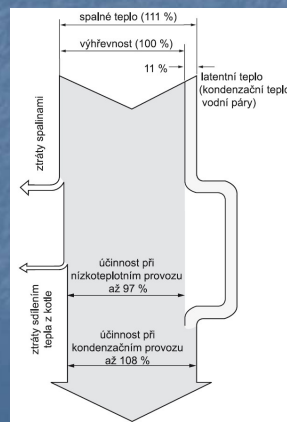
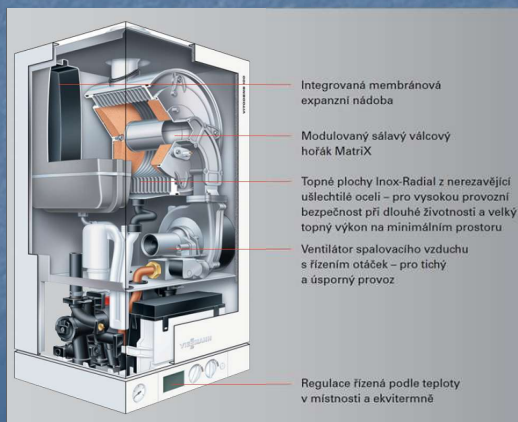


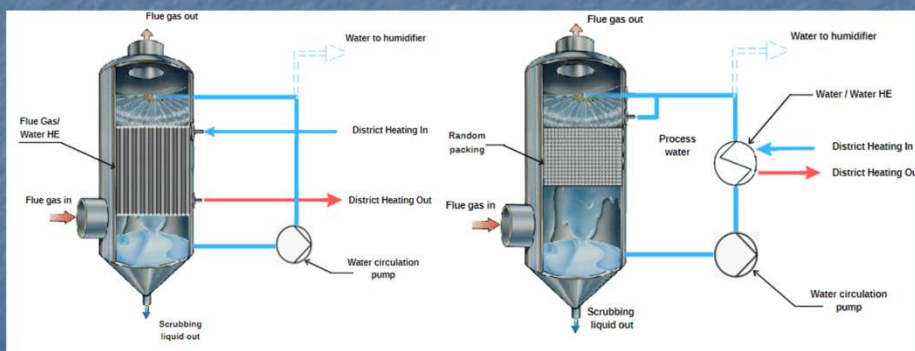
Využití odpadního tepla ze spalin biomasových kotlů

- spaliny biomasových kotlů obsahují minimum SO_2 a tuhých částic
- nízká teplota turbinového kondenzátu či vratné vody z CZT umožňuje spaliny ochladit až pod teplotu rosného bodu a využít i část skupenského kondenzačního tepla ze spalin
- kondenzační technika se dnes uplatňuje zejména u kotlů na plyn



Využití odpadního tepla ze spalin biomasových kotlů

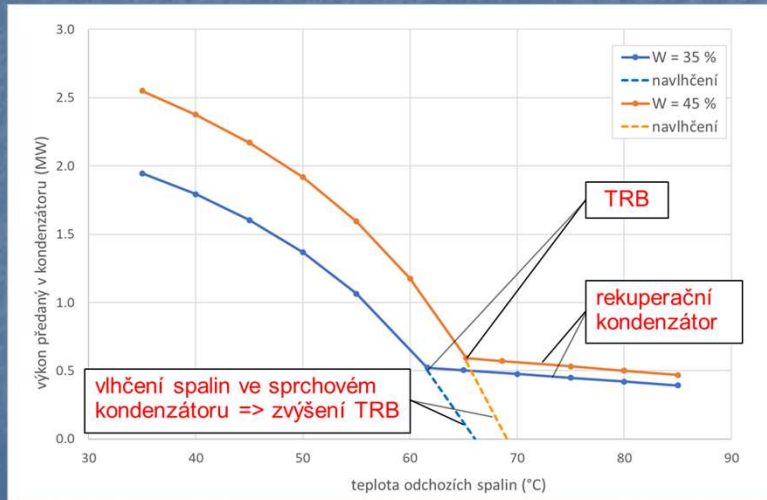
- pro využití odpadního tepla lze užít
 - dodatkový trubkový výměník – musí být z nerezů
 - sprchový kondenzátor – umožňuje částečný záchyt plynných i tuhých emisí



Využití odpadního tepla ze spalin biomasových kotlů

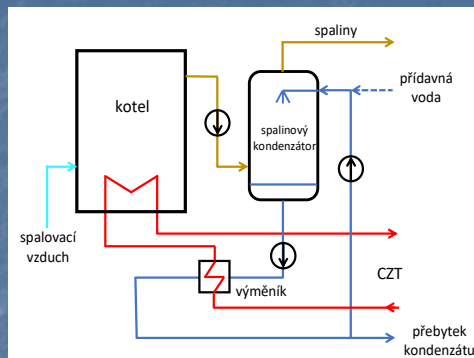
Výkon získaný ve spalínovém kondenzátoru

