

Využití odpadního tepla spalín

Cílem je dochladiť spaliny pod teplotní úroveň, s níž běžně opouštějí kotel, tedy řádově pod 150°C. S tím jsou spojeny dva zásadní problémy :

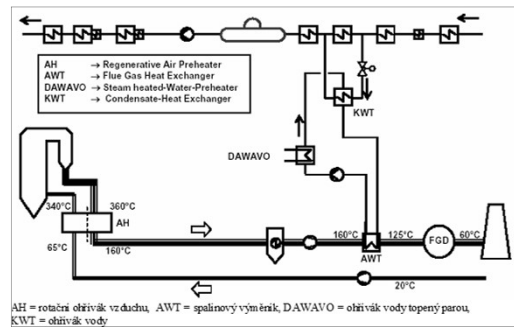
- teplota v dochlazovacím výměníku klesá pod úroveň teploty rosného bodu spalín
- při volbě vysoké teploty napájecí vody nelze již odpadní teplo spalín v rámci klasické koncepce kotle uplatnit

Nabízí se tyto možnosti

- uplatnění tepla z dochlazení spalín v rámci nízkotlakého či vysokotlakého regeneračního ohřevu napájecí vody (NTO)
- uplatnění tepla z dochlazení spalín pro předehřev vratné vody ze systému CZT

1

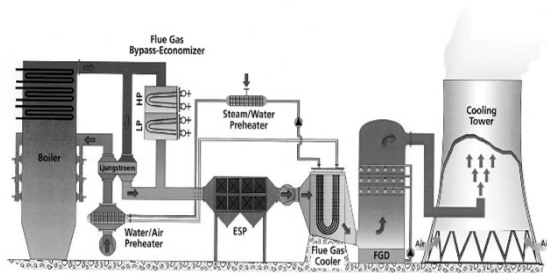
System uplatnění odpadního tepla spalín v NTO



2

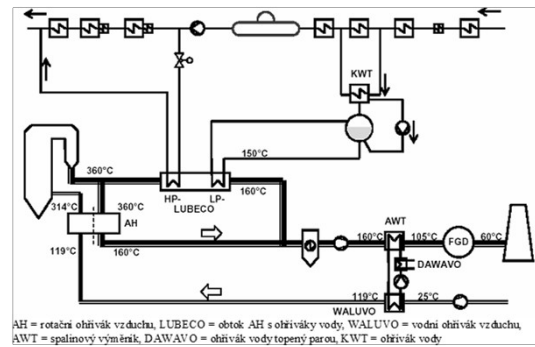
Uplatnění odpadního tepla spalín v NTO a VTO

System LUBECO



3

System LUBECO



4

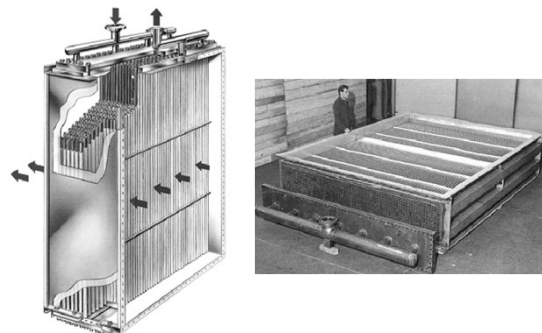
Zjištěné aplikace

System uplatnění tepla z dochlazení spalín v NTO s použitím výměníků PFA byl aplikován na následujících zdrojích spalujících hnědé uhlí:

- Schwarze Pumpe, 2 x 816 MWel,
- Lippendorf, 2 x 933 MWel,
- Neurath, 2 x 640 MWel.

5

Výměník spaliny / voda z PFA



6

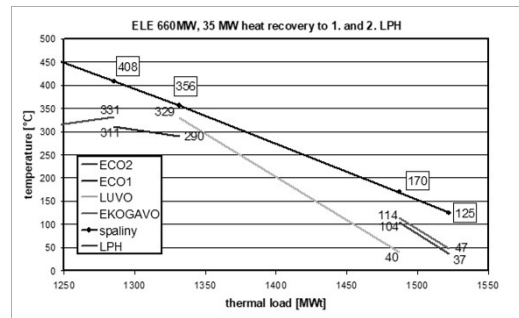
Posouzení potenciálního zvýšení účinnosti oběhu využitím odpadního tepla spalin v NT regeneraci

