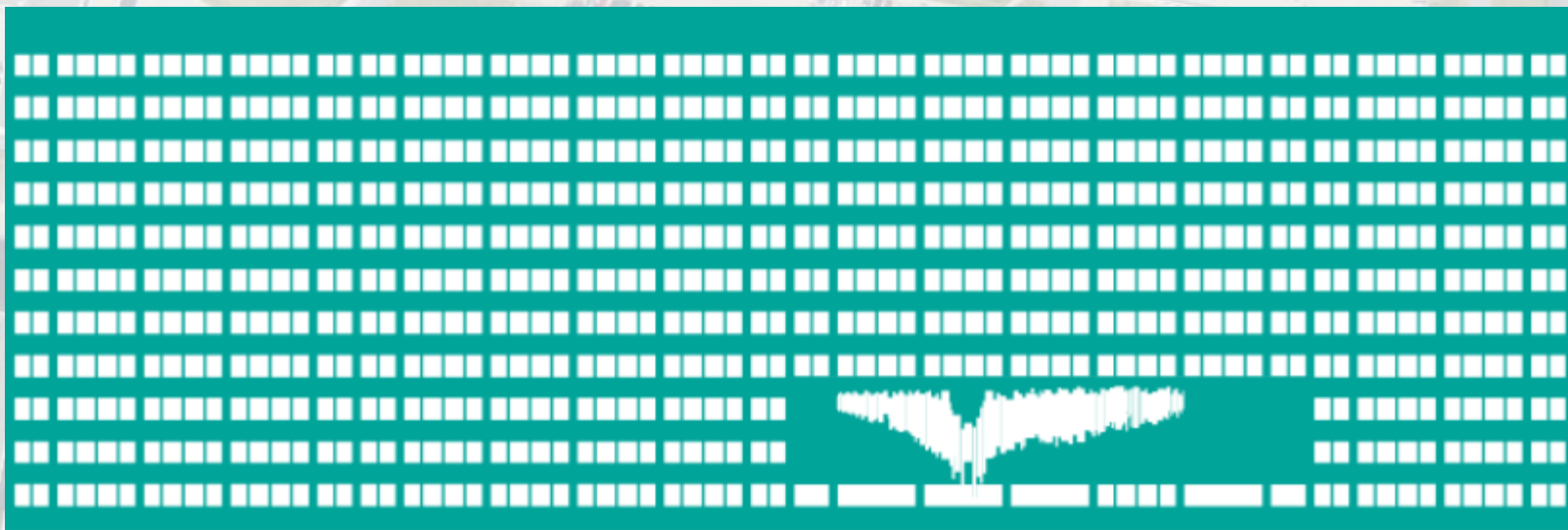




VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA



Moderní energetické zdroje

Doc. Dr. Ing. Tadeáš Ochodek

**Jedná se o zdroje, které spojuje několik charakteristických vlastností.
Jedná se hlavně o tyto:**

- + vysoká účinnost**
- + nízká produkce škodlivých látek**
- vysoká pořizovací cena !**
- jen těžce konkurují klasickým zdrojům !**

Kotle pro spalování pevných paliv

Ohniště je

- **roštové**, rošt je

- pevný
 - rovinný
 - stupňový
- mechanický
 - pásový
 - s výsypkou
 - s pohazováním
- přesuvný
- vratisuvný

- **práškové** se spalováním ve vzhledu

- granulační
 - čelní hořáky
 - rohové hořáky
 - stropní hořáky
- výtavné
 - jednoprostorové
 - dvouprostorové
 - cyklónové
- **fluidní**
 - se stacionární vrstvou
 - s cirkulující vrstvou

Kritéria pro volbu typu ohniště

vlastnosti paliva

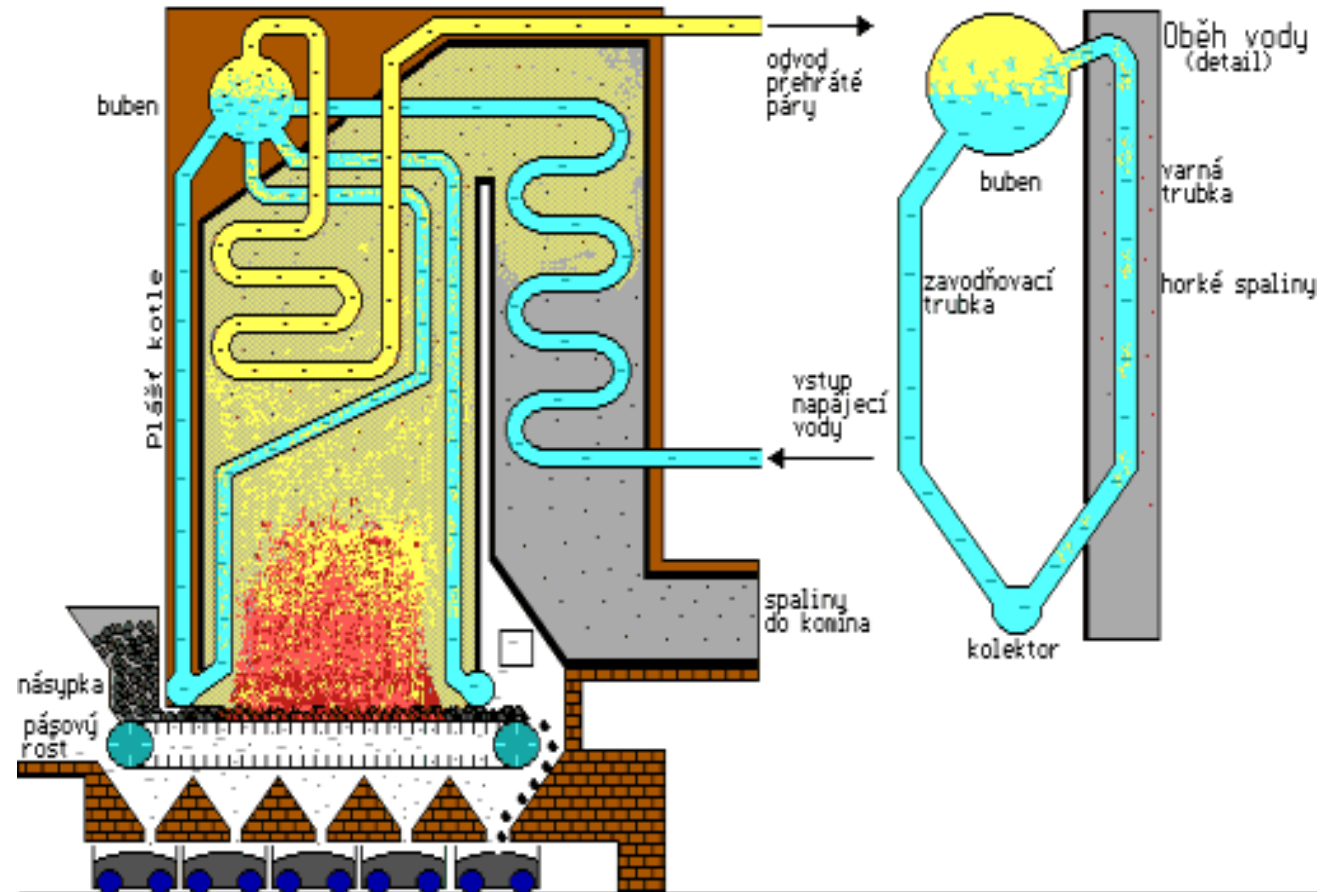
složení

fyzikální a chemické vlastnosti

vlastnosti popelovin

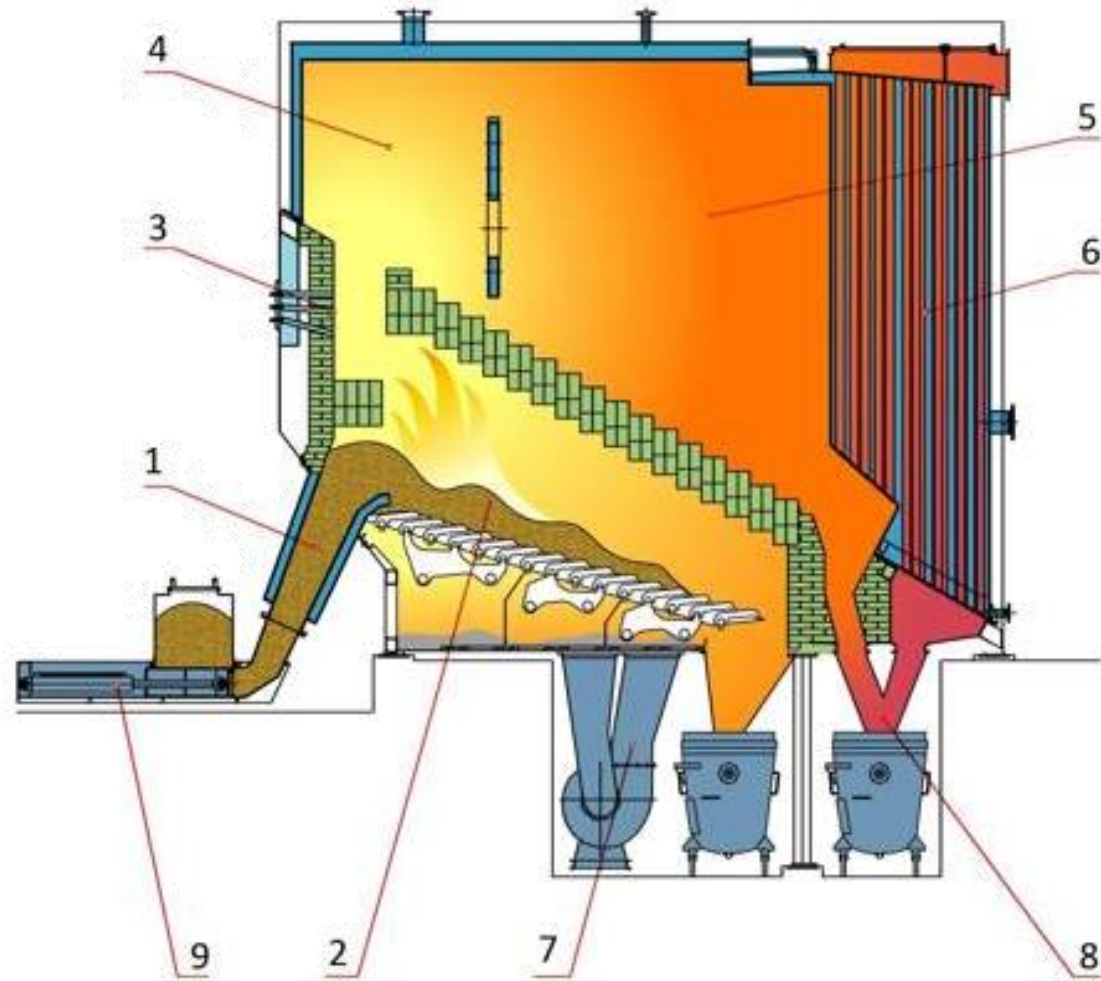
výkon kotle

- ***mechanické roštové ohniště:***
od 0,25 MWt po cca 150 MWt
- ***práškové ohniště:***
od cca 40 MWt až po nejvyšší výkony
- ***fluidní ohniště:***
 - *stacionární* (bublinková) vrstva:
obvykle do cca 40 MWt, ale i např. 200 MWt,
 - *cirkulující* fluidní vrstva:
od cca 40 MWt do dnešních cca 750 MWt.



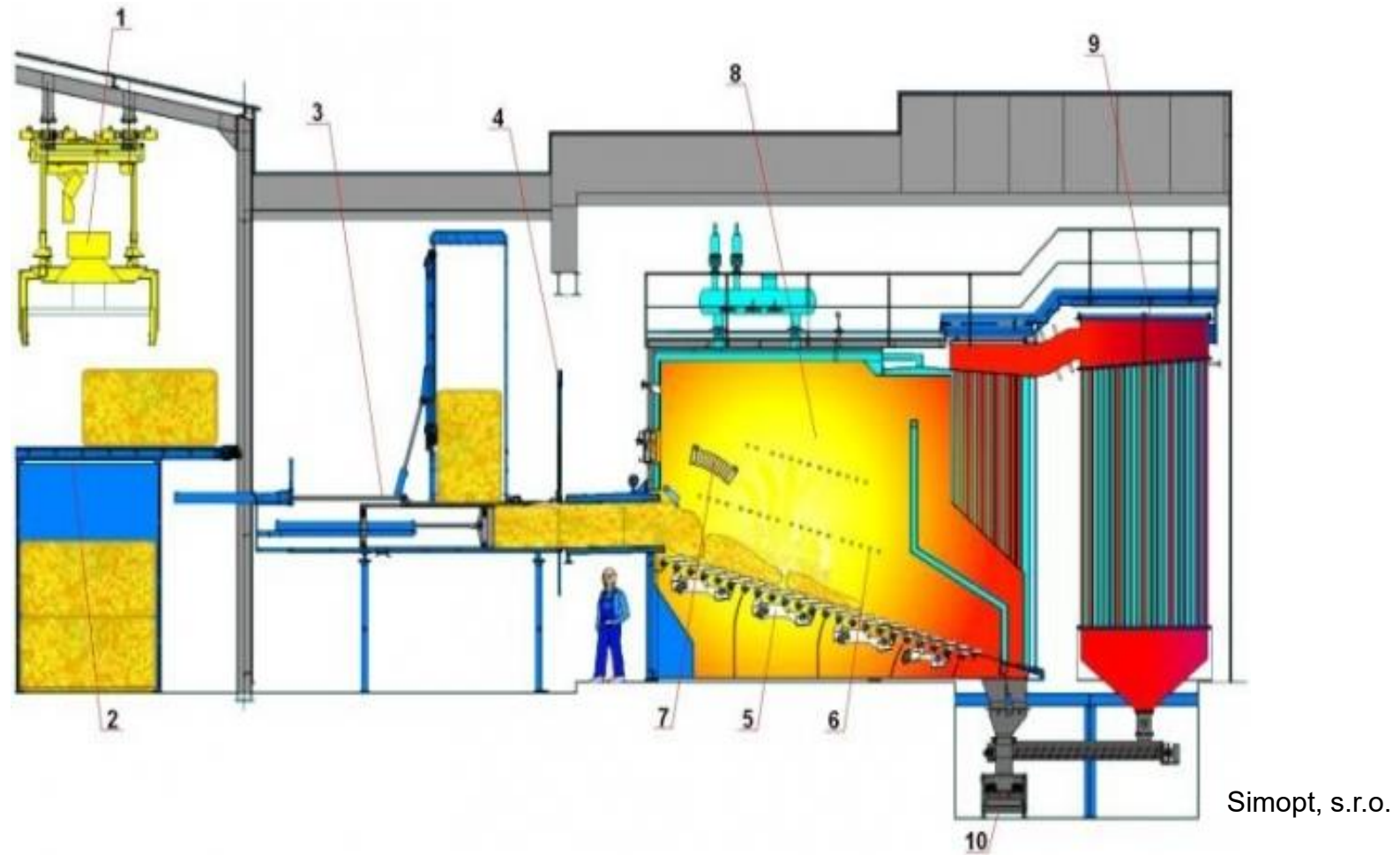
Simopt, s.r.o.

Roštový kotel s pásovým roštem



Simopt, s.r.o.