- teplota spalin za kotlem 160 °C, $\alpha = 1,35$
- obsah vody v biomase $W = 35$ a 45%



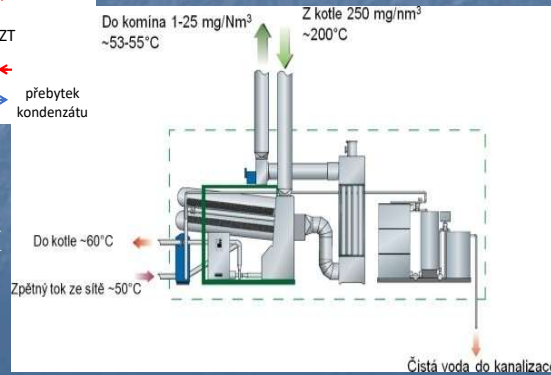
3

Využití odpadního tepla ze spalin biomasových kotlů

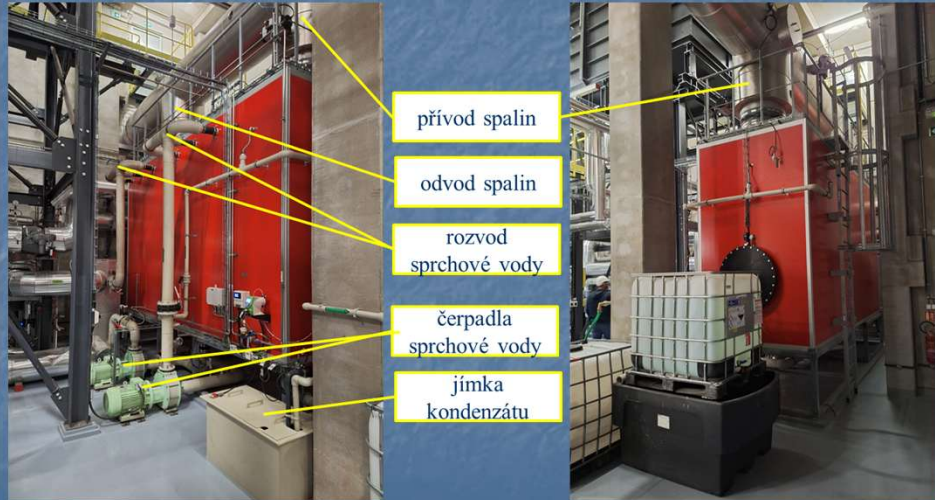


- zapojení se sprchovým kondenzátorem
- potenciální zlepšení účinnosti kotle až na 95 %
- podmínkou je dostatečně nízká teplota vratné vody ze systému (max. 55°C)

- výhodou je snížení emise TZL z 250 na 25 mg/Nm³
- nevýhodou je nutnost čištění přebytečné vody – nutná
 - filtrace
 - neutralizace



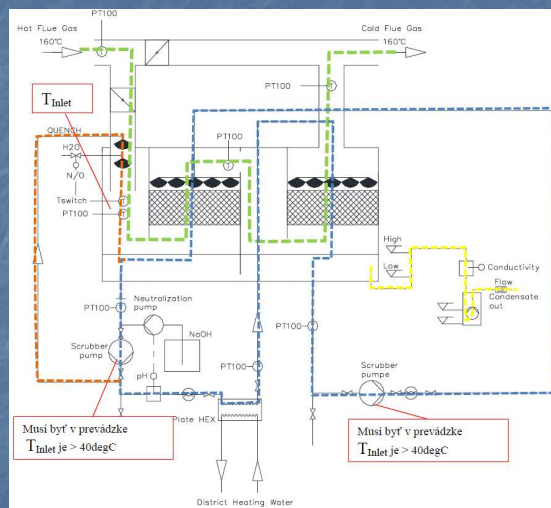
Sprchový spalinový kondenzátor TDK



Sprchový spalinový kondenzátor TDK

3 sprchové sekce po proudu spalin:

1. sekce QUENCH
 chladí spaliny k TRB a sytí je vlhkostí
 sprchová voda stéká do společné jímky s 2. sprchovou sekcí, z níž se též odebírá sprchová voda
2. sekce - spaliny jsou sprchovány vodou zachycenou z jímky pod 3. sekcí
3. sekce – spaliny jsou sprchovány vodou z jímky pod 2. sekcí, která se před tím ochladí v deskovém výměníku pro ohřev vody z CZT