Posouzení bylo provedeno porovnáním několika variant:

- aplikace tohoto systému neovlivní účinnost kotle, u všech porovnávaných variant bude uvažován kotel s koncovou teplotou spalin 170°C, tedy s účinností 91,24 %
- výkon dochlazovacího výměníku s U vlásečkami z PFA bude navržen pro výkon
 - 35 MW – dochlazení spalin ze 170°C na 125°C
 - 50 MW – dochlazení spalin ze 170°C na 105°C
- teplo bude převáděno do NT regenerace prostřednictvím vnořeného vodního okruhu, okruh bude připojen paralelně vždy přes dva NTO :
 - přes 1.a 2. NTO – ohřev turbinového kondenzátu z 37°C na 104 °C
 - přes 2.a 3. NTO – ohřev turbinového kondenzátu z 81°C na 129 °C

7

Q-t diagram pro převod odpadního tepla spalin do 1. a 2. NTO, výkon 35 MW



8

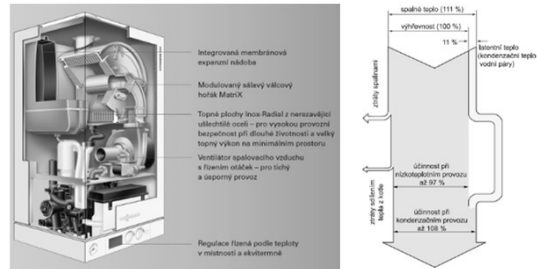
Změna účinnosti oběhu a velikosti výhřevných ploch

Varianta		1	2	3	4	
		290°C bez dochlazení	290°C 35MW 1+2NTO	290°C 50MW 1+2NTO	290°C 35MW 2+3NTO	290°C 50MW 2+3NTO
furnace	%	-8,2	-8,9	-9,2	-9,2	-9,6
SH1b	%	-12,5	-13,2	-13,5	-13,5	-13,9
SH3	%	-15,5	-16,1	-16,3	-16,3	-16,7
RH2	%	-20,8	-21,4	-21,6	-21,6	-22,0
SH2	%	-27,1	-27,8	-27,9	-27,9	-28,3
RH1	%	-40,3	-41,0	-41,1	-41,2	-41,6
ECO2	%	15,0	13,2	13,2	12,8	11,7
ECO1	%	15,0	12,8	12,9	12,4	11,0
LUVVO	%	-2,4	-4,8	-4,6	-5,2	-6,7
LPH	%	-	0,0	67,2	106,5	337,0
účinnost bloku	%	45,19	45,47	45,61	45,59	45,75

9

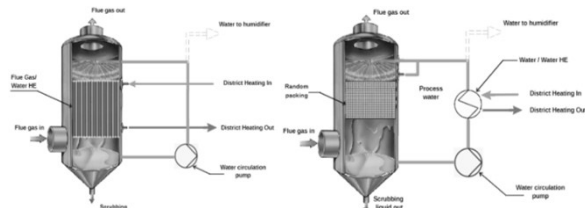
Využití odpadního tepla ze spalin biomasových kotlů

- spaliny biomasových kotlů obsahují minimum SO₂ a tuhých částic
- nízká teplota turbinového kondenzátu či vratné vody z CZT umožňují 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 plyných i tuhých emisí

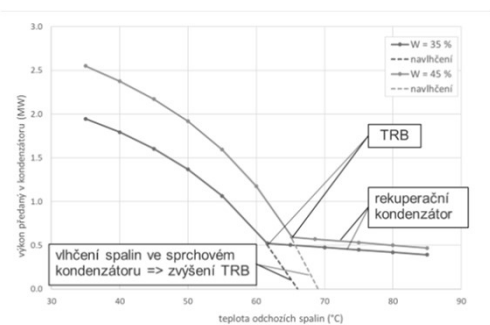


11

Využití odpadního tepla ze spalin biomasových kotlů

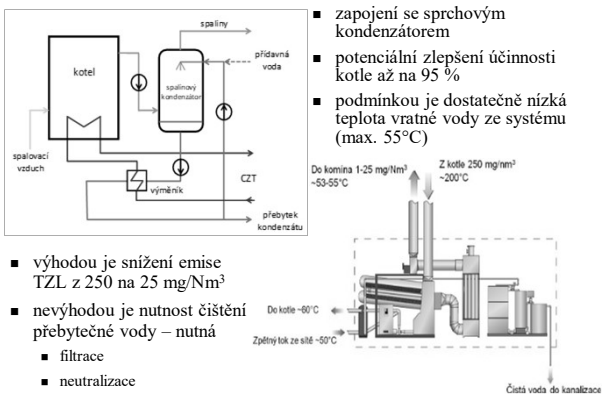
Výkon získaný ve spalinovém kondenzátoru

