších tlaků (do 18 MPa)
- Schéma se výrazně neodlišuje od kotle s přirozenou cirkulací
 - ohřívák napájecí vody je rovněž připojen k bubnu
 - do varnice vstupuje voda z bubnu o stavu sytosti
- Rozdíl je v zařazení oběhového čerpadla v zavodňovacím potrubí výparníku (dopravní přetlak kolem 0,3 až 0,6 MPa), které zajišťuje dostatečný průtok pro spolehlivý provoz výparníku
- Výparník s nuceným oběhem může být proveden z trubek menšího průměru (oběhové čerpadlo pokryje větší tlakové ztráty) – je lehčí a levnější, může mít menší výšku
- Pro tyto kotle používá název La Mont



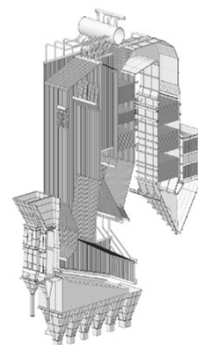
Kotle průtočné

- Ohřev vody na bod varu, odpaření vody a přehřátí vyrobené páry je v principu soustředěno do „jedné“ trubky, do které se na vstupu přivádí napájecí voda a z výstupu se odvádí přehřátá pára
- Průtočný systém nemá bubnu a jednotlivé části tlakového systému navzájem na sebe navazují (nemají žádný společný prvek).
- Obecně u průtočného systému není pevný začátek a konec odpařování – poloha výparníku v kotli se mění v závislosti na výkonu, změně teploty napájecí vody, struskování stěn ohniště apod.
- Rozdíl proti cirkulačnímu výparníku je
 - ve stavu vody na vstupu do výparníku – voda musí být bezpečně pod mezi sytosti
 - ve stavu páry vstupující do přehříváku, s níž se vzhledem k vyšší rychlosti proudění směsi ve varnici strhává i vodní mlha.
- Rozdíl je i ve způsobu regulace kotle – odpadá regulace hladiny v bubnu a kotel se reguluje tak, že se trvale udržuje stálý poměr mezi průtokem vody napájené do kotle a tepelným výkonem ohniště.



Výhody bubnových kotlů

- mohou pracovat s napájecí vodou horší kvality při dodržení kvality páry
- mají velký vodní obsah => vyšší akumulaci schopnost je předurčuje k průmyslovým aplikacím
- nízká tlaková ztráta => nižší příkon napáječky
- univerzální použití – teplárny, elektrárny, průmyslové energetické centráry



Nevýhody bubnových kotlů

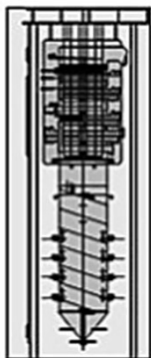
- tlakové a výkonové omezení
- těžší a dražší konstrukce
- menší provozní pružnost
- pomalejší najíždění

Výhody průtočných kotlů

- odpadá parní bubnu
 - levnější řešení
 - provozně pružnější
- použitelné pro velmi vysoký a nadkritický tlak

Nevýhody průtočných kotlů

- velká tlaková ztráta výparníku (1,0 – 1,6 MPa) vynucená zajištěním stabilního vyrovnaného průtoku ve všech varnicích při nízkém výkonu kotle
- složitější regulace
- menší akumulace ve výparníku – citlivost na rychlé změny odběru páry
- složitější najíždění – nutný separátor vlhkosti na konci výparníku
- vyšší nároky na kvalitu vody – demineralizace
- uplatnění v podstatě pouze v elektrárnách