Roštový kotel s přesuvným roštem



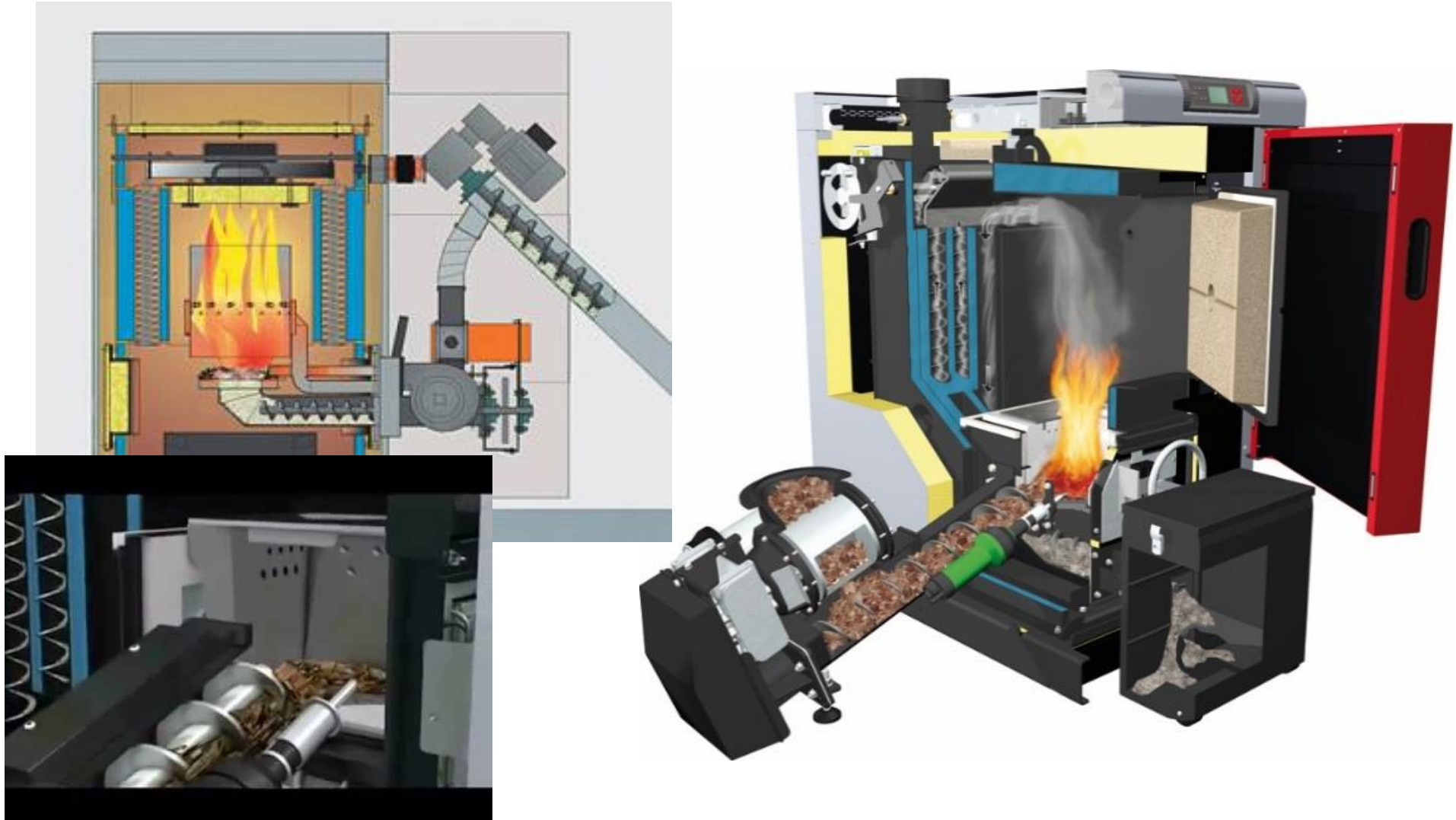
Roštový kotel s přesuvným roštem pro spalování slámy

Automatické teplovodní kotle na tuhá paliva

Jedná se v principu o zdokonalené klasické kotle na tuhá paliva s manuálním přikládáním. Cílem vývojářů kotlů bylo hlavně:

- zvýšení komfortu obsluhy
- zvýšení bezpečnosti provozu
- nízká produkce škodlivin
- vysoká tepelná účinnost
- modulární konstrukce a řízení
- možnost spolupráce s jiným kotlem nebo solárním kolektorem
- možnost přikládání z externího zásobníku
- moderní designe a dlouhá životnost