Omezení při uplatnění spalínového kondenzátoru

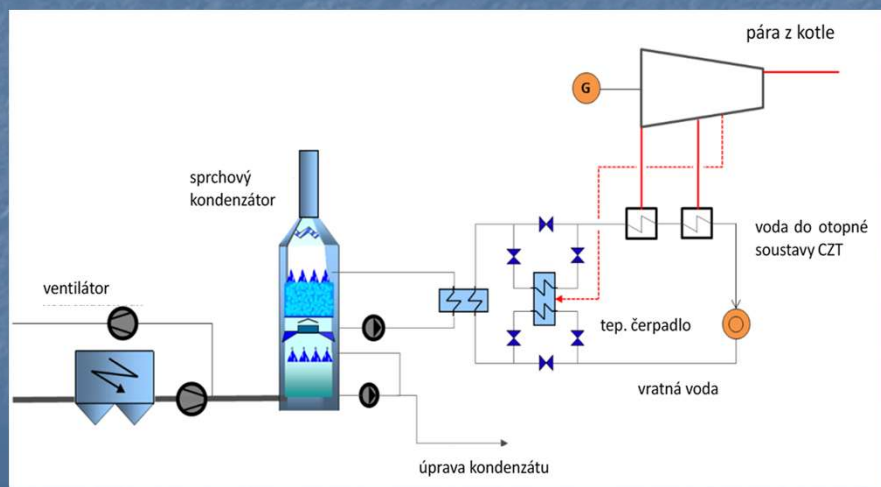
- příliš vysoká teplota vratné vody z CZT
 - je-li teplota vratné vody vyšší než 60 °C, je obtížné spaliny v kondenzátoru ochladit pod TRB
 - podmínky lze zlepšit užitím
 - tepelného čerpadla
 - zvlhčováním spalovacího vzduchu
- omezená možnost využití výkonu spalínového kondenzátoru, např. u parního kotle pro CZT nebo s TG bez CZT – nutno vždy pečlivě zvážit

| Kotel | | horkovodní | parní |
|-------------------------------|-----|------------|-------|
| výkon kotle | kW | 8000 | 8000 |
| teplota vody/páry | °C | 130 | 250 |
| tlak vody/páry | MPa | 1.7 | 1.7 |
| teplota vody z CZT | °C | 55 | 55 |
| teplota napájecí vody | °C | 62.5 | 105 |
| průtok vody/páry kotlem | t/h | 101 | 11.6 |
| využitelný výkon kondenzátoru | kW | 887 | 102 |

Snížení teploty vratné vody tepelným čerpadlem

parou poháněné tepelné čerpadlo

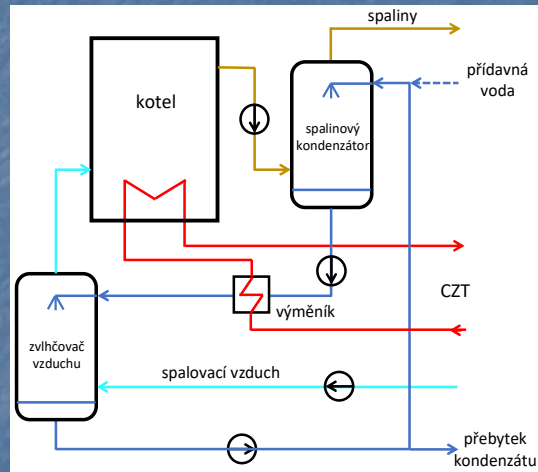
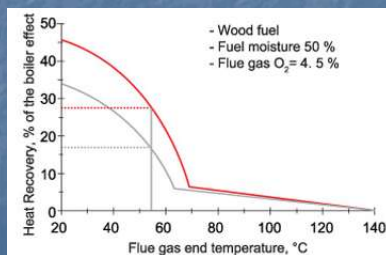
- sníží teplotu vratné vody z CZT, čímž podpoří výkon kondenzátoru
- rekuperací tepla z vratné vody zvýší teplotu vody před parními ohříváky



Zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu

rekuperaci tepla lze podpořit zvlhčováním spalovacího vzduchu

- spalovací vzduch se ohřeje a nasatí vlhkostí ve sprchovém zvlhčovači
- do kotle se tím rekuperuje teplo z dochlazovače
- zvýší se teplota rosného bodu spalin – v dochlazovači lze získat více tepla na vyšší teplotní úrovni