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



12

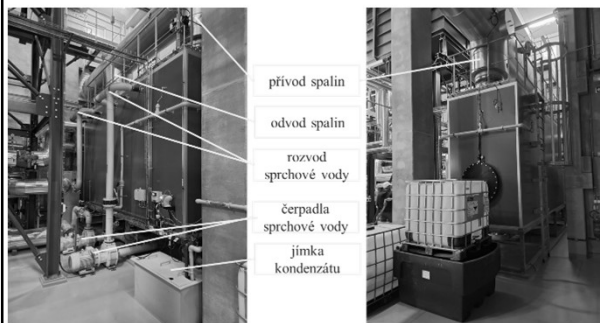
Využití odpadního tepla ze spalin biomasových kotlů



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

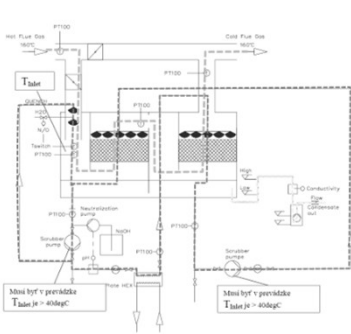
- zapojení se sprchovým kondenzátorem
- potenciální zlepšení účinnosti kotle až na 95 %
- podmínkou je dostatečně nízká teplota vratné vody ze systému (max. 55°C)

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 teč 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 ohrev vody z CZT



Omezení při uplatnění spalinového kondenzátoru

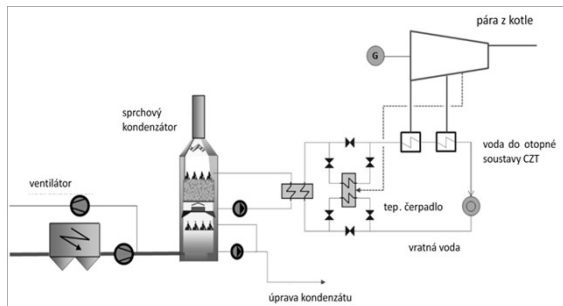
- příliš vysoká teplota vratné vody z CZT
 - je-li teplota vratné vody vyšší než 60 °C, je obtížné spaliny v kondenzátoru ochladit pod TRB
 - podmínky lze zlepšit užitím
 - tepelného čerpadla
 - zvlhčováním spalovacího vzduchu
- omezená možnost využití výkonu spalinového kondenzátoru, např. u parního 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 kotle	t/h	101	11.6
využitelný výkon kondenzátoru	kW	887	102

Snížení teploty vratné vody tepelným čerpadlem

parou poháněné tepelné čerpadlo

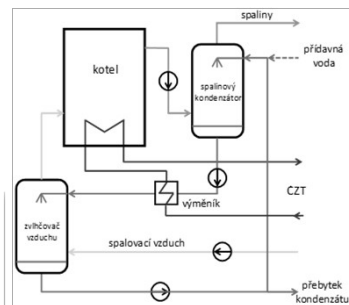
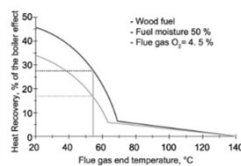
- sníží teplotu vratné vody z CZT, čímž podpoří výkon kondenzátoru
- rekuperaci tepla z vratné vody zvýší teplotu vody před parními ohříváky



Zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu

rekuperaci tepla lze podpořit zvlhčováním spalovacího vzduchu

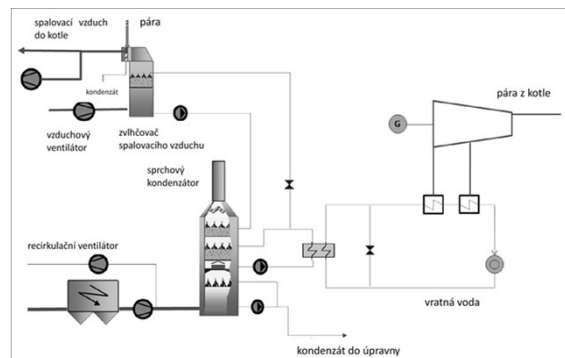
- spalovací vzduch se ohřeje a nasytí vlhkostí ve sprchovém zvlhčovači
- do kotle se tím rekuperuje teplo z dochlazovače
- zvýší se teplota rosného bodu spalin – v dochlazovači lze získat více tepla na vyšší teplotní úrovni



Zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu

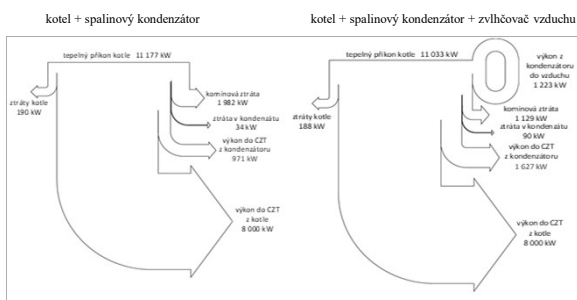
- sprchová vody ohřátá v kondenzátoru projde výměníkem, kde se ochladí a část svého citelného tepla předá do vratné vody z CZT
- z výměníku je vedena do sprchového zvlhčovače spalovacího vzduchu, který je nasáván z okolí
- spalovací vzduch se ohřeje o 20 až 30 °C, přičemž část vody se odpaří a zvýší 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



20

Zařazení zvlhčovače spalovacího 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

Positiva

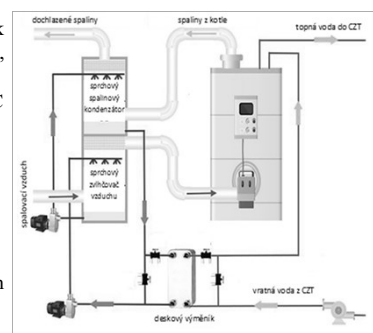
- zařazení zvlhčovače spalovacího vzduchu v kombinaci se sprchovým kondenzátorem spalin lze dosáhnout významného zvýšení výkonu dodávaného do soustavy CZT nebo úspory paliva
- lze docílit zvýšení teploty rosného bodu spalin o 3 až 5 °C, což umožňuje využít energetický potenciál spalinového kondenzátoru 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 elektriny

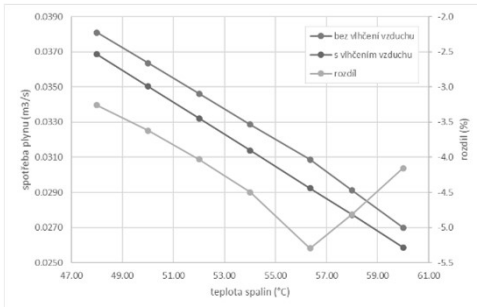
Vlhčení spalovacího vzduchu u plynového kotle

- za kotel je zapojen kondenzační výměník pro dochlazení 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



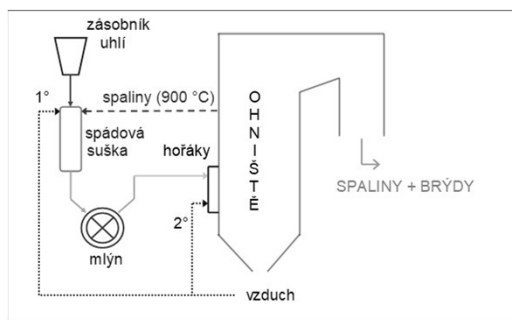
Perspektivní metody sušení pevných paliv

PROČ sušení pevných paliv ?

- zvýšení výhřevnosti
- snazší vzněcování
- spalování při vyšší teplotě
- menší objem spalin
- menší kotel, filtr spalin a ventilátor
- nižší vlastní spotřeba

26

Klasická metoda sušení horkými spalinami Uzavřený mlecí okruh



27

Energetická náročnost sušení je značná

Většina dodané energie se ztrácí

Příklad

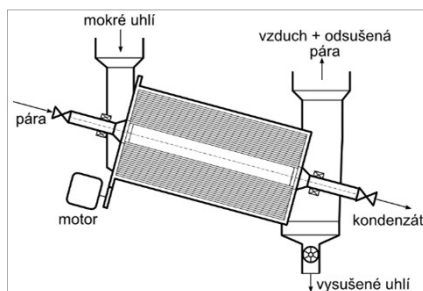
při obsahu vlhkosti v uhlí $W^r = 0,3$
ztráta činí přibližně 6 ÷ 8 % tepla v palivu