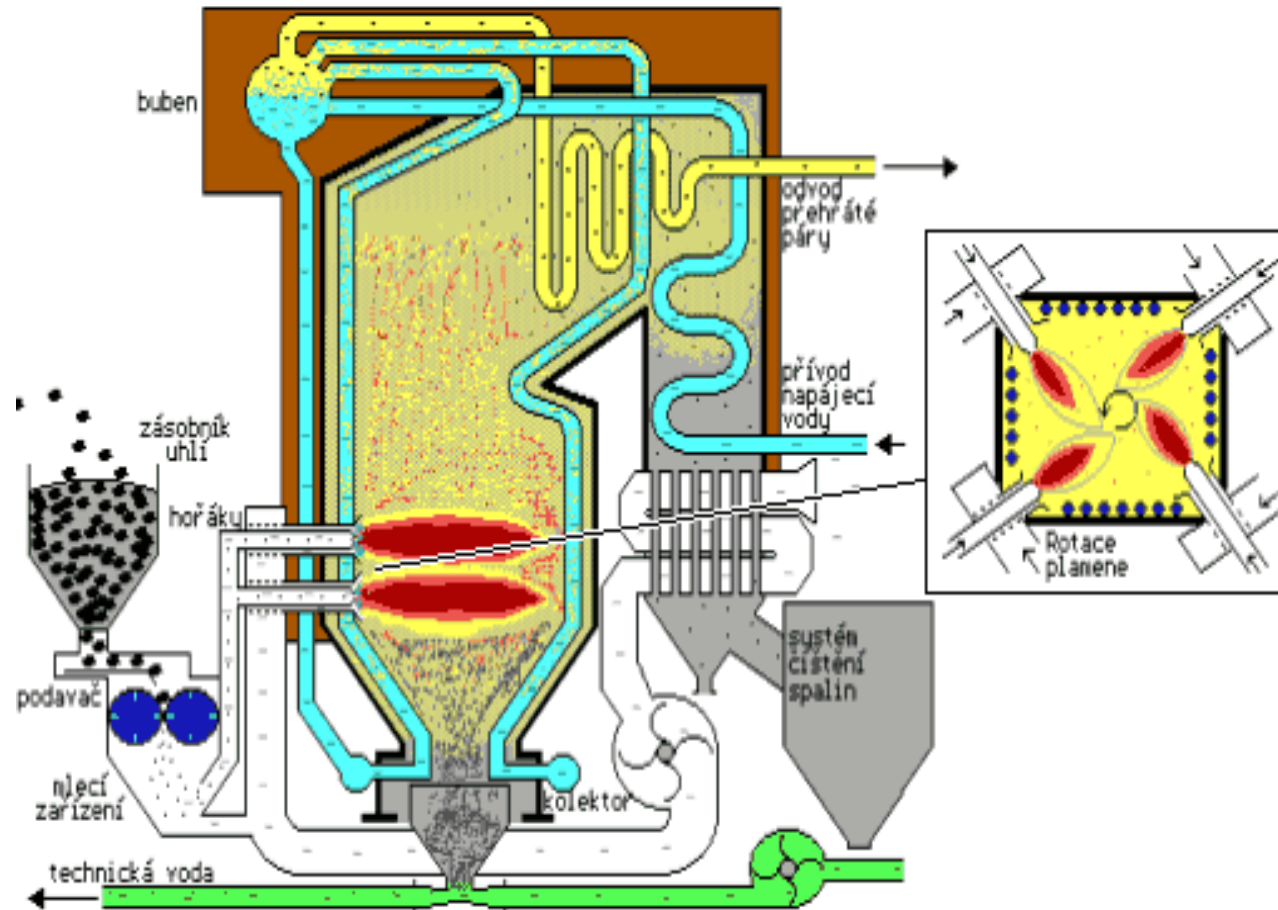




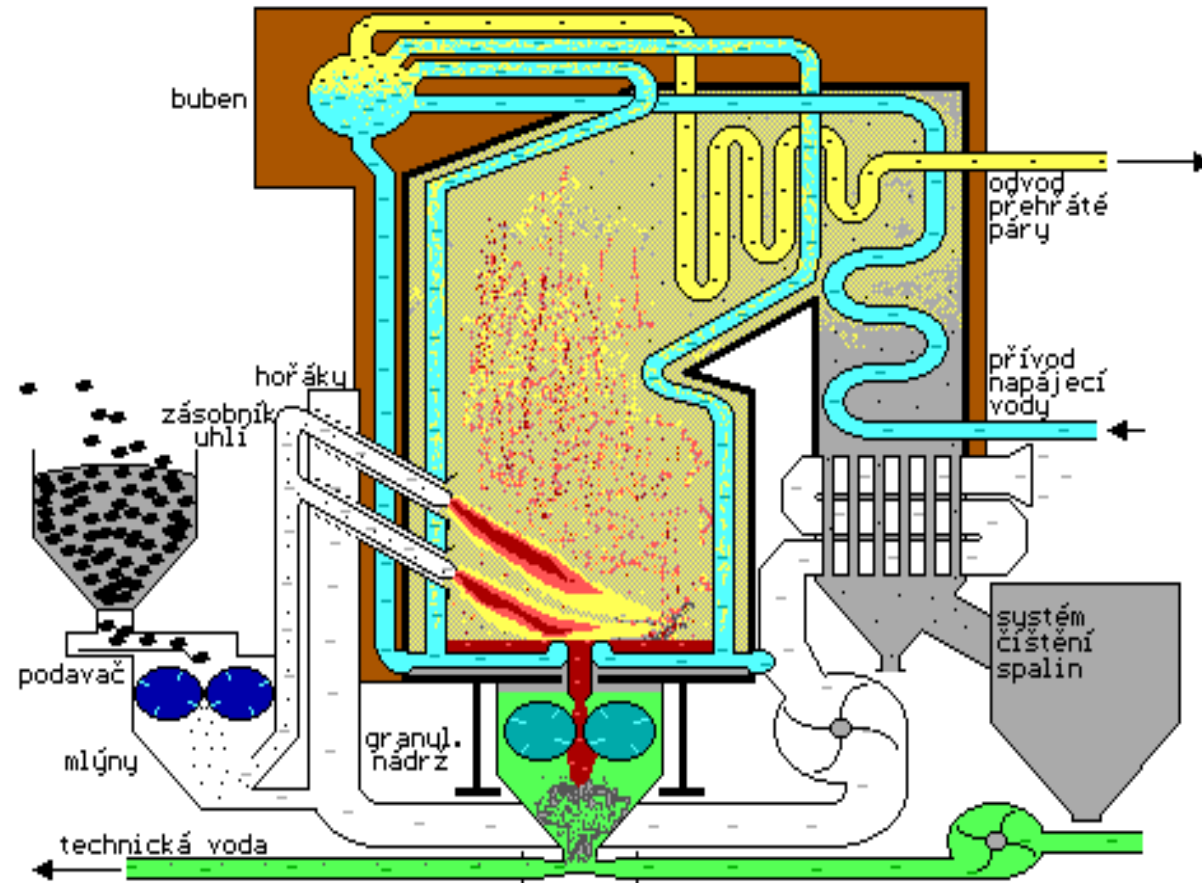
Kotle s retortovým ohništěm



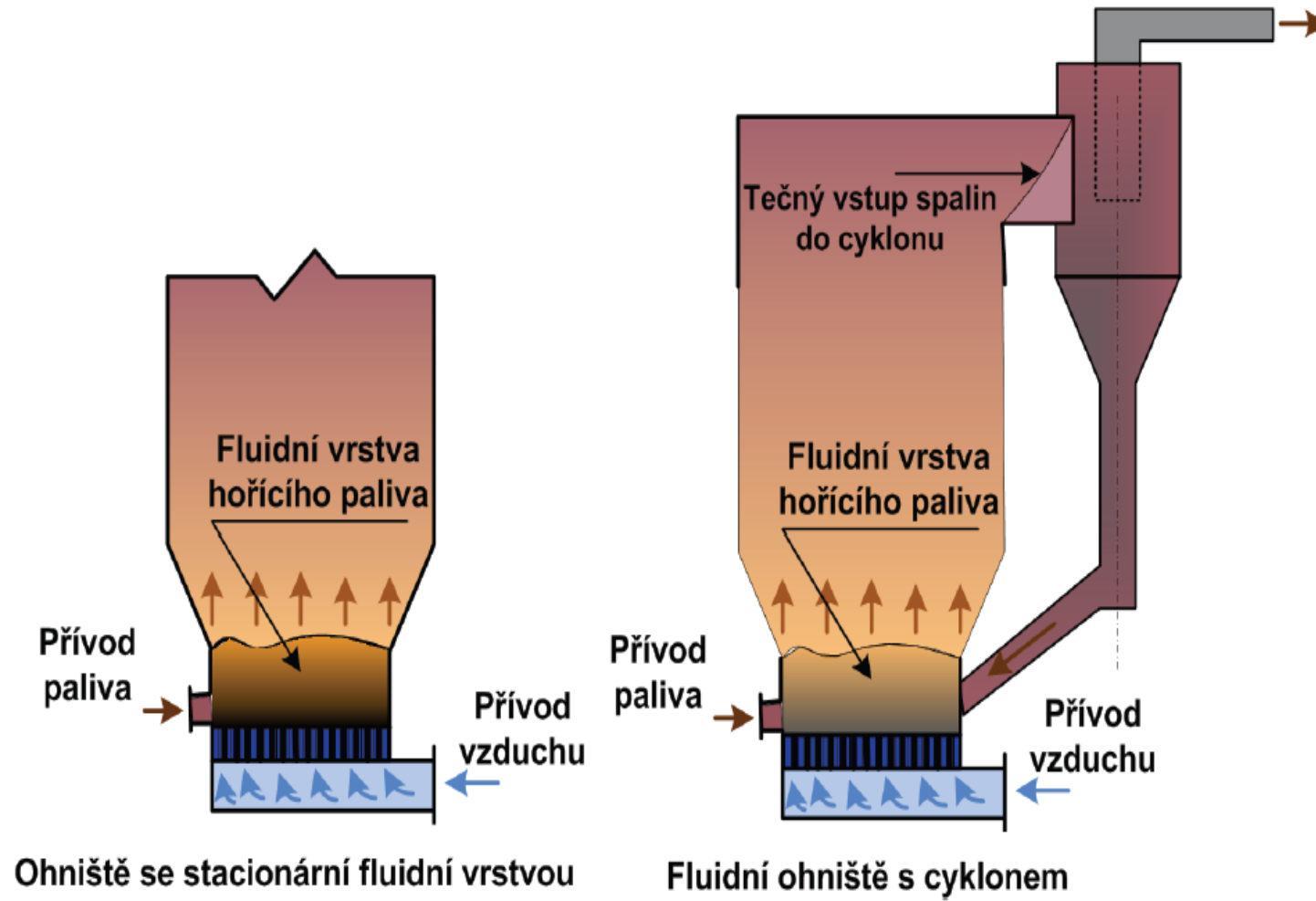
Kotel s retortovým ohništěm

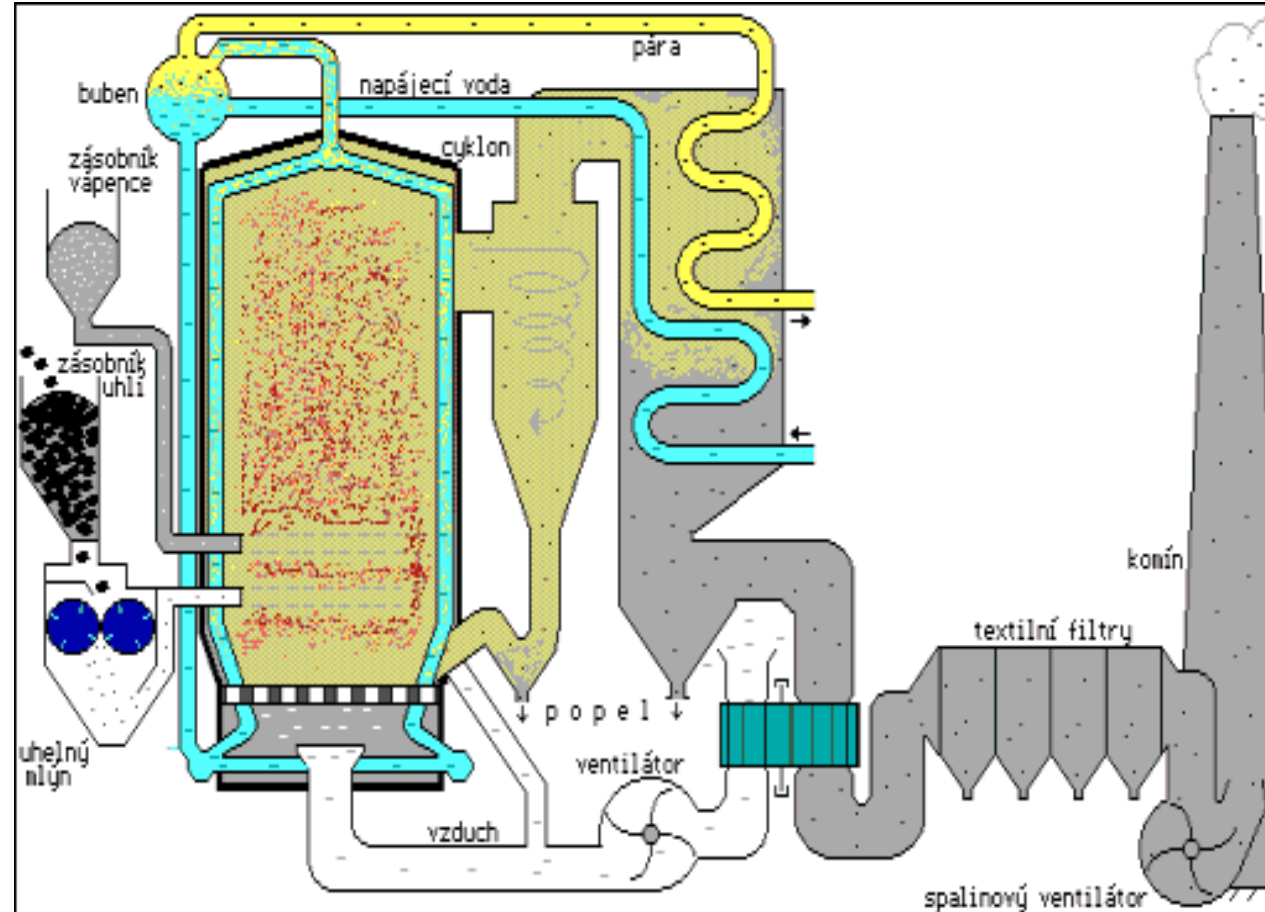


Kotel s granulačním ohništěm



Kotel s výtavným ohništěm





Kotel s fluidním ohništěm

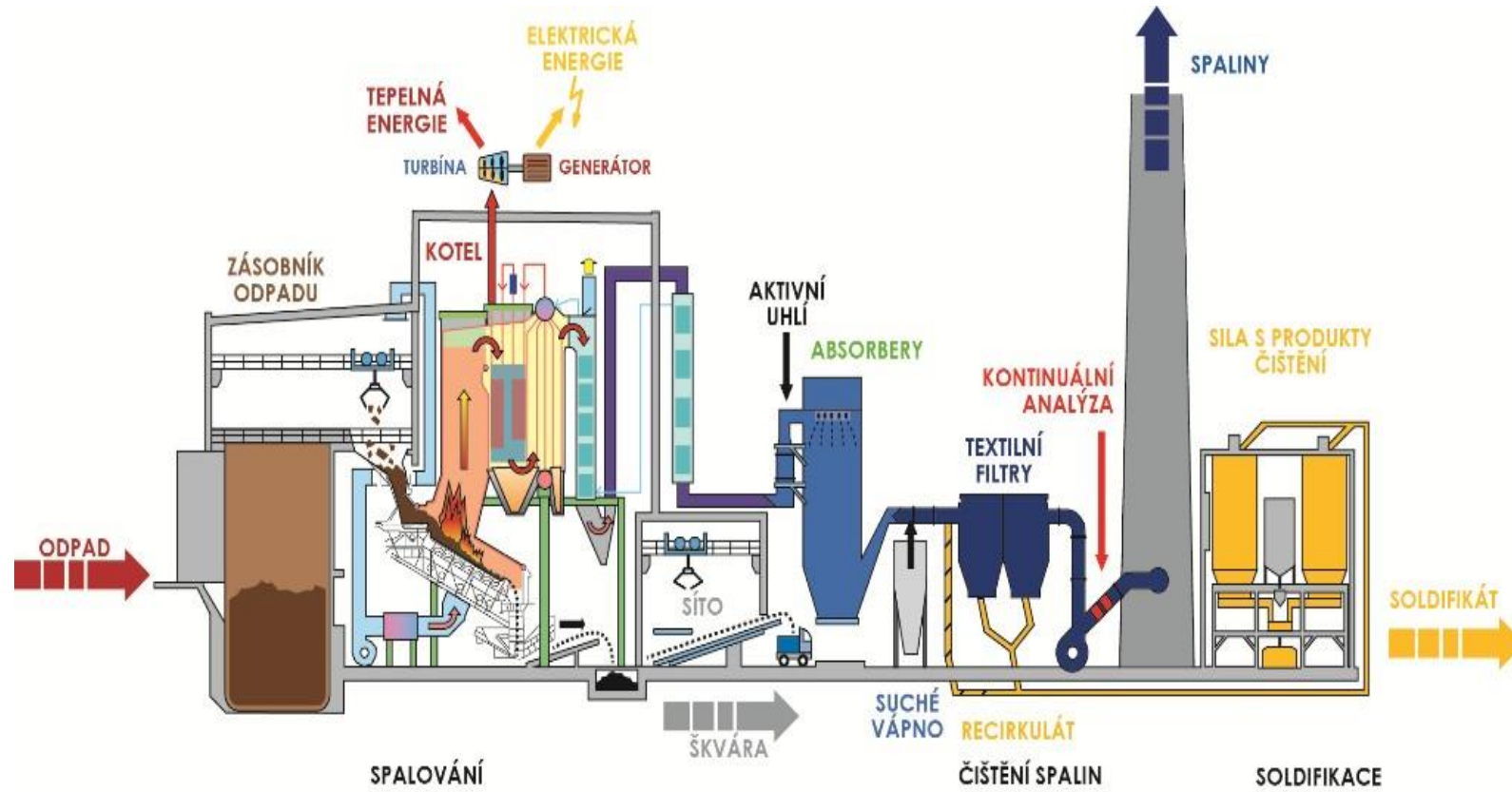
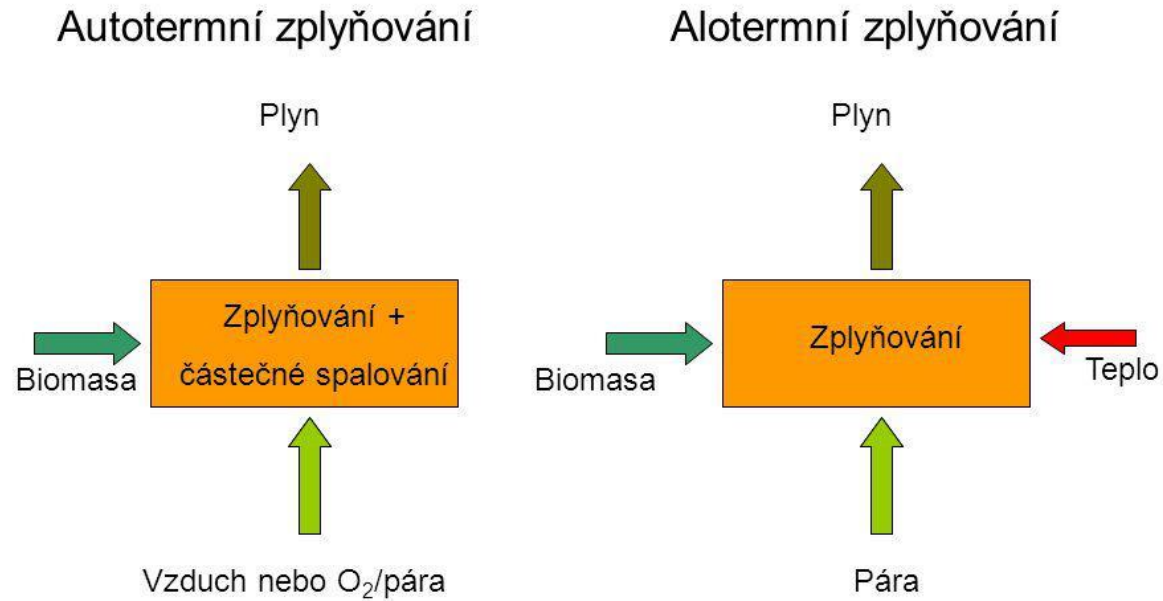


Schéma spalovny odpadu s posuvným roštem

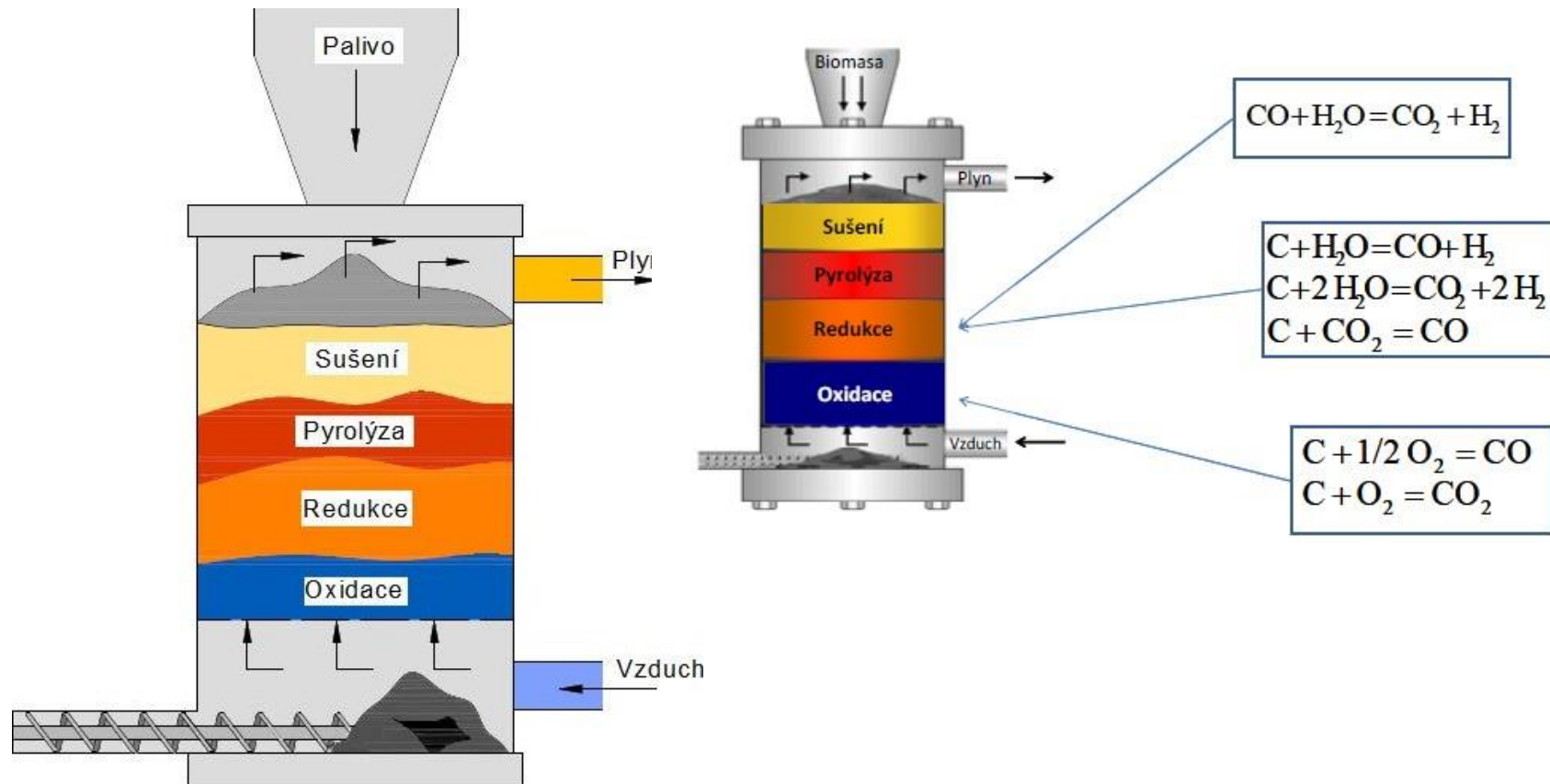
Zplyňování paliv

Zplyňování (přísun tepla)

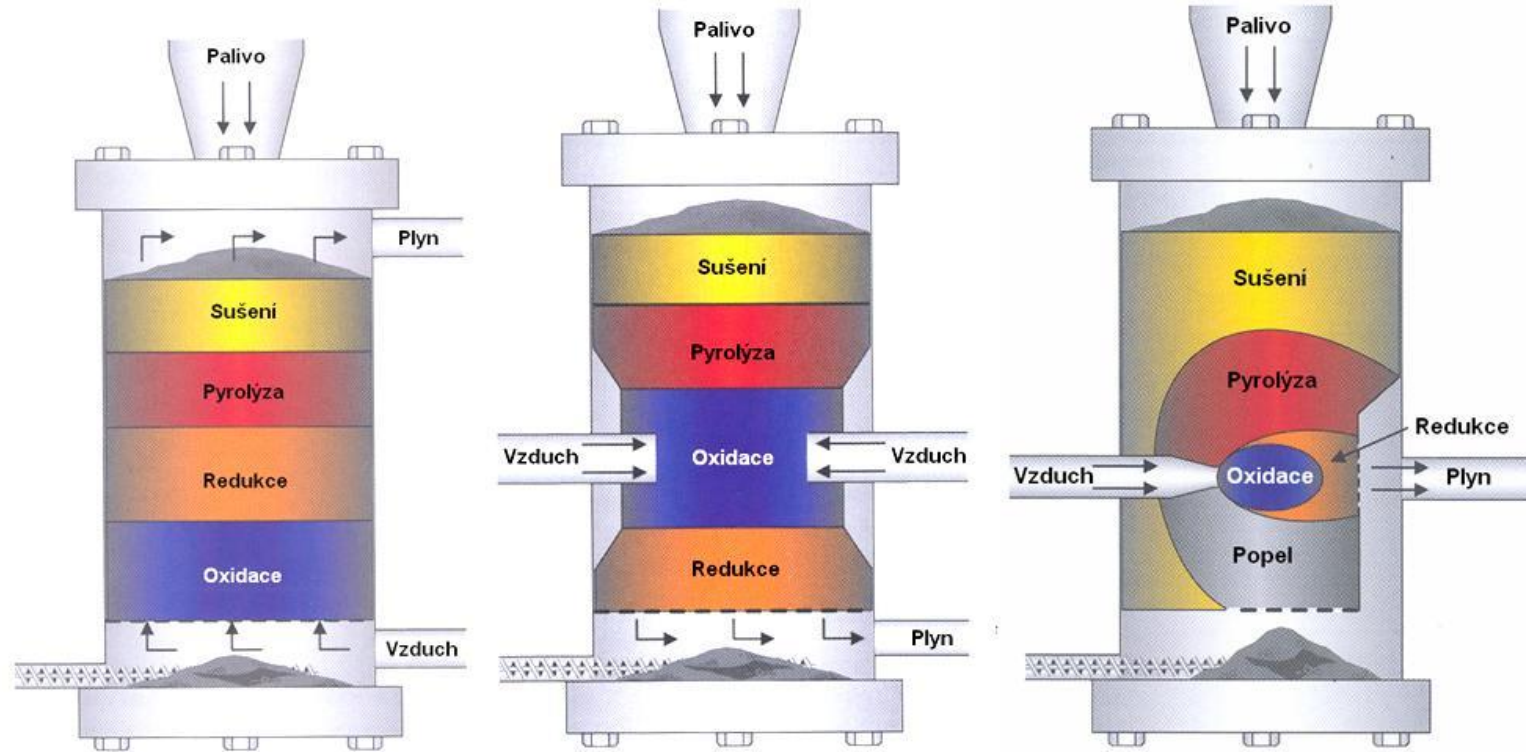


H. Hofbauer: Fluidized Bed Gasification – State of Technology. International Conference on Biomass gasification for an efficient provision of electricity and fuels - state of knowledge, Leipzig (2007).