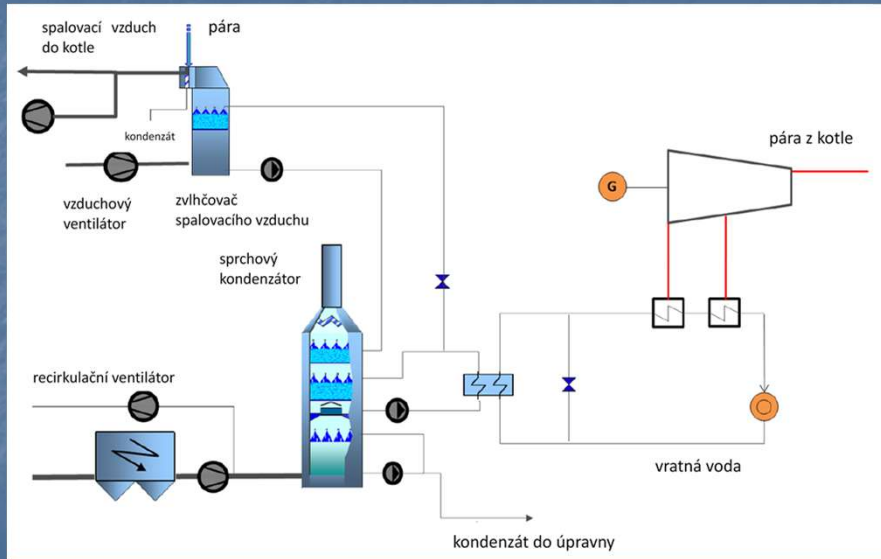


9

Zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu

- sprchová voda ohřátá v kondenzátoru projde výměníkem, kde se ochladí a část svého citelného tepla předá do vratné vody z CZT
- z výměníku je vedena do sprchového zvlhčovače spalovacího vzduchu, který je nasáván z okolí
- spalovací vzduch se ohřeje o 20 až 30 °C, přičemž část vody se odpaří a zvýší jeho vlhkost
- ochlazená sprchová voda ze zvlhčovače je použita pro sprchování spalin v kondenzátoru
- očekávaným benefitem tohoto řešení je
 - rekuperace tepla ze spalin do vzduchu
 - zvýšení teploty rosného bodu spalin, takže z kondenzátoru bude odcházet teplejší sprchová voda, což zlepší podmínky pro přenos tepla ve výměníku CZT a přispěje ke zvýšení jeho výkonu.

Zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu

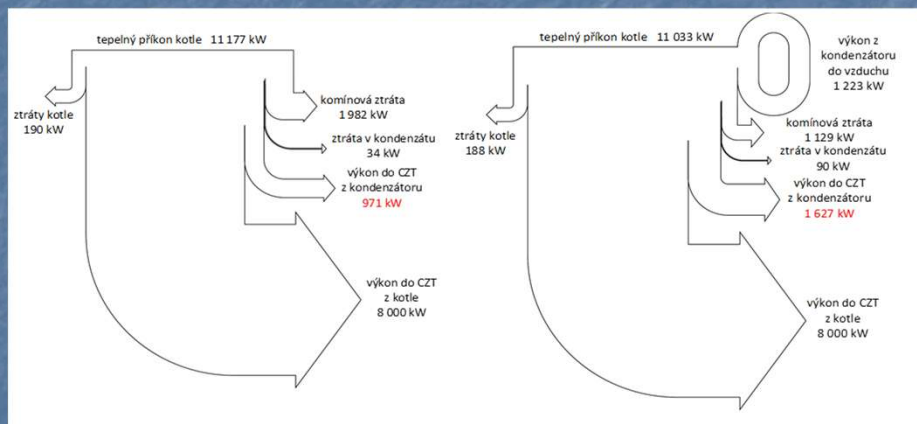


11

Zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu

kotel + spalínový kondenzátor

kotel + spalínový kondenzátor + zvlhčovač vzduchu



Zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu

příklad zvlhčovače spalovacího vzduchu – výška 8,5 m, průměr 3,5 m, váha 5,7 t, mat. AISI 304/316



Zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu

Pozitiva

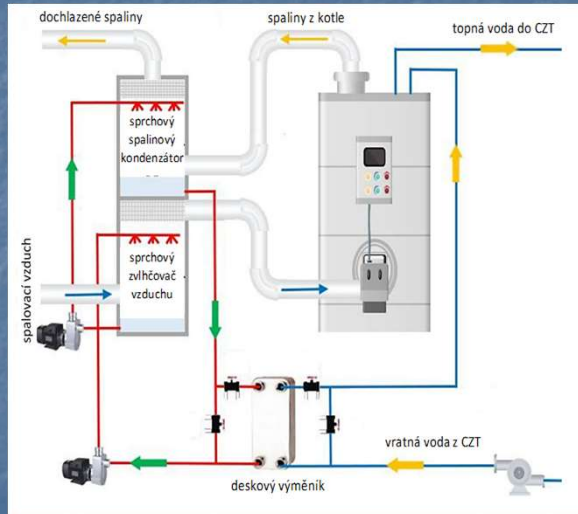
- zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu v kombinaci se sprchovým kondenzátorem spalin lze dosáhnout významného zvýšení výkonu dodávaného do soustavy CZT nebo úspory paliva
- lze docílit zvýšení teploty rosného bodu spalin o 3 až 5 °C, což umožňuje využít energetický potenciál spalinového kondenzátoru i při vyšší teplotě vratné vody
- navlhčení spalovacího vzduchu jen málo ovlivní provozní parametry kotle

Negativa

- navlhčením spalovacího vzduchu dojde ke snížení spalovací teploty s potenciálním rizikem zhoršení kvality spalování a zvýšení emise CO
- zvýšení vlastní spotřeby elektřiny