Pokud se podaří pro odstranění vody z paliva
použít odpadní teplo, zvýší se využitelný
energetický obsah paliva

28

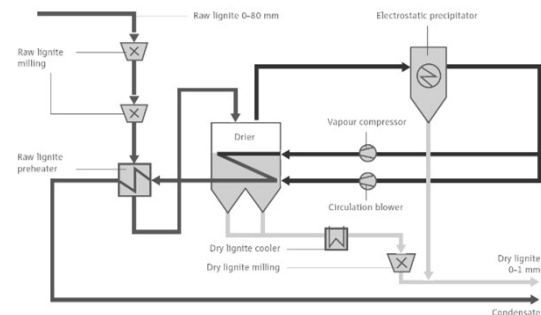
Otevřená parní bubnová suška

- klasické řešení pro briketárny – palivový kombinát Vřesová
- uhlí se přivádí do trubek shora a posouvá se rotací bubnu
- sytá pára kondenzuje v mezitrubkovém prostoru



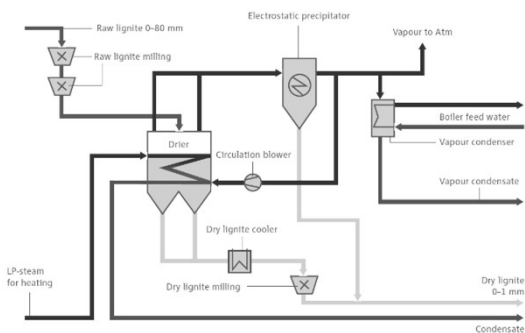
29

Fluidní sušení odpadním teplem (WTA) s kompresí páry



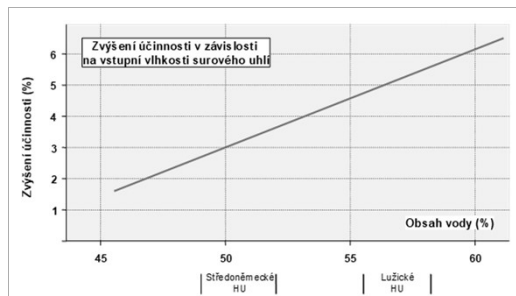
30

Fluidní sušení odpadním teplem (WTA) s kondenzací páry



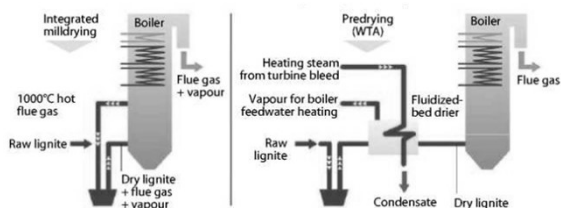
31

Parní fluidní suška na hnědé uhlí zvýšení účinnosti dle RWE



32

Porovnání klasického sušení s WTA



- sušení horkými spalinami
 - vede k velké exergetické ztrátě => zhoršení účinnosti
 - pára se dostává do kotle => zvětšuje objem spalin
- sušení parou WTA
 - využívá se nízkopotenciální teplo
 - pára jde mimo kotle k energetickému využití => menší kotel

33

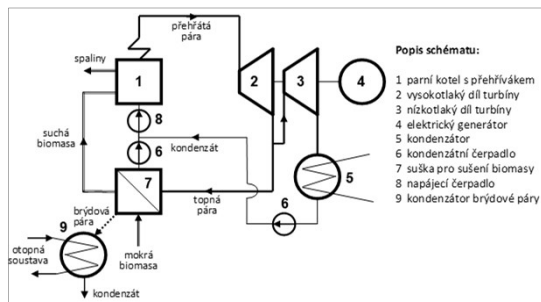
Výhody principu WTA

- menší a levnější kotel
- vyšší účinnost kotle
- zvýšení účinnosti výroby elektřiny
- jednodušší parní turbína – menší NT díl
- významné snížení spotřeby chladicí vody
- ekologický přínos