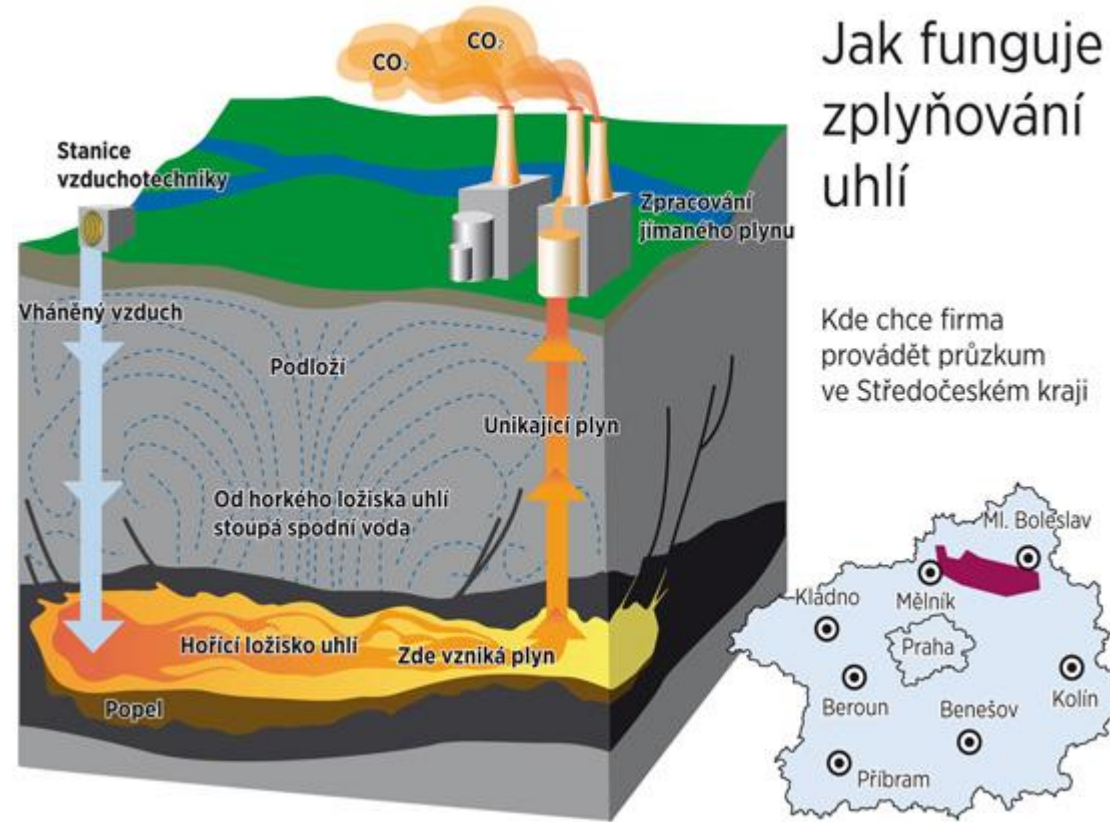
Druhy zplyňovacích reaktorů s pevným ložem



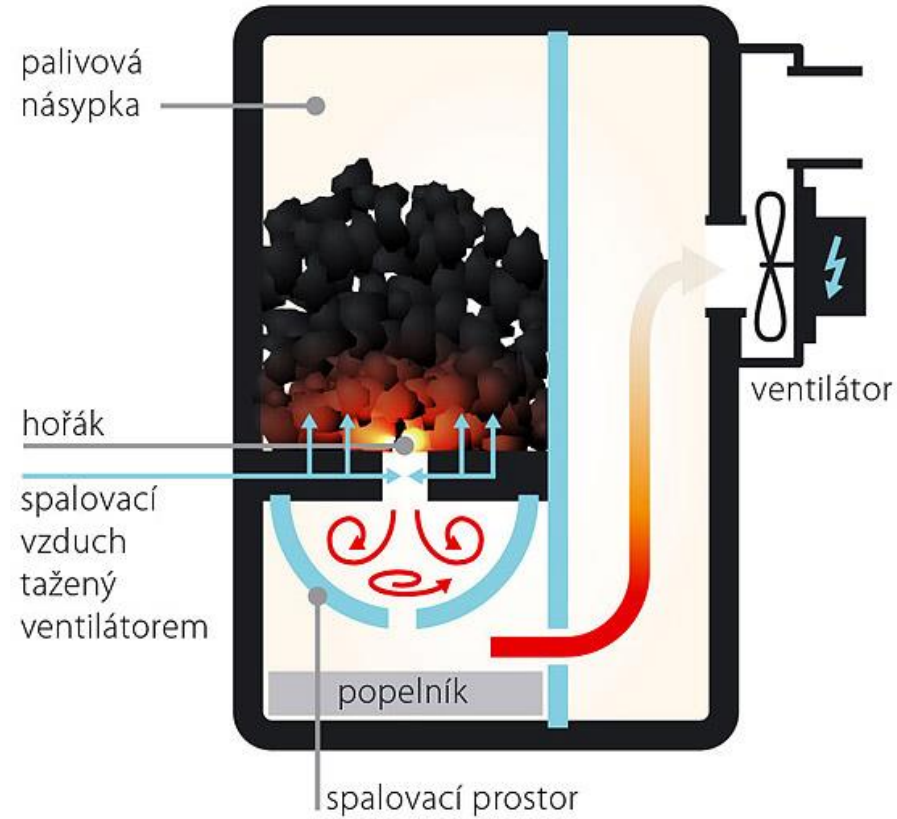
Zplyňovací reaktor s kontinuální dodávkou paliva



Druhy zplyňovacích reaktorů s pevným ložem



Podzemní zplyňování uhlí



Princip kotle na zplyňování uhlí

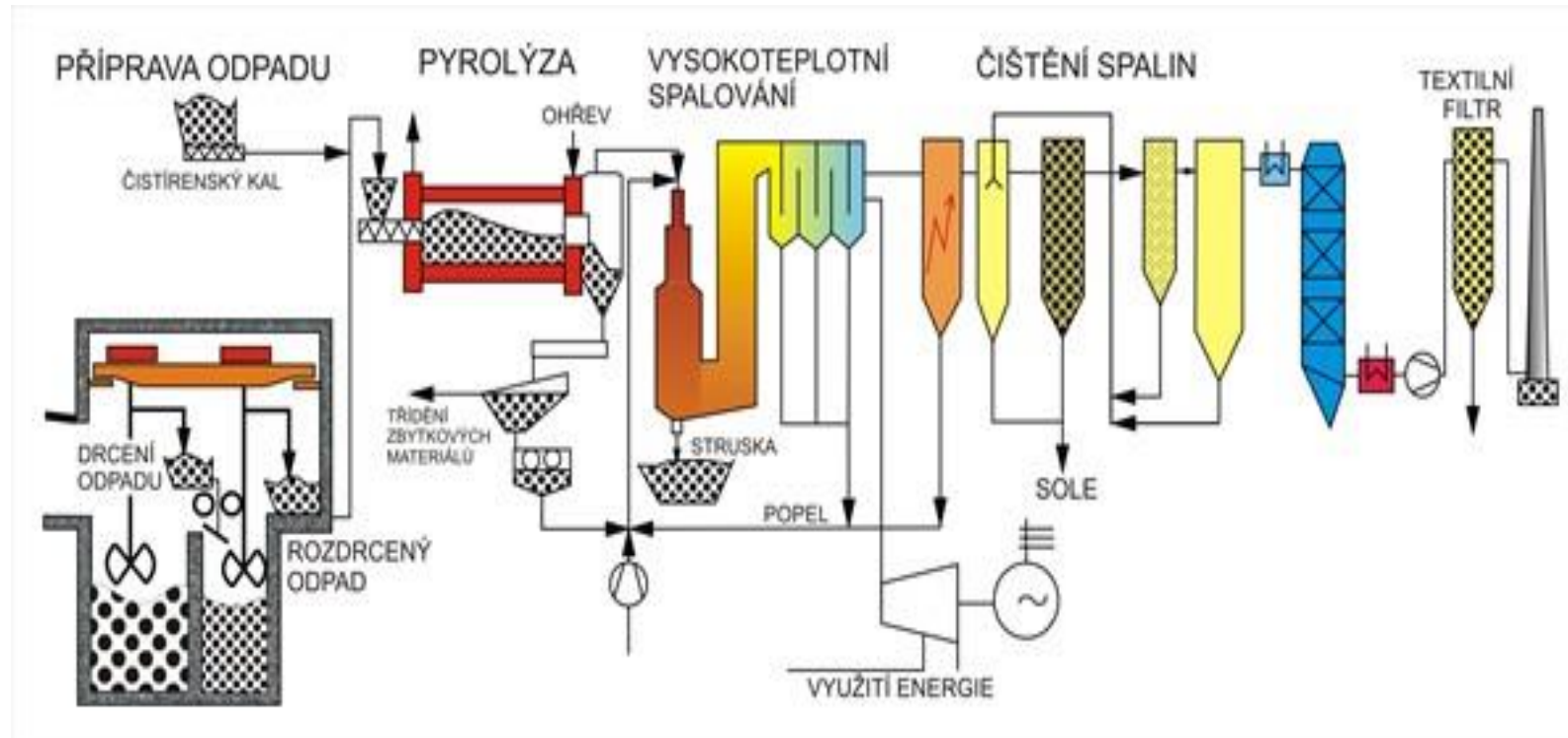


Schéma spalovny odpadu s pyrolýzní pecí

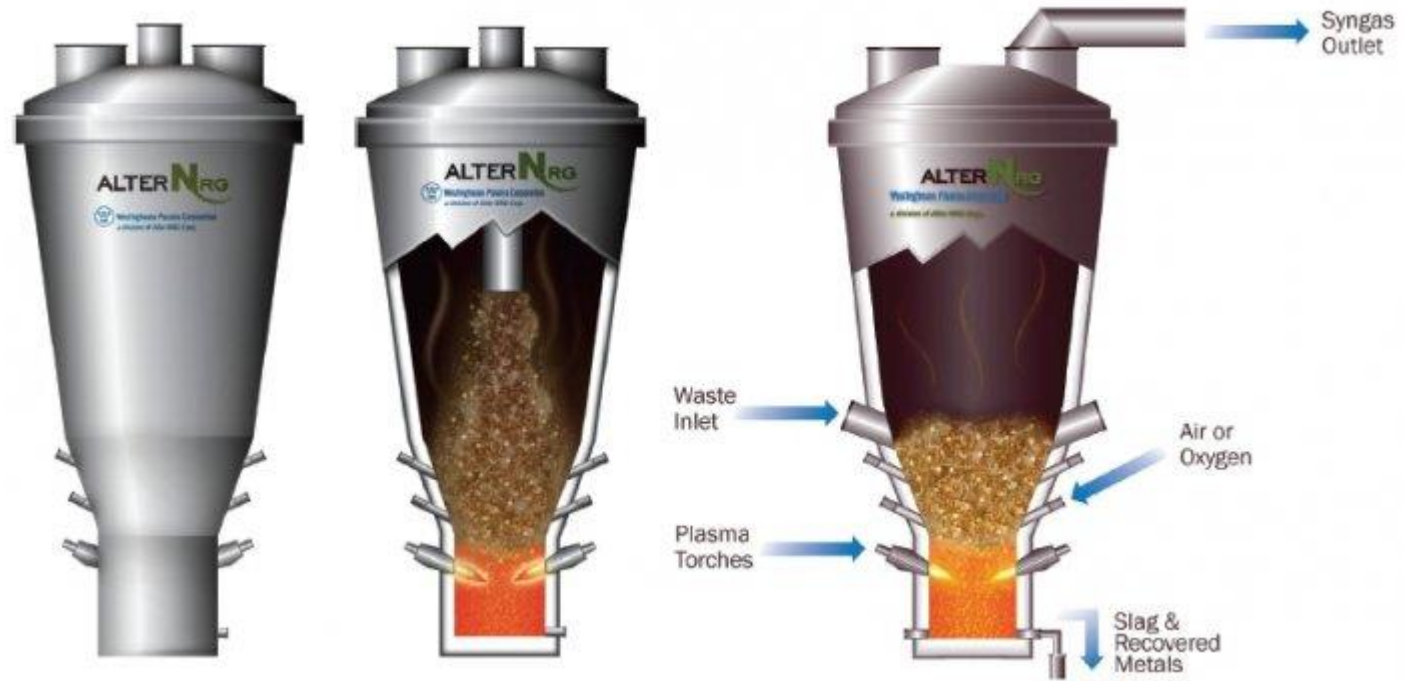
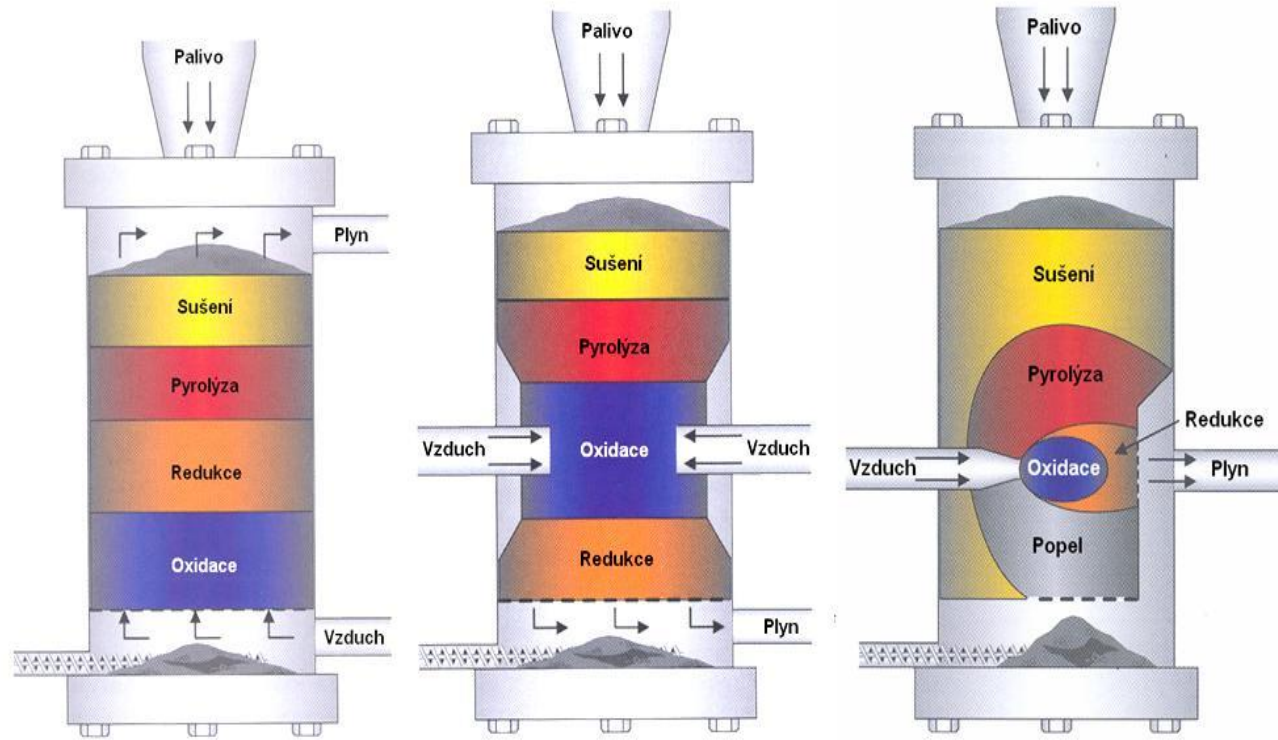