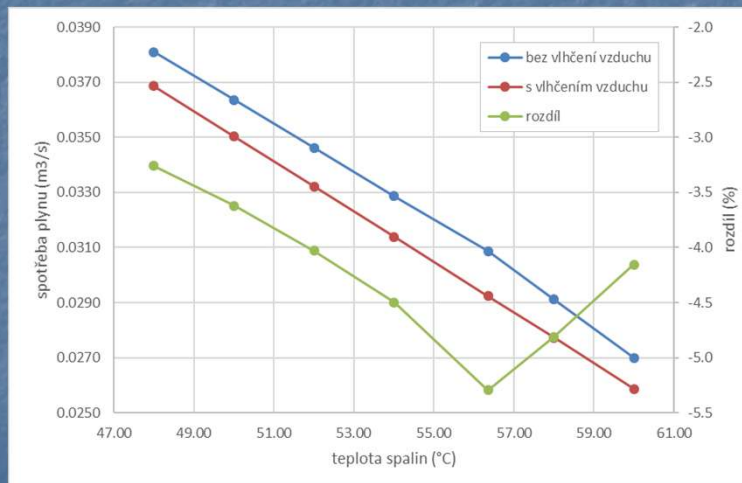
Vlhčení spalovacího vzduchu u plynového kotle

- za kotel je zapojen kondenzační výměník pro ochlazení spalin, který ohřívá vodu na teplotu cca 45 - 50 °C
- vodou se sprchuje spalovací vzduch, který se ohřeje a navlhčí
- kromě rekuperace tepla a zvýšení TRB je pozitivním efektem **snížení emise NO_x až o 80 %**



Vlhčení spalovacího vzduchu u plynového kotle

- efekt vlhčení spalovacího vzduchu



CCS-U

carbon capture and storage - utilization

zachycování a ukládání - využití CO₂ ze spalovacích procesů

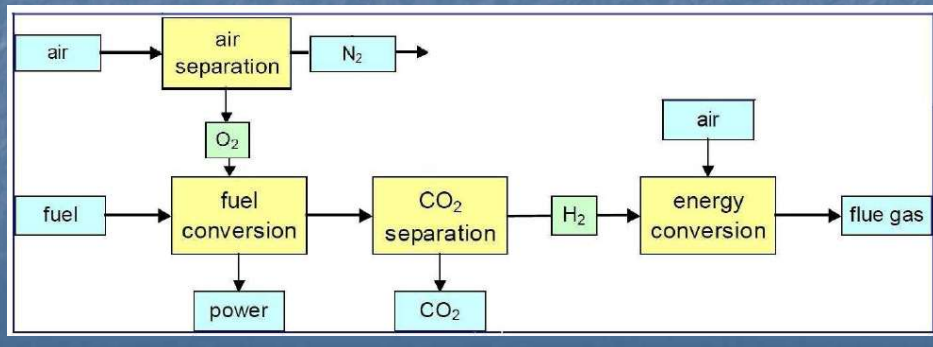
Základní metody

- **pre-combustion** – odstranění C (CO₂) před spalováním => vodíkové technologie
- **post-combustion** - odstranění CO₂ ze spalín
- **oxyfuel** – spalování s kyslíkem

17

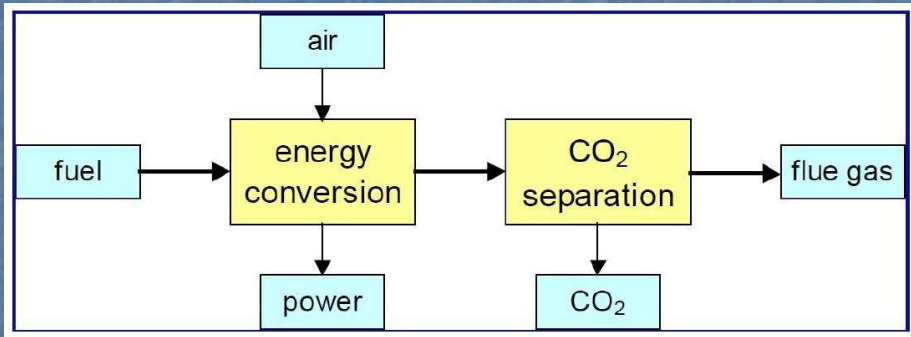
Pre-combustion

- Zachycení uhlíku ve formě CO₂ před spalovacím procesem (IGCC – integrovaná paroplynová zařízení).
 - zplyňování uhlí,
 - konverze CO na CO₂ reformingem vodní parou,
 - čištění plynu
 - separace CO₂
 - „zbylý“ plyn obsahující převážně H₂ je spalován