34

Aplikace kontaktního sušení u biomosové teplárny

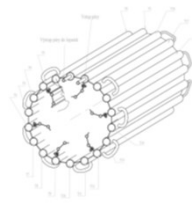
- je použita kontaktní suška otápebná nízkotlakou odběrovou parou



35

Aplikace kontaktního sušení u biomosové teplárny

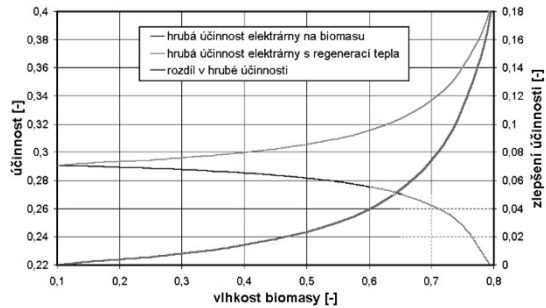
- je použita kontaktní suška otápebná nízkotlakou odběrovou parou



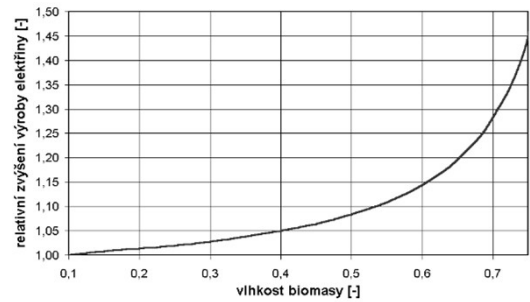
36

Potenciální zlepšení účinnosti

- bez využití tepla brýdové páry ze sušky



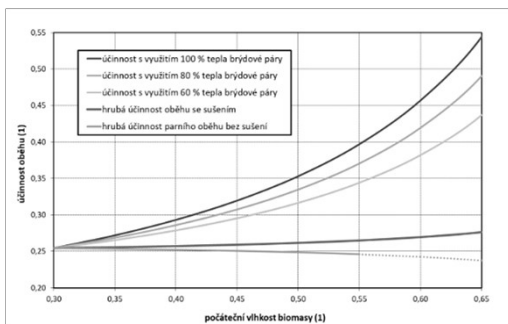
Relativní zvýšení výroby elektřiny z biomasy



38

Potenciální zlepšení účinnosti

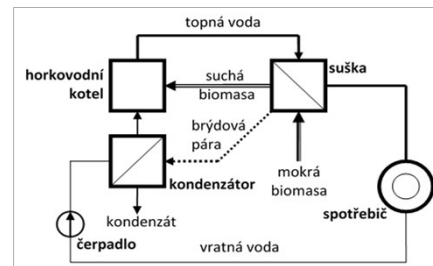
- s využitím tepla brýdové páry ze sušky



39

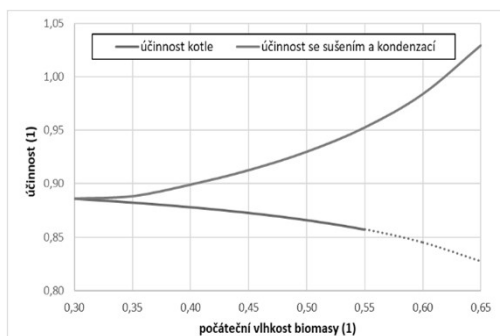
Aplikace kontaktního sušení u biomasové výtopy

- topná voda se v kotli o 30 až 40 °C nad požadovanou teplotu
- biomasa se suší v kontaktní sušce otápně topnou vodou
- brýdová pára se vede do kondenzátoru pro předehřev vratné vody



40

Potenciální zlepšení účinnosti

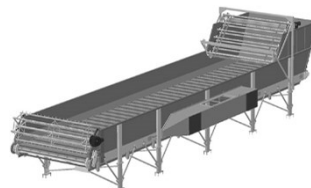


41

Sušení dřevní štěrky

- sušení biomasy v Plzeňské teplárenské

- kapacita 14 t mokré štěrky za hodinu.
- délka 20,0 m
- šířka 4,0 m
- výška 2,5 m
- výška vrstvy sušeného paliva 1,5 m
- doba zdržení štěrky 8 hodin
- snížení obsahu vody z 50 na 20 %



2

CCS-U

carbon capture and storage - utilization
zachycování a ukládání - využití CO₂ ze spalovacích procesů