Schéma spalovny odpadu s plazmovým zplyňováním



Typy zplyňovacích reaktorů

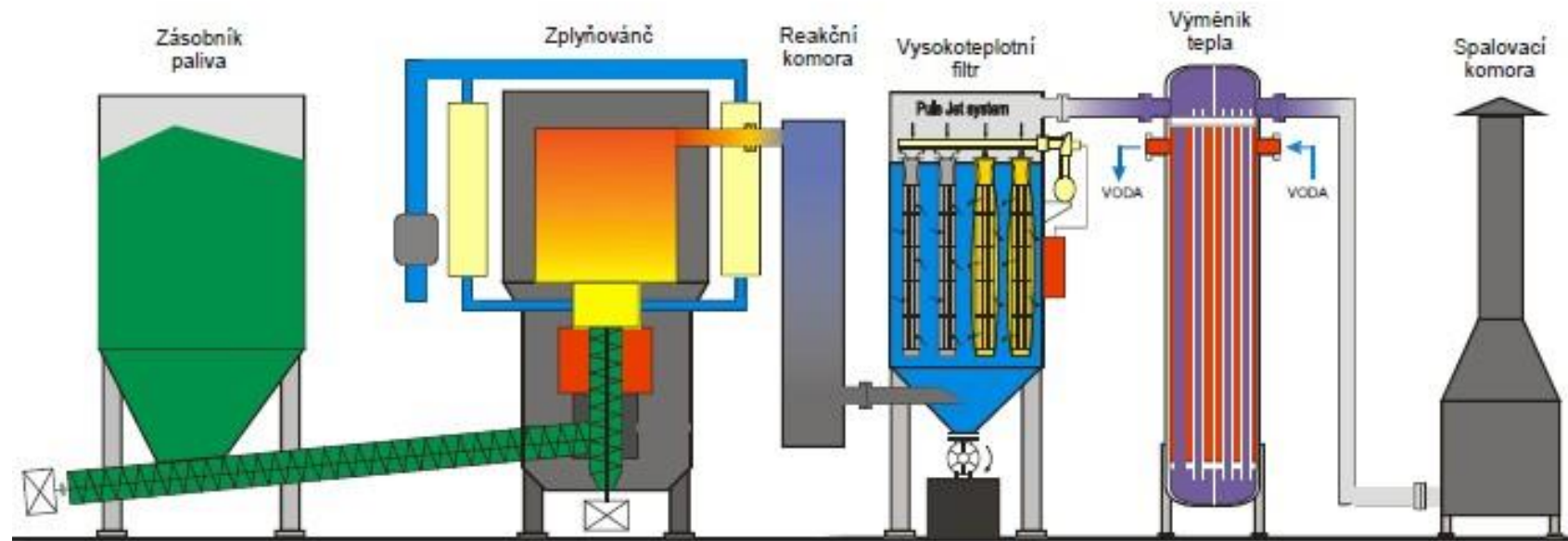


Schéma technologie zplyňování biomasy

Za moderní energetické stroje můžeme považovat několik energetických strojů:

Tuhá paliva

- APC – Advanced pulverized combustion
- IGCC – Integrated gasification combined cycle
- PFBC – Pressure fluidized bed combined cycle
- Automatické horkovodní kotle na tuhá paliva

Plynná a kapalná paliva

- Vícetlakové moderní paroplynové cykly
- Bezemisní parní cykly
- Palivové články, Hybridní motory atd.

Z uvedených technologií se zatím **mohutně investuje do vývoje a výstavby moderních zdrojů na tuhá paliva, tedy uhlí**. Toto se týká hlavně EU a zemí s dostatkem zásob uhlí a rozvinutou ekonomikou.

Z uvedených technologií na tuhá paliva se v EU nejvíce rozvíjí technologie APC.

V zemích s dostatkem ropy nebo v zemích s nedostatkem energetických zdrojů se vývoj ubírá k využívání paroplynových cyklů na kapalná nebo plynná paliva.

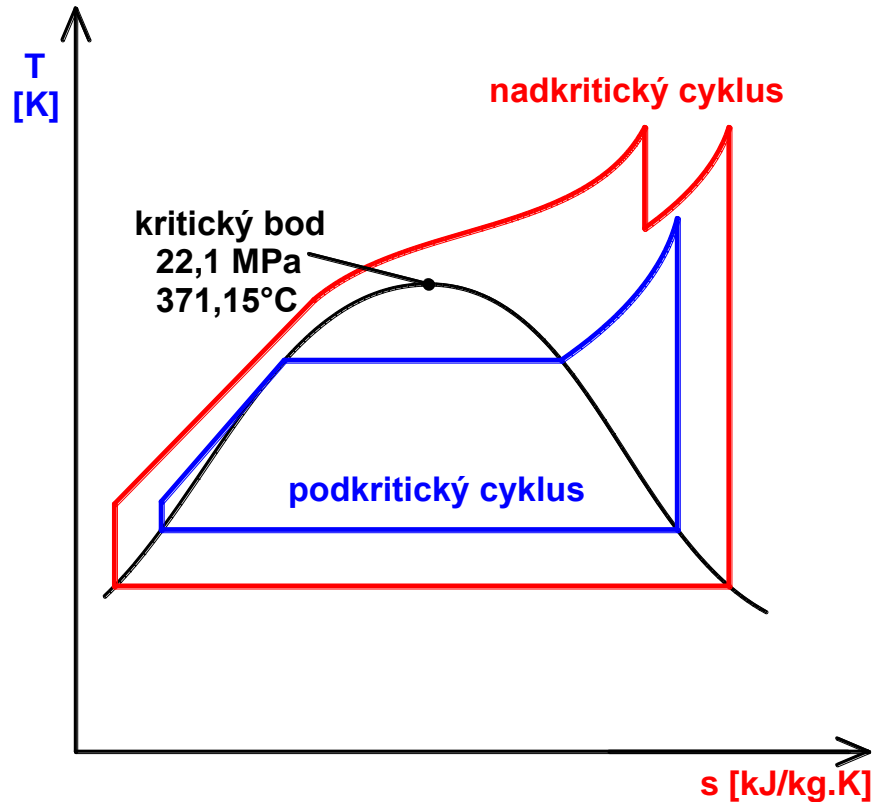
Vývoj palivových článků směřuje k jejich aplikaci do spotřební energetiky místo baterií nebo do automobilů v kombinaci s elektromotorem.

Hybridní motor je kombinace elektromotoru a spalovacího motoru, jehož výhodou je snížení spotřeby paliva a nižší tvorba škodlivin.

APC – Advanced pulverized combustion

V překladu výraz znamená „Pokročilé práškové spalování“, jedná se prakticky o nadkritické a ultrakritické bloky.

- vysoké parametry páry (teplota a tlak)
- nízký tlaku v kondenzátoru (chlazení mořskou vodou)
- dvojí přehřívání páry
- vysoký stupeň regenerace: 8-10 ohříváků napájecí vody
- černouhelné kotle s tepelnou účinností až 94 %
- pohon napájecího čerpadla parní turbínou
- účinnost výroby elektrické energie až 51 %



Podkritické:

tlak přehřáté páry: 12-20 MPa

teplota přehřáté páry 510-560°C

Nadkritické:

tlak přehřáté páry: 23-25 MPa

teplota přehřáté páry 510-560°C

Superkritické:

tlak přehřáté páry: nad 25 MPa

teplota přehřáté páry 580-600°C

(Ultrakritická při 600-700°C)

Pro teploty páry do 560°C se používají klasické feritické oceli, pro teploty nad 560°C je zapotřebí použít austenitické oceli nebo superslitiny – obrovsky narůstá cena.

Kotle s nadkritickými parametry

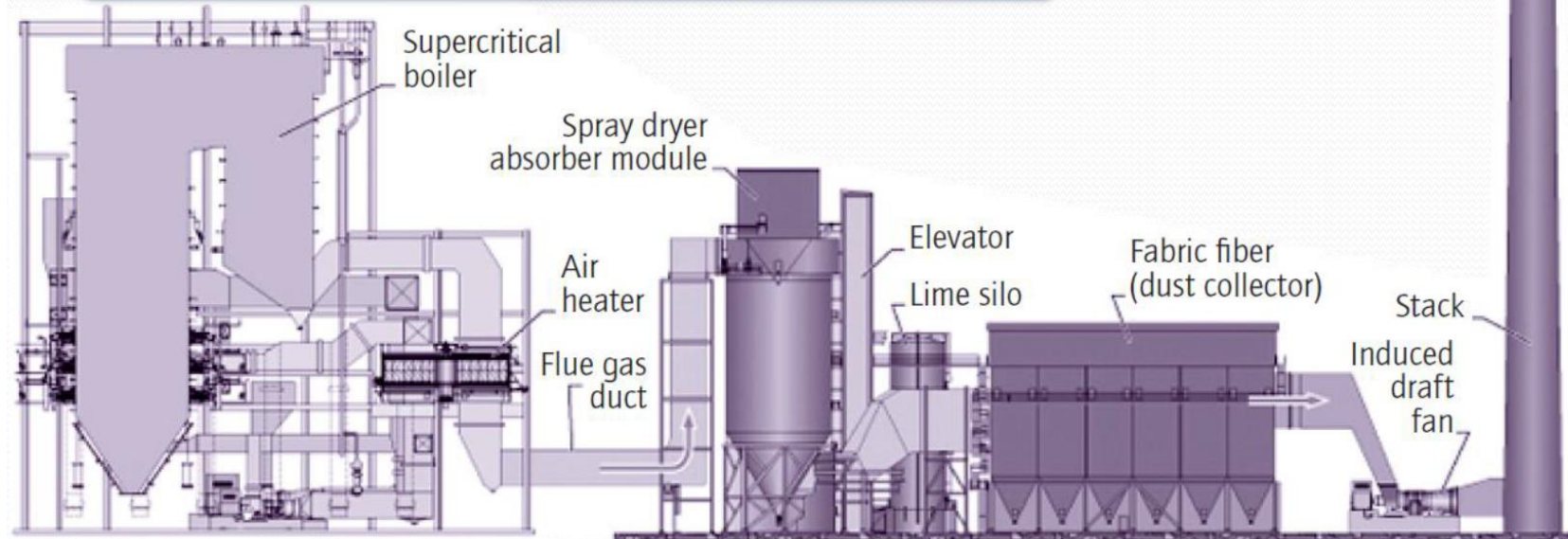
kritický bod – tlak 22,1 MPa, teplota 371 C

ultrakritické bloky – tlak >25 MPa, teplota >580 C

nejvyšší účinnost 47 %

nejvyšší parametry 25MPa/600 C/610 C

projekt výstavby bloku s teplotou média 700 C



V ČR dosud všechny elektrárny podkritické, ale uvažuje se o stavbě nadkritického bloku.

V roce 1989 byl započat „Joint European Demonstration Project“ který měl za cíl vyprojektovat a uvést do provozu ultrakritický blok s parametry páry 650°C a účinnost 51% (Schwarze Pumpe 2003).

→ nové bloky v Německu – 33 MPa, 610-630°C

V roce 1998 byl započat „Advanced 700°C PF Power plant“, jedná se o projekt EU.

Cíle projektu:

- vývoj žáropevné slitiny na bázi niklu pro teplotu 700°C
- zdokonalení cyklu z předchozího projektu
- účinnost bloku 52-55% podle paliva

Superkritická elektrárna Lippendorf- Německo



28,5 MPa

554°C

583°C

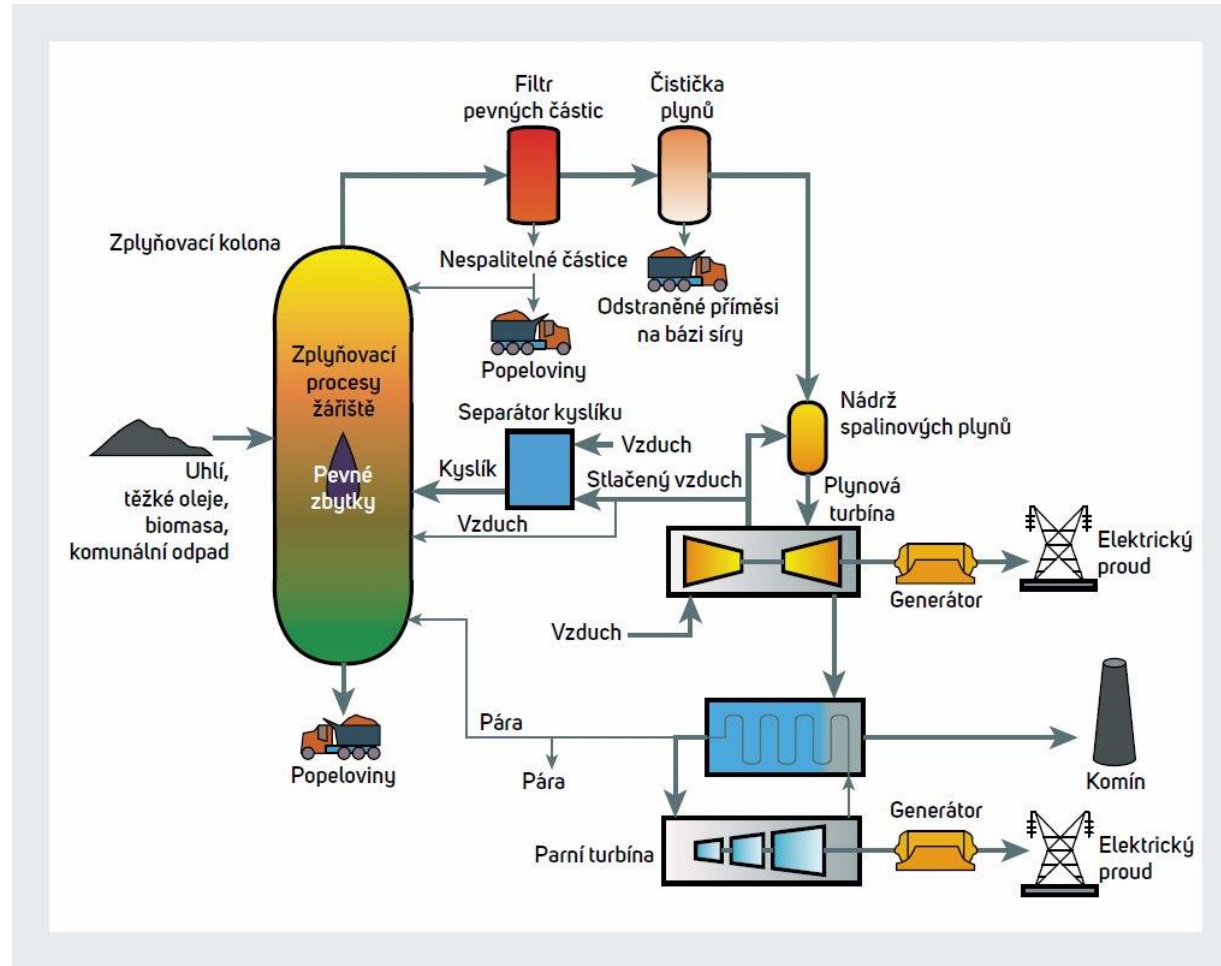
IGCC – Integrated gasification combined cycle

V překladu „Integrovaný zplyňovací kombinovaný cyklus“, jedná se prakticky o zplynění uhlí, využití vytvořeného plynu na spalovací turbíně a následné využití odpadního tepla. Lze užít více typů zplyňovacích reaktorů.