Post-combustion

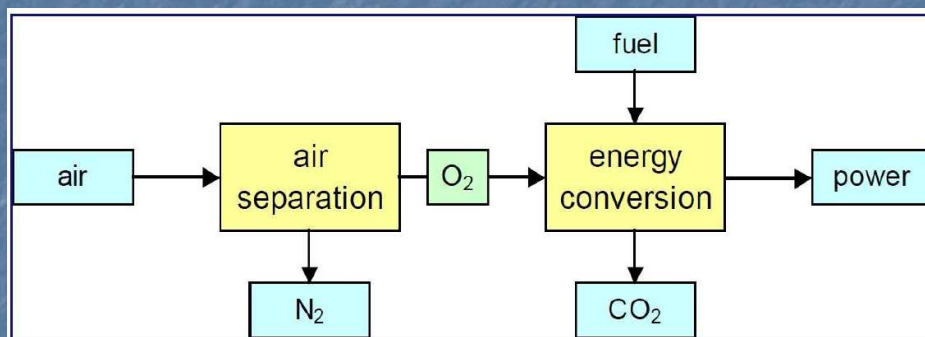
- zachycování CO₂ ze spalin po spalování paliva vzduchem ve spalovacích zařízeních



19

Oxyfuel

- spalování s kyslíkem



20

Spalování čpavku

- spalné teplo amoniaku je 22,5 MJ/kg

Výhody

- při spalování nevzniká CO₂
- snadno se ukládá a přepravuje
- lze využít existující infrastruktury skladovacích nádrží, přepravních lodí a potrubí

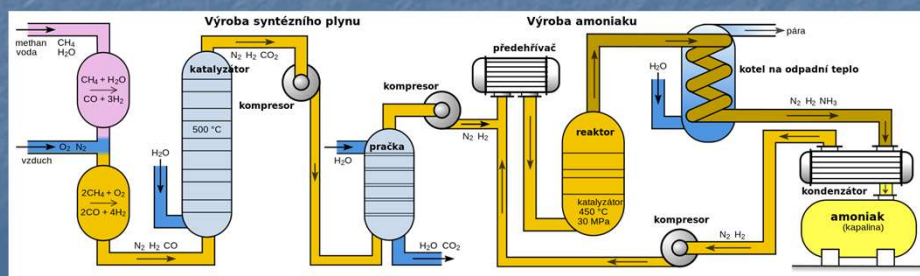
Nevýhody

- toxicita
- vyšší produkce NO_x při spalování
- konvenční metoda výroby čpavku je energeticky náročná

21

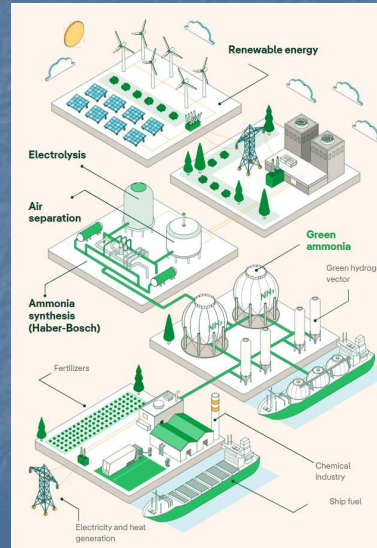
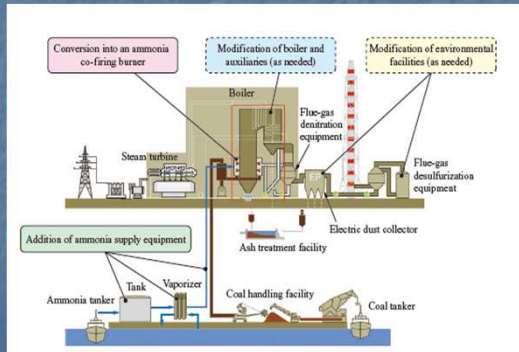
Spalování čpavku

- výroby amoniaku Haber-Boschovou metodou – přímou syntézou vodíku s dusíkem
- reakce exotermní, bez přítomnosti katalyzátorů však probíhá velmi pomalu
- jako katalyzátor slouží železo nebo ruthenium
- zdrojem vodíku je zemní plyn, který prochází za přítomnosti niklového katalyzátoru parní reformingem, konverzí vodního plynu a odstraněním CO₂
- dusík a vodík procházejí čtyřmi vrstvami katalyzátoru, mezi každým průchodem jsou chlazeny kvůli udržení přijatelné rovnovážné konstanty
- konverze probíhá při tlaku 15–25 MPa a teplotě 400–500 °C
- během každého průchodu dochází ke jen asi 15% konverzi, nezreagované plyny jsou recyklovány a výsledná konverze dosahuje asi 97 %.