Výrobní teplo a množství paliva

- výrobní teplo vody resp. páry = tepelný výkon kotle
- výrobní teplo vyjadřuje množství tepla potřebné pro výrobu požadovaného množství vody resp. páry s definovanými parametry z vody napájecí.
- teplo se získává ochlazením spalin, které vznikají při spalování paliva.
- tepelný výkon kotle Q_v , a jeho tepelný příkon v palivu Q_p je svázán účinností kotle

$$\eta_k = \frac{Q_v}{Q_p}$$

- základní energetická bilance kotle je

$$Q_v = \eta_k \cdot Q_p = \eta_k \cdot M_{pv} \cdot Q_i$$

Výrobní teplo a množství paliva

Výrobní teplo (tepelný výkon) horkovodního kotle

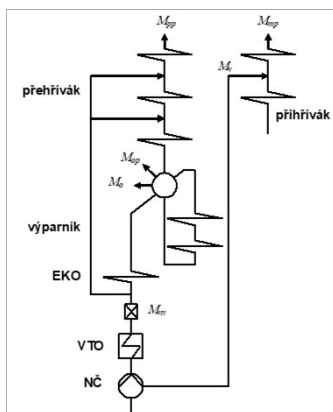
$$Q_v = M_w \cdot c_p \cdot (t_{w2} - t_{w1}) = M_w \cdot (i_{w2} - i_{w1}) \quad (MW)$$

M_w [kg/s] je průtok vody kotlem,
 c_p [kJ/kgK] je měrná tepelná kapacita vody,
 $t_{w1,2}$ [°C] je teplota vody vstupní resp. výstupní
 $i_{w1,2}$ [kJ/kg] je entalpie vody vstupní resp. výstupní

Výrobní teplo (tepelný výkon) parního kotle

$$Q_v = M_{pp} \cdot (i_{pp} - i_{nv}) + (M_{mp} - M_v) \cdot (i_{mp2} - i_{mp1}) + M_v \cdot (i_{mp2} - i_v) + M_o \cdot (i'_w - i_{nv}) + M_{op} \cdot (i''_p - i_{nv}) \quad (MW)$$

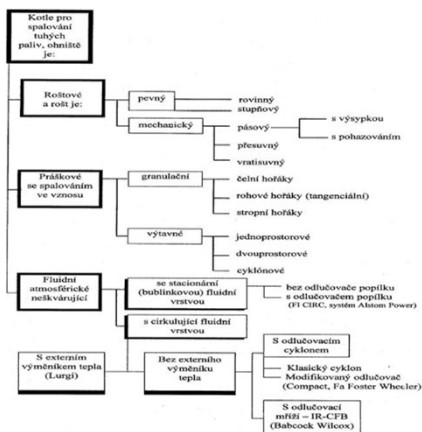
M_{pp} [kg/s] je průtok ostré páry resp. parní výkon kotle,
 M_{mp} [kg/s] je průtok přehřáté páry,
 M_v [kg/s] je množství vstříkované vody do přehřáté páry,
 M_o [kg/s] je množství odluhované vody z bubnu,
 M_{op} [kg/s] je množství odebrané syté páry,
 i_{pp} [kJ/kg] je entalpie přehřáté páry,
 i_{nv} [kJ/kg] je entalpie napájecí vody, a
 $i_{mp2, mp1}$ [kJ/kg] jsou výstupní a vstupní entalpie přehřáté páry,
 i_v [kJ/kg] je entalpie vody vstříkované do přehřáté páry, a
 i'_w, i''_w [kJ/kg] jsou entalpie syté vody a páry při tlaku v bubnu.



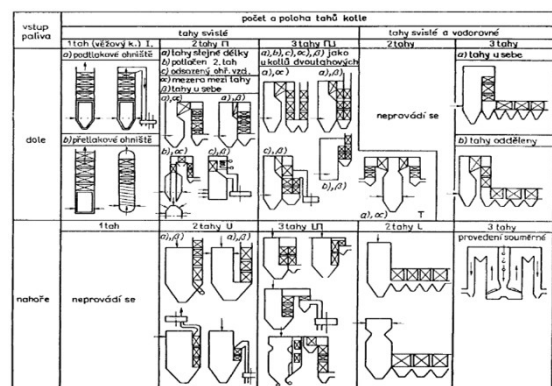
Dělení kotlů podle druhu spalovaného paliva, způsobu jeho spalování a druhu ohniště

Podle druhu spalovaného paliva rozdělujeme kotle pro spalování :