- účinnost cca 43 %
- pro kvalitní paliva
- poměrně složité a nákladné zařízení
- nutnost čištění plynu před vstupem do turbíny

Technologie je **perspektivní z hlediska možnosti zvyšování teploty na vstupu do turbíny**, kterou dosud omezují materiálové vlastnosti lopatek turbíny. Vyšší teplota na vstupu do turbíny výrazně ovlivní účinnost celého cyklu.

Schéma bloku IGCC



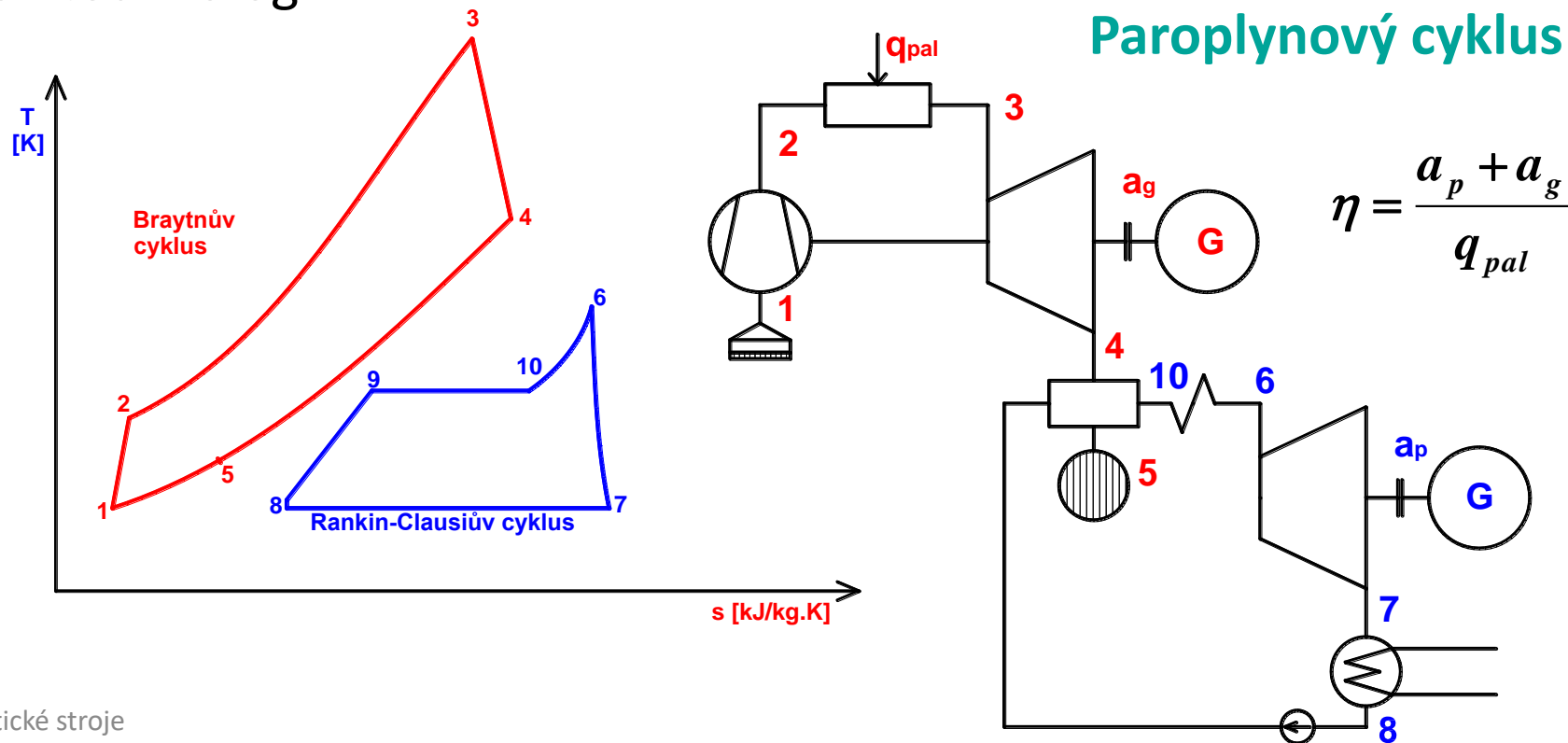
PFBC - Pressure fluidized bed combined cycle

V překladu „Kombinovaný cyklus s tlakovým fluidním ložem“, jedná se prakticky o fluidní spalování za zvýšeného tlaku, což způsobuje intenzivnější spalování a mnohem větší přestupy tepla. Fluidní reaktor je prakticky tlaková nádoba, spaliny opouštějí kotel pod tlakem, kterého je využito po vyčištění spalin na expanzní turbíně.

- v principu se jedná o kombinovaný cyklus (viz. dále)
- teplota 800-900°C jako klasické fluidní kotle
- tlak 1-2 MPa
- velká část vstupní energie využita v parním cyklu - nevýhoda
- teplota spalin nízká a zvyšovat ji příliš nelze
 - menší perspektiva vývoje

Vícetlakové moderní paroplynové cykly

Jedná se v principu o kombinaci Rankin-Clausiova a Braytnova cyklu, přičemž moderní systémy tohoto typu využívají více oddělených tlakových okruhů a nejnovějších technologií.

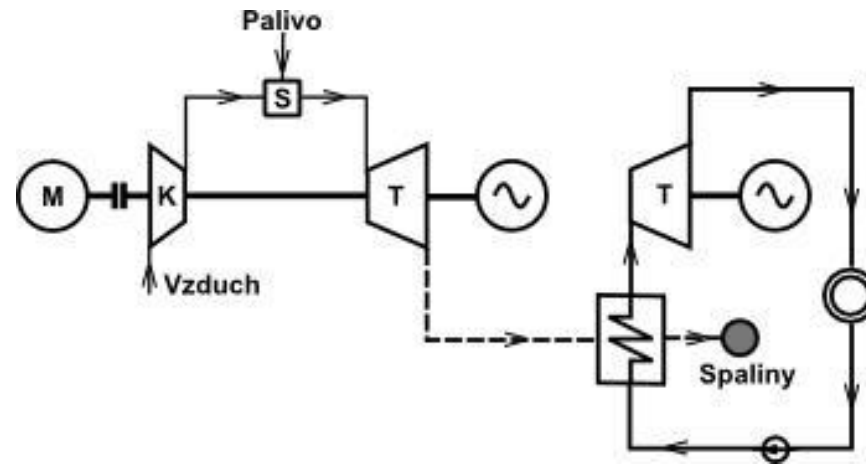


Vícetlakové moderní paroplynové cykly můžeme charakterizovat těmito body:

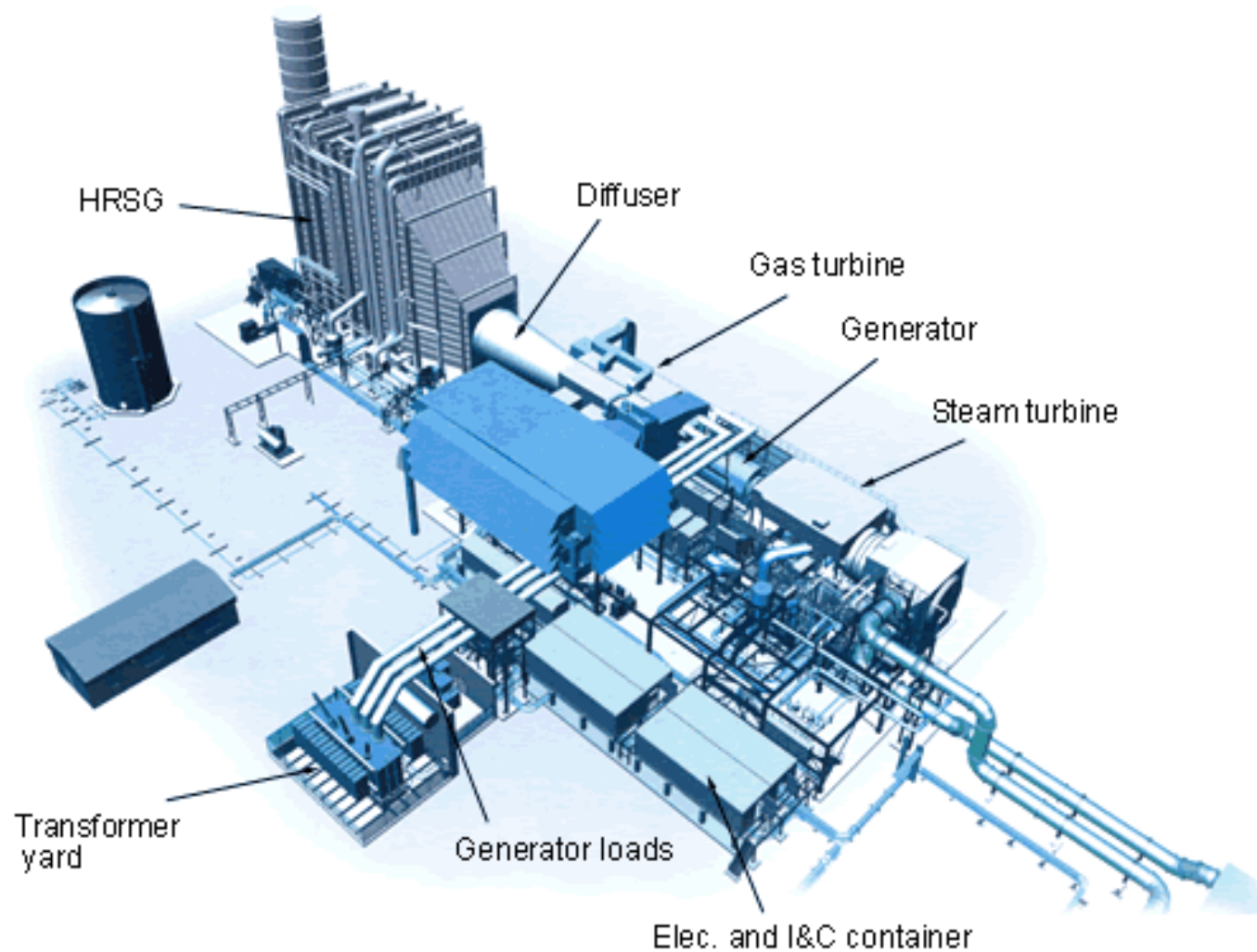
- technologie chlazených lopatek spalovací turbíny
- vyšší teploty na vstupu do spalovací turbíny
- systémy s jednou hřídelí a axiálním kondenzátorem
- vyšší míra regulace
- oddělené tlakové parní okruhy
- pro plynná nebo kapalná paliva – nenáročné palivové hospodářství
- možná výstavba v rovinovém nezastřešeném provedení (↓cena)
- dosahují velmi vysoké elektrické účinnost až 52%

Schéma této technologie je na dalším snímku, úspěchy ve vývoji této technologie zaznamenává např. společnost Siemens.

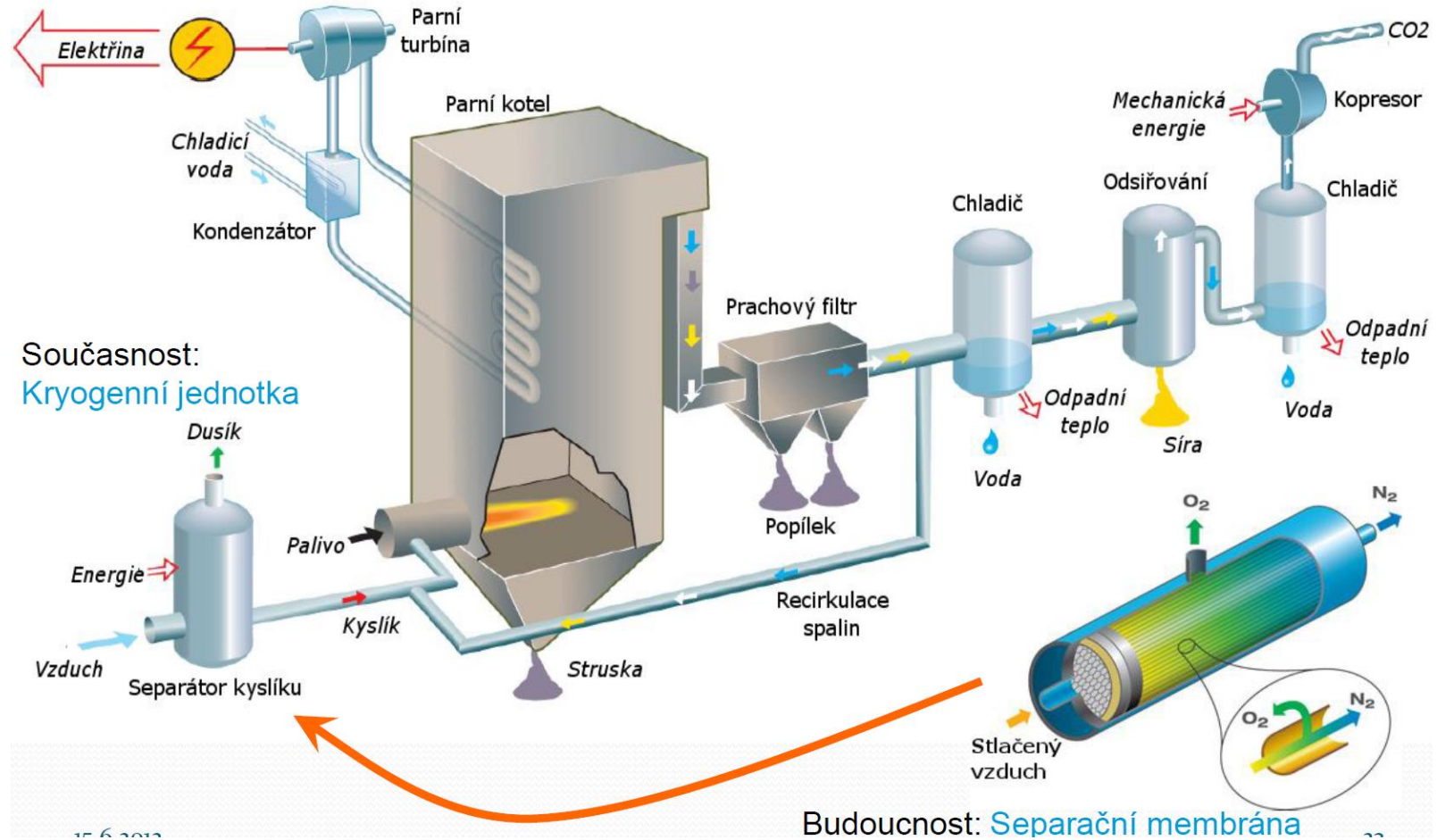
Schéma paroplynového cyklu



Pohled na moderní paroplynový blok



Spalování kyslíkem



Bezemisní parní cykly

V principu se jedná o spalování vodíku či uhlovodíků čistým kyslíkem, za vzniku páry nebo paroplynové směsi. do směsi se vstříkuje voda, ze které vzniká pára, která se využívá v upravené parní turbíně. Za turbínou je kondenzátor, ve kterém voda ze vstříku a z paliva zkondenzuje. Část se využije pro další vstřík do generátoru, zbytek se odvádí.