Spalování čpavku

- v poslední době se intenzivně pracuje na výrobě „zeleného“ čpavku s využitím „zeleného“ vodíku
- Japonsko hodlá snížit spotřebu uhlí spoluspalováním 50 % čpavku ve svých elektrárnách



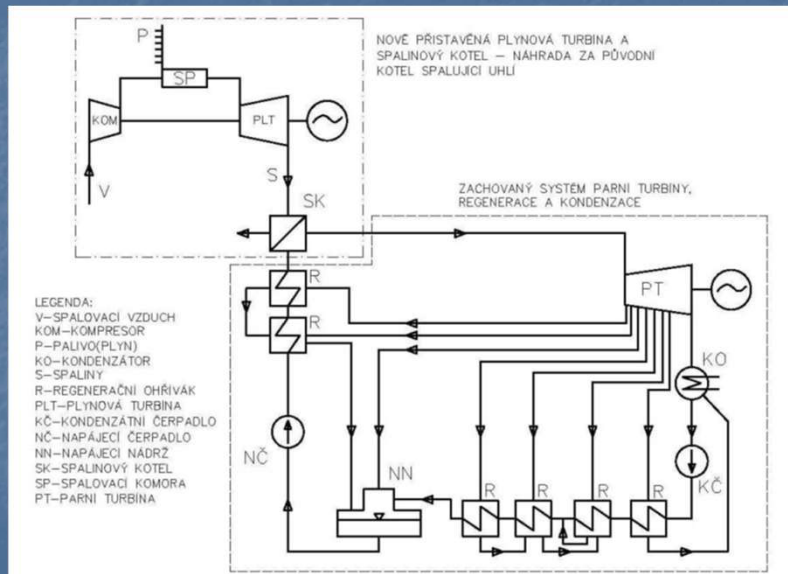
23

Repowering

- jde o modernizaci provozovaných uhelných elektrárenských zařízení předřazením spalovacích turbín před existující dominantní parní oběh
- principiálně by bylo možné repowering řešit několika způsoby a to jako
 - **site repowering** – z původního zdroje je zachován pouze chladicí okruh, zbytek nahrazen paroplynovým zařízením
 - **combined cycle repowering** – stávající kotel nahrazen kotlem na odpadní teplo, který produkuje páru pro původní parní turbínu
 - **hot windbox repowering** – výstup horkých spalin z plynové turbíny je zaveden do stávajícího uhelného kotle
 - **feed water repowering** – využití odpadního tepla pro ohřev napájecí vody
 - **parallel repowering** – využití odpadního tepla pro výrobu páry, která se zavede do stávající turbíny

24

Combined cycle repowering



27

Combined cycle repowering

- Opatření zvýší instalovaný výkon bloku o 150÷200%.
- Vhodné pro starší energobloky s elektrickým výkonem do 250 MW a tlaku páry do 12,4 MPa

Výhody

- velké navýšení instalovaného výkonu

Nevýhody

- zvýšení výrobní ceny 1 kWh elektrické energie z důvodu nahrazení uhlí zemním plynem
- vysoká cena instalovaného výkonu

28

Repowering elektrárny Ledvice

- jedná se o instalaci nového PPC v ELE při jehož výstavbě by mělo být využito v maximální možné míře stávající technologické zařízení uhelného bloku B4 o výkonu 110 MW_e

Výhody

- snížení emisí škodlivých plynů vypouštěných elektrárnou do ovzduší díky možnému postupnému přechodu palivové základny z hnědého uhlí na zemní plyn a následně na vodík.
- úspora nákladů na realizaci projektu (odhad řádově cca 1 mld. Kč oproti výstavbě nového PPC).