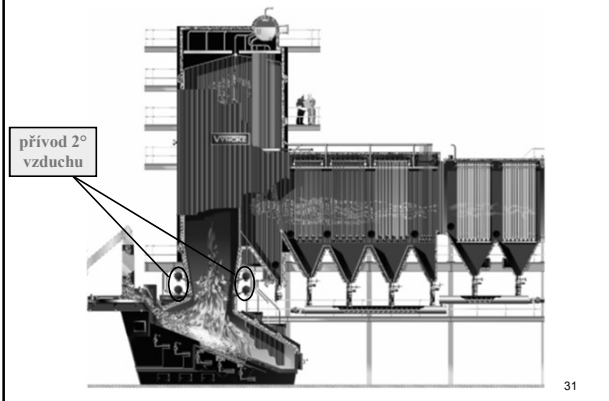
- tuhých paliv
- plyných paliv
- kapalných paliv
- alternativních, „zvláštních“ paliv a biomasy



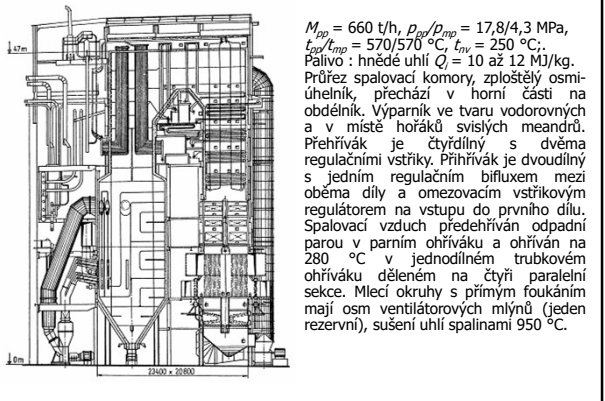
Dělení kotlů podle uspořádání a počtu tahů kotle



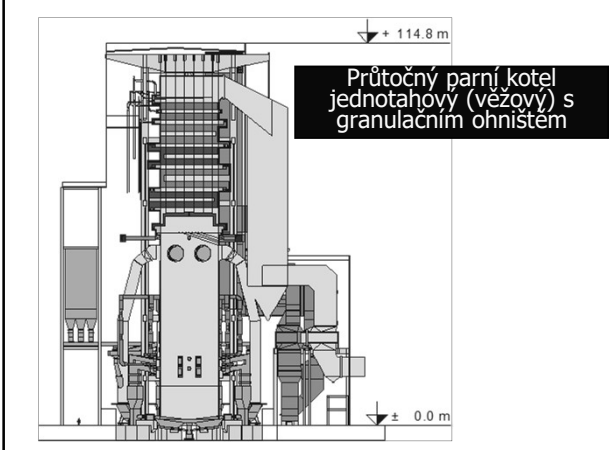
Roštový parní kotel na biomasu s cirkulačním výparníkem



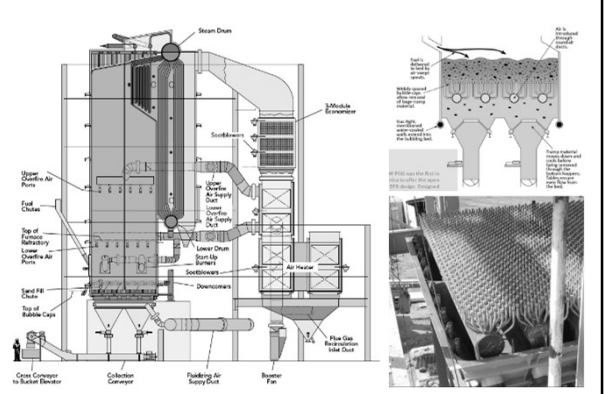
Elektrárenský průtočný parní kotel s granulačním ohništěm



Průtočný parní kotel jednotahový (věžový) s granulačním ohništěm



Fluidní kotel se stacionární fluidní vrstvou



Kotle s cirkulující fluidní vrstvou s odlučovacím cyklonem