-vývojové zařízení

-palivo: H_2 (problém se skladováním a dopravou), C_xH_y

-vzniká čistá pára nebo směs H_2O+CO_2

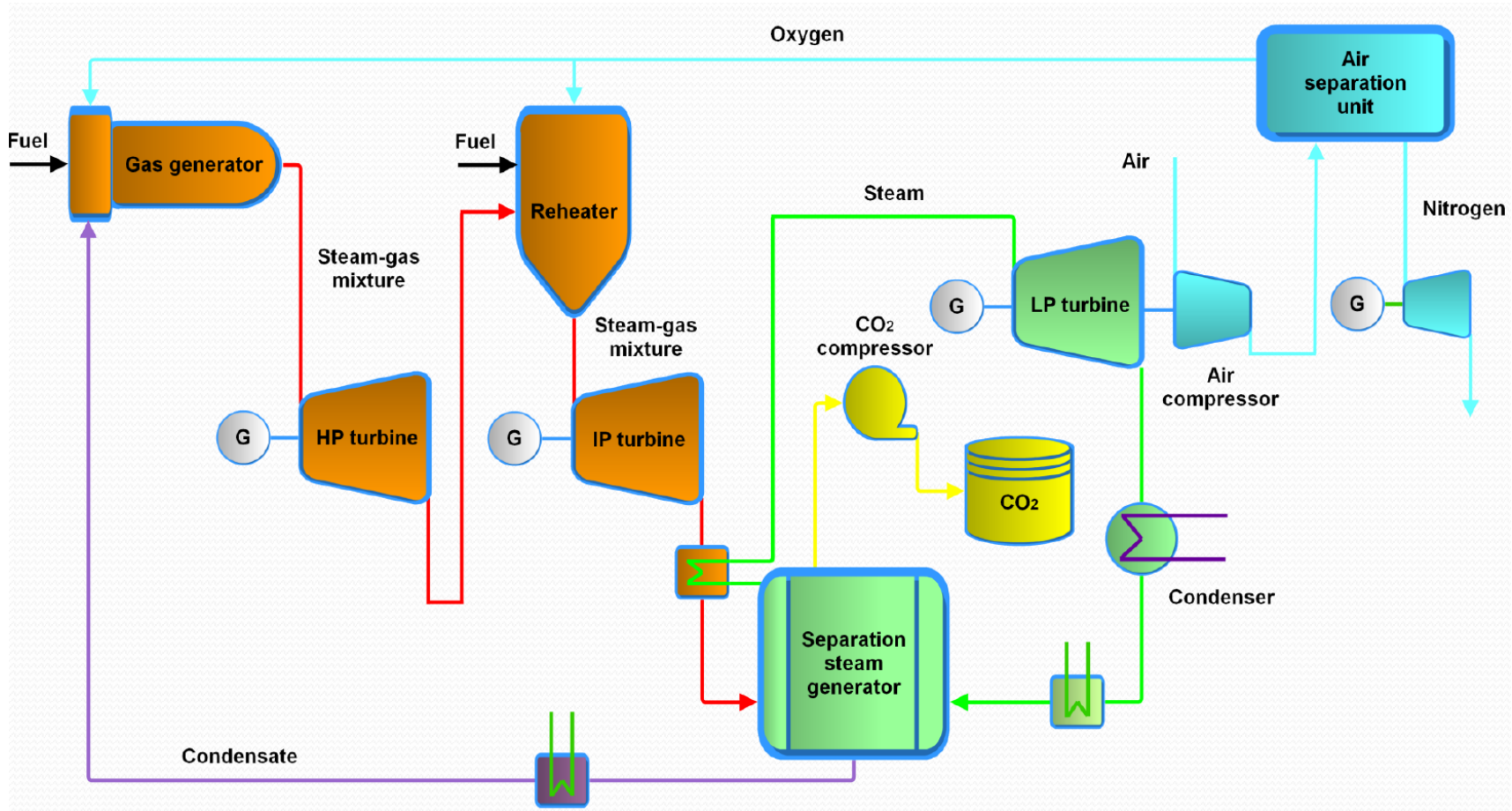
-využití parní turbíny + kondenzátoru s odvodem CO_2

-pro dosažení vysokých tlaků → zkapalněný plyn + čerpadlo

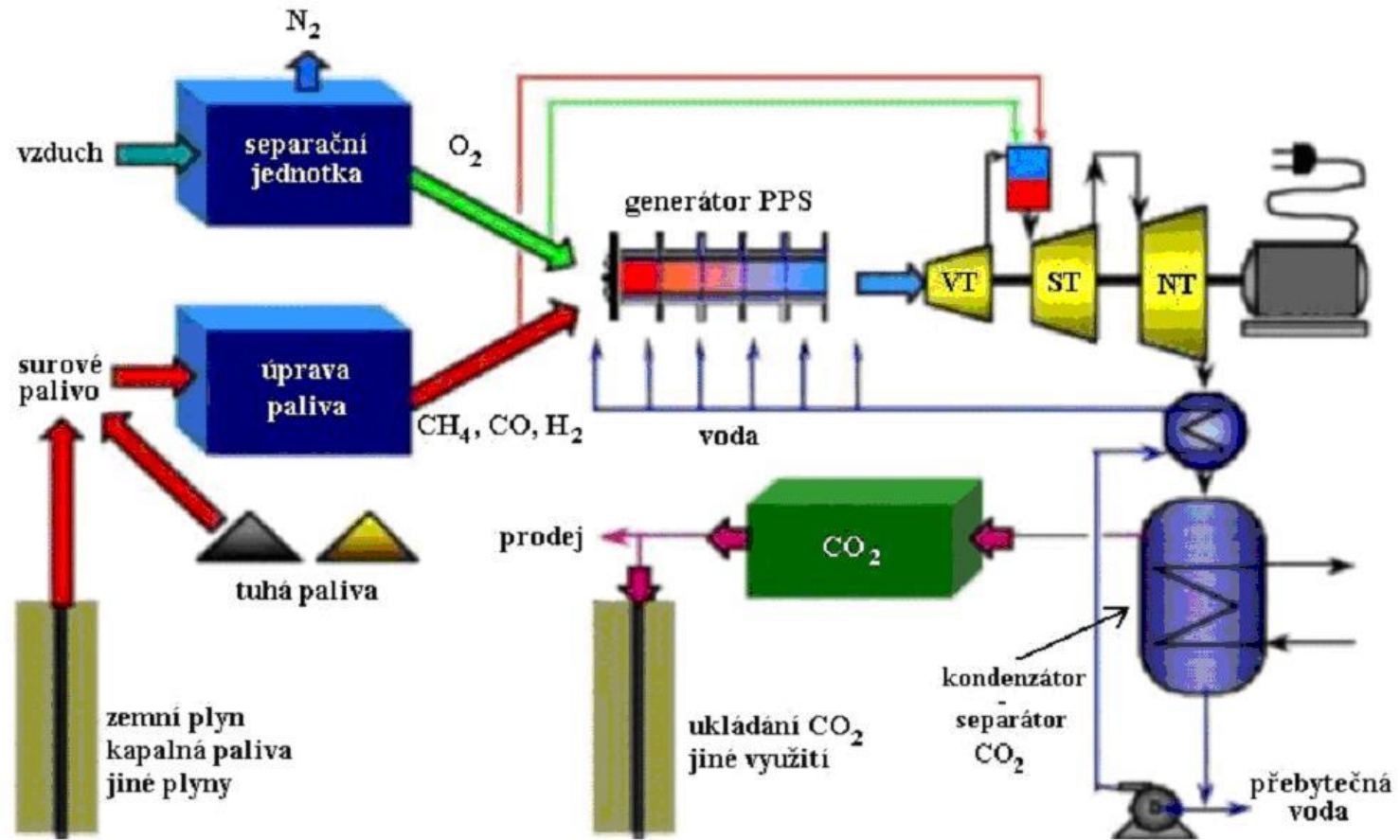
-téměř stechiometrické spalování kyslíkem → vysoké teploty

-nejsou přesně popsány termodynamické vlastnosti směsi H_2O+CO_2

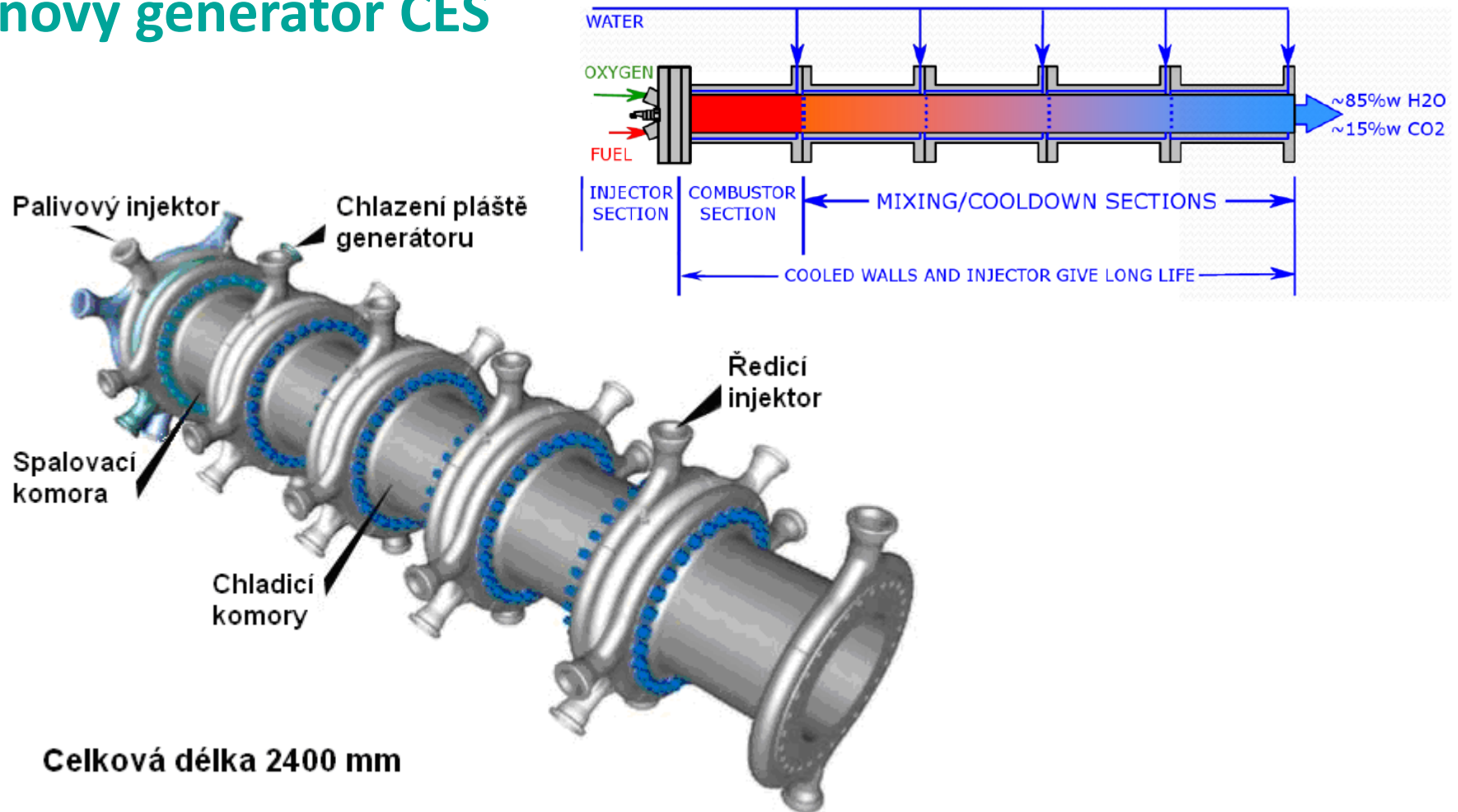
Pracovní oběh s CES generátorem



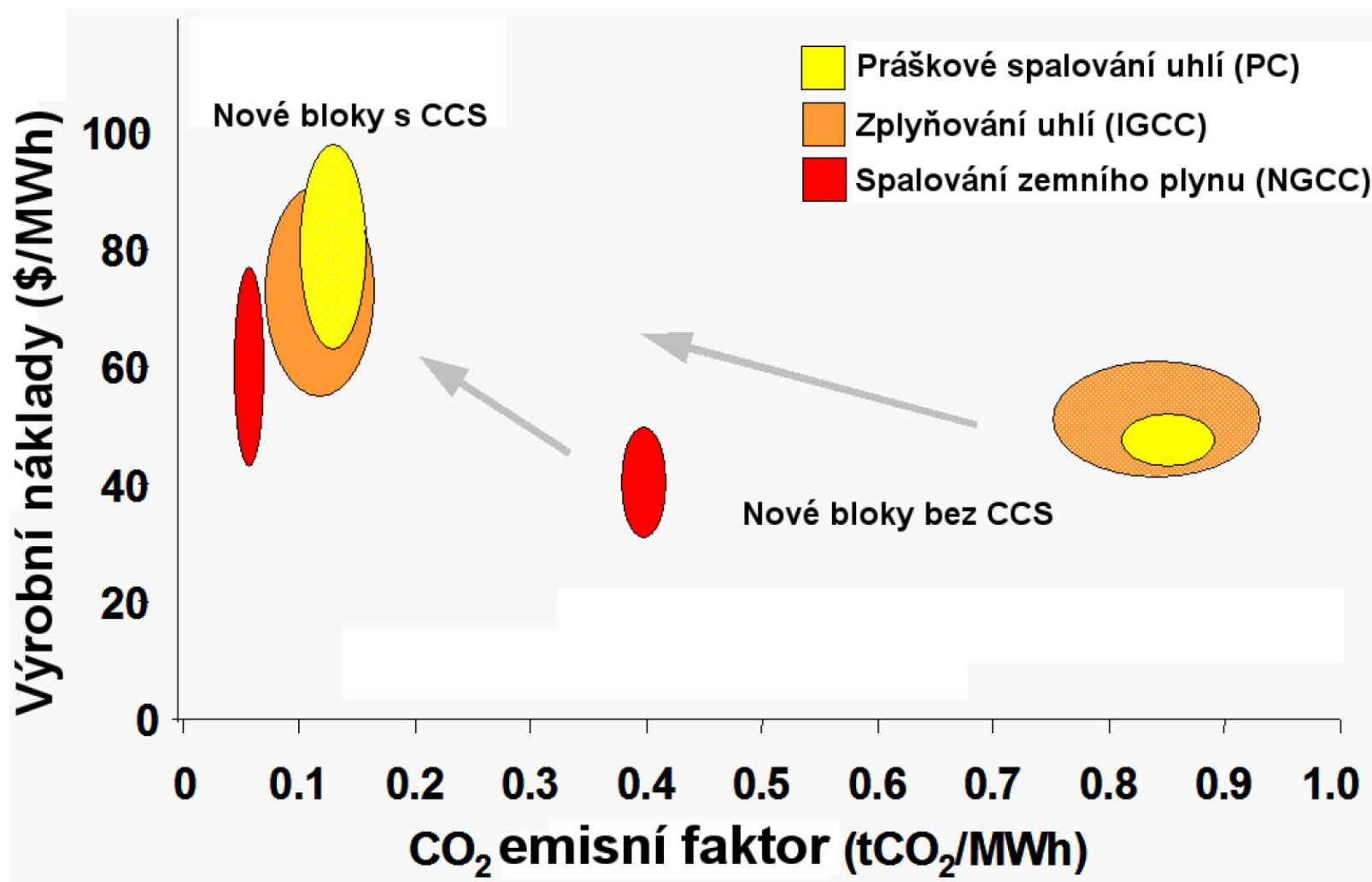
Bezemisní parní cykly



Paroplynový generátor CES



Vliv technologie CCS na cenu elektřiny



Komfort obsluhy je zajištěn:

- automatickým příkládáním – šnekový dopravník
- automatickým zapalováním – horký vzduch
- řízeným spalováním – regulace vzduchu
- a automatickým odvodem popela
 - šnekový dopravník, vibrační rošt, čističe teplosměnných ploch



Bezpečnosti provozu je zajištěna soustavou zařízení a opatření, které zabraňují prohoření paliva do zásobníku a nárůstu teploty vody v kotli nad nastavenou mez: protipožární klapka, zástřík dopravníku, utlumení nebo odstavení kotle.