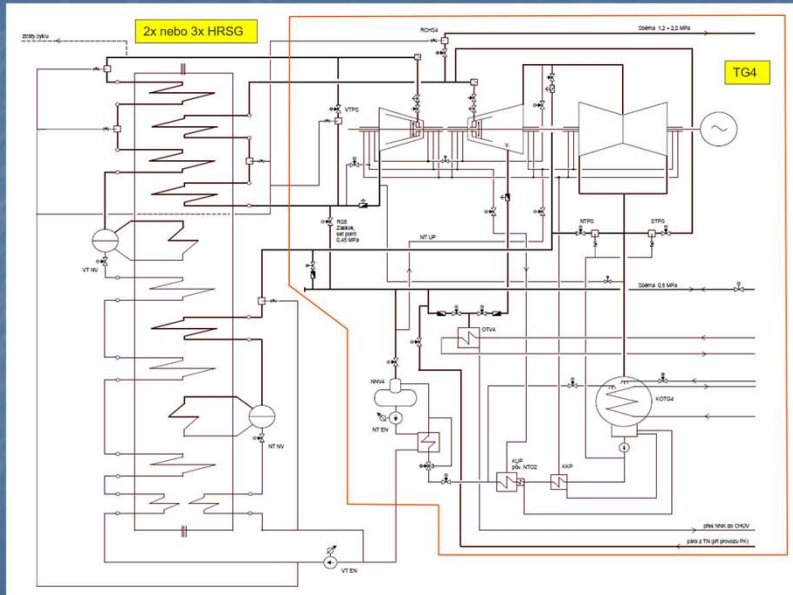
29

Repowering elektrárny Ledvice

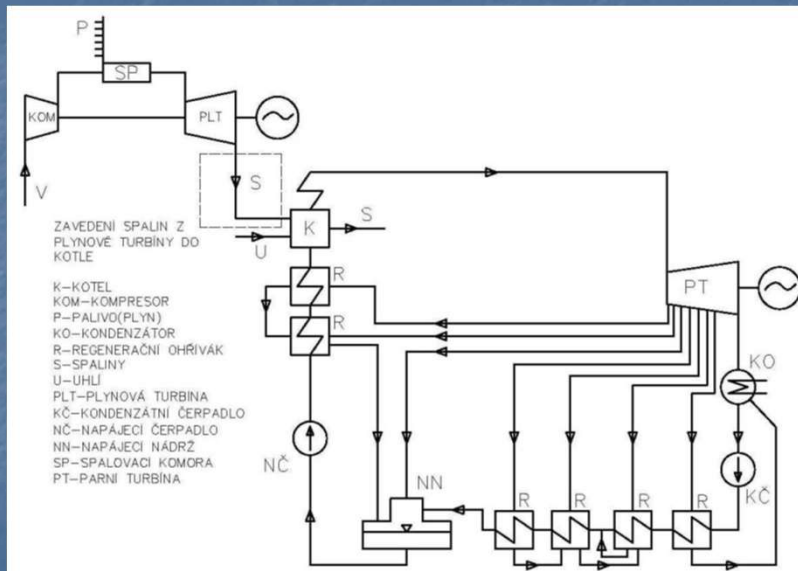
- v přípravě je výstavba nového PPC 250 MWe s maximálním využitím stávajícího využitelného technologického zařízení bloku B4
 - turbína a kondenzátor
 - ventilátorová chladicí věž
 - teplotenské RCHS, OTV
- plánováno je předřazení 3 nových spalovacích turbín 60 MWe a HRSG před stávající parní turbínu TG4.
- elektrický výkon PPC limituje maximální dovolený průtok páry posledními stupni NT dílu TG4 a množství odváděného tepla v kondenzátoru a v chladicí věži
- čistá tepelná účinnost PPC s turbínami SGT-800
 - 56,7 % při čistě kondenzačním provozu
 - 74,0 % při provozu s maximální dodávkou tepla

30

Repowering elektrárny Ledvice



Hot windbox repowering



Feed water repowering

- řešení je vhodné při požadavku na dodatečnou regulační kapacitu
 - základním zatížením využíváme původní parní cyklus
 - při odběrových špičkách se připojí spalovací turbína a ta pokryje potřebné navýšení výkonu
- navýšení instalovaného výkonu je na úrovni 15%
- zlepšení tepelné účinnosti parního oběhu při provozu spalovací turbíny je na úrovni 6%.

Výhody

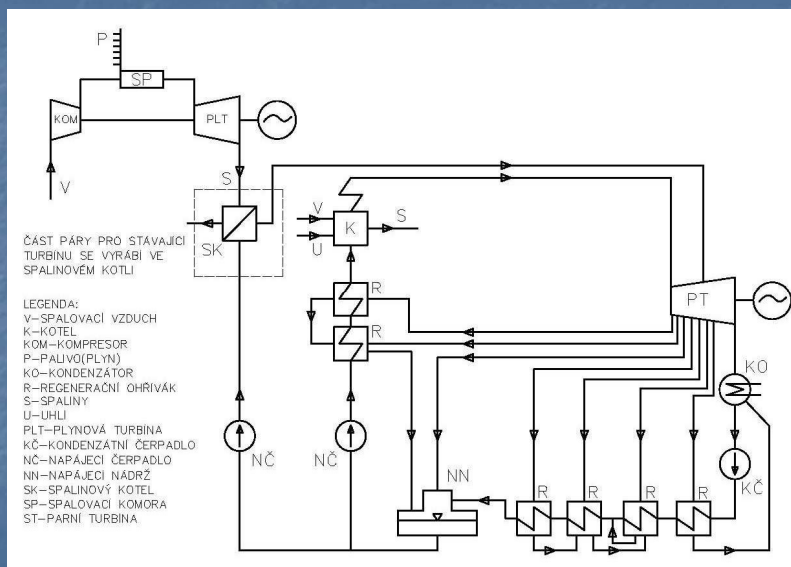
- technicky jednoduché řešení navýšení výkonu
- investičně nenáročné
- zvýšení tepelné účinnosti

Nevýhody

- nutnost instalace výměníků spaliny – voda

35

Paralel repowering



36

Paralel repowering

- výkon paroplynové části je limitován maximálním průtokem páry stávající parní turbínou

Výhody

- navýšení instalovaného elektrického výkonu
- snížení spotřeby uhlí

Nevýhody

- omezené množství přídavné páry, které můžeme přivést do parní turbíny

37

Porovnání jednotlivých variant repowering

| metoda | nárůst účinnosti | nárůst výkonu |
|--------|------------------|---------------|
| | [%] | [%] |
| SR | - | - |
| CCR | 12 | 150 - 200 |
| HWR | 4 - 6 | 25 |
| FHR | 6 | 15 |
| PR | - | - |

38