Nízká produkce škodlivin je zajištěna konstrukcí kotle, dále řízeným spalováním pomocí řízených ventilátorů a rozvodů se zpětnou vazbou z lambda-sondy.

Vysoká tepelná účinnost je zajištěna hlavně regulací výstupní teploty spalin, regulací přebytku vzduchu, nízkým stupněm nedopalu a kvalitní izolací kotle.

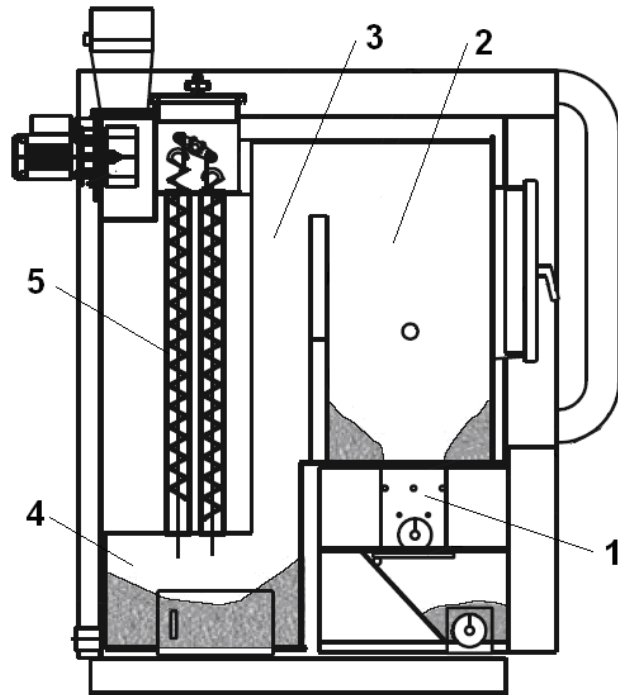
Kotel lze zapojovat modulárně, což znamená, že lze kotel provozovat bez některých částí, v případě potřeby je možné modul připojit a využívat jeho funkci (automatický odvod popela, externí zásobník).

Standardem moderních automatických kotlů na tuhá paliva je možnost spolupráce s jiným kotlem nebo solárním kolektorem.



U těchto kotlů se vyskytuje několik konstrukcí, např. rošt s bočním nebo horním přívodem paliva nebo spodní přívod paliva. Nevýhodou těchto zařízení je poměrně vysoká cena.

Turbomatic® 35



1-spalovací komora, 2-dohořivací komora, 3-
druhý tah, 4-ustalovací komora,
5-spalinový výměník



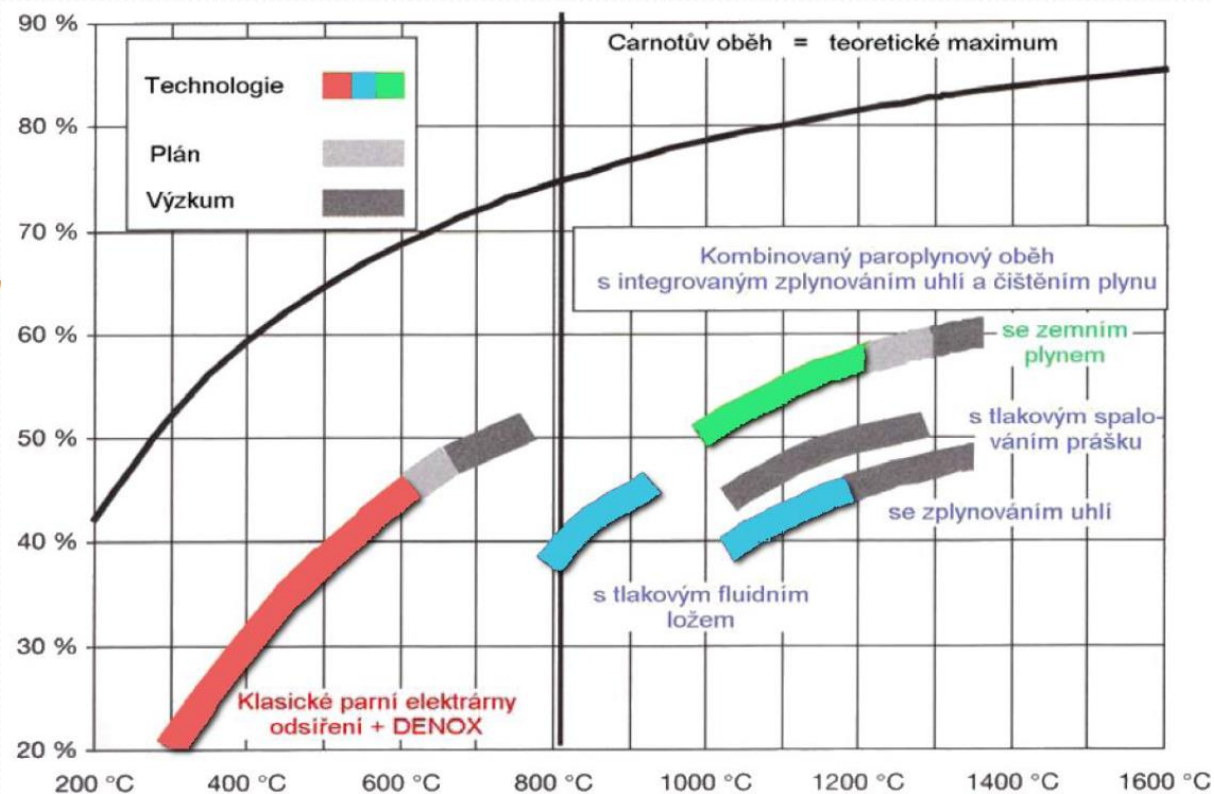
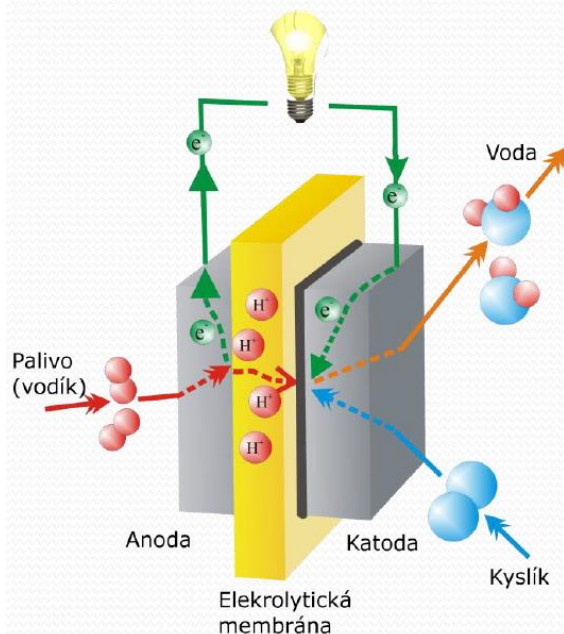
Vývoj účinnosti elektrické transformace

Uhelné elektrárny

- velké rozpětí účinností – vliv technologie, kvality paliva, řízení atd.
- Indie 26 % vs. Dánsko, Japonsko 42 %
- světový průměr 35 % (do něj spadá i ČR – el. Ledvice 42 %)

Palivové články

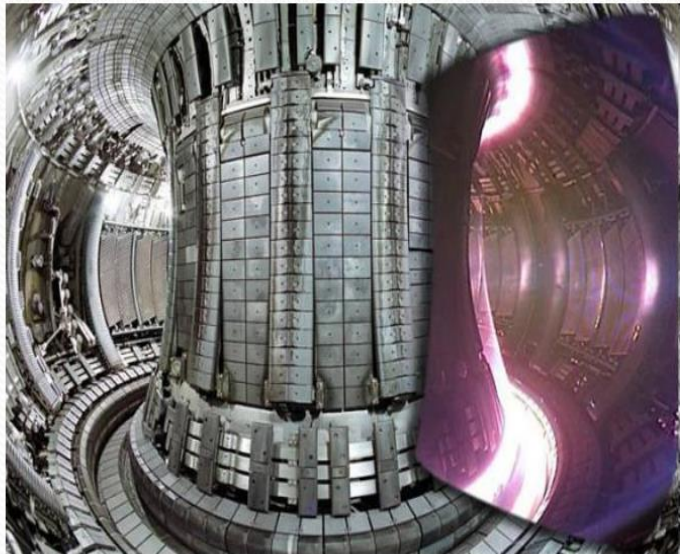
- účinnost 60 až 80 %



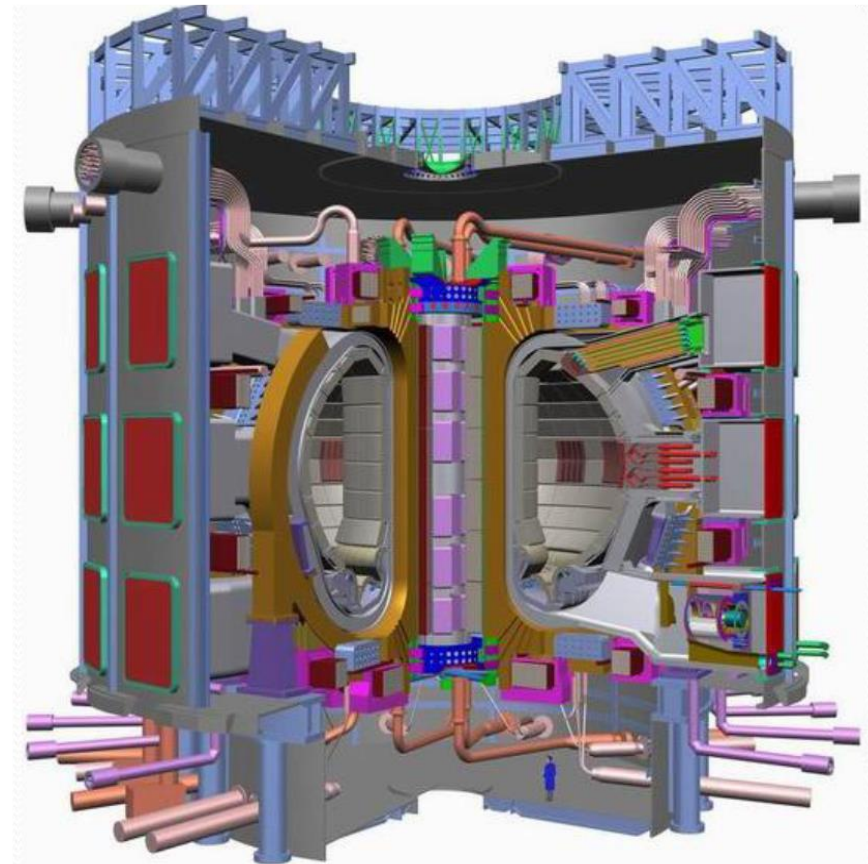
Perspektiva energetiky

Současné tempo inovací v sektoru energetiky není dostačující pro rozvoj ekonomiky a účelné omezení emisí skleníkových plynů.

Pro vyřešení problémů CO₂ je nutná **technologická revoluce**.



Moderní energetické stroje



Zhodnocení technologií

Super a ultrakritické elektrárny jsou nejvíce konkurenceschopné

Fluidní spalování nabízí mnoho výhod při využívání méně kvalitních uhlí (ČR)

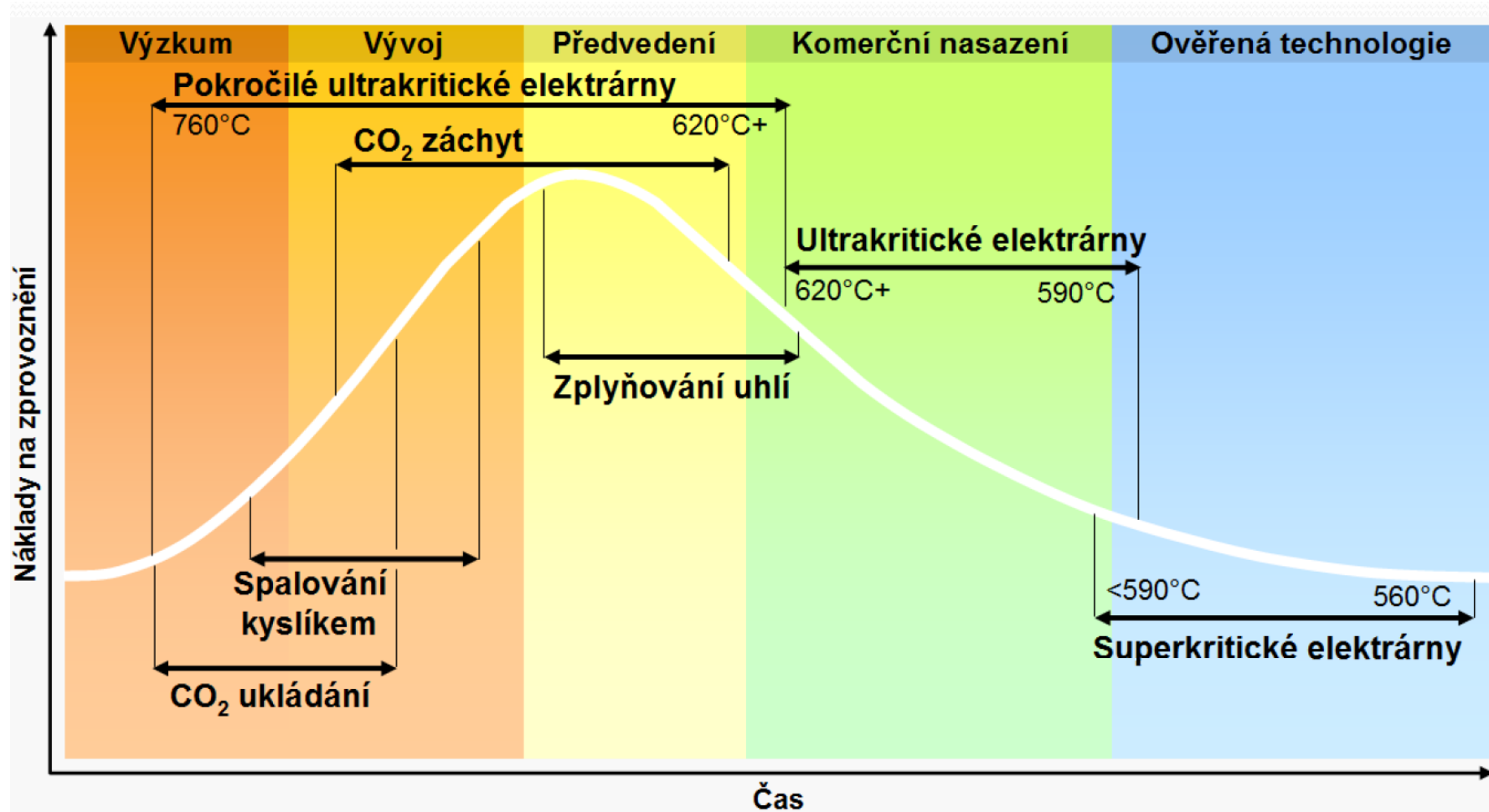
Zplyňování uhlí (IGCC) umožňuje dosažení vysokých účinností, nízkých emisí a lepší implementaci zachycování CO₂

Spalování zemního plynu (NGCC) nejlépe realizovatelné, limitující je cena a dostupnost paliva

Jaderná energetika se vyznačuje nízkými výrobními náklady, naráží však na veřejnou podporu

Obnovitelné zdroje budou nabývat na významu, ale nejsou schopny pokrýt požadavky rozvojových zemí (malý výkon a vysoká cena)

Výzkum a vývoj



Děkuji za pozornost