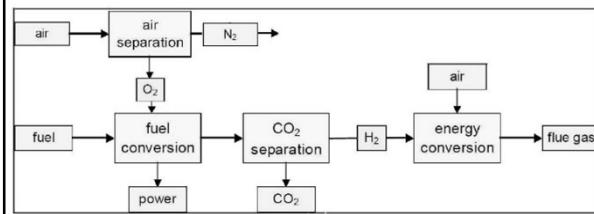
Základní metody

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

43

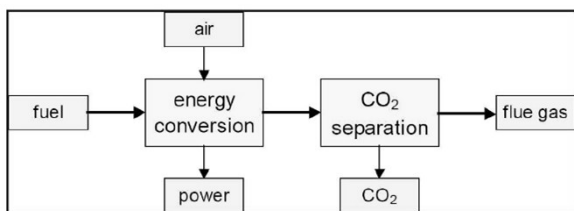
Pre-combustion

- 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

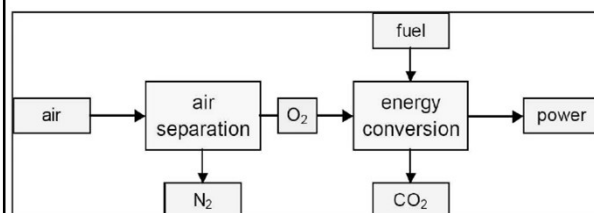
- zachycování CO₂ ze spalin po spalování paliva vzduchem ve spalovacích zařízeních



45

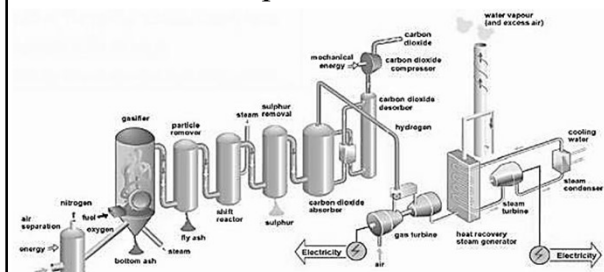
Oxyfuel

- spalování s kyslíkem



46

Metoda pre-combustion



- zatím ve vývoji – řešené problémy
 - vysokoteplotní čištění plynu
 - separace CO₂ z plynu
 - využití syngasu

47

Metody post-combustion

- Absorbční procesy = vypíráním kapalným absorbentem
 - fyzikální a chemické (rozpuštědlo nebo chemický reagent)
- Adsorpční procesy = adsorpce na povrchu tuhé látky
 - fyzikální a chemické
 - fyzikální sorbent – aktivní uhlí, molekulová síta atd.
 - chemická vazba – CaO, NaOH a další
- Fyzikální separace, např.:
 - membránová separace,
 - kryogenní separace
- Biologický záchyt – fotosyntéza
 - klasická = řasy (obrovská plocha)
 - nově zakotvené enzymy, nanočástice
- Nově vyvíjené metody
 - nová činidla (ab- a ad-sorbenty)
 - elektrochemické metody
 - Ca looping

48

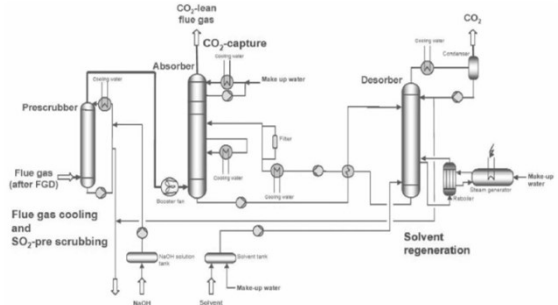
Metody post-combustion

- Nejčtenější nové postupy využívají jako absorpční činidlo různé AMINY – hlavní problémy
 - degradace kyslíkem
 - degradace SO₂
 - degradace NOx
 - korozivnost, toxicita
 - drahé
- Variantu představuje použití AMONIÁKu – hlavní problémy
 - korozivnost
 - toxicita
 - těkavost

49

Příklad aminové metody

- Pilotní zařízení RWE



50

Příklad aminové metody

Společnost AkerSolution - aminová vypírka s reagentem S26

- 6 pilotních jednotek s více jak 50 000 hodin provozu
- Čistota CO₂ až 99 %.
- Společnost vyvíjí novou modulární jednotku o kapacitě od 10 000 až 100 000 t CO₂ za rok.



Společnost Compact Carbon Capture AS - aminová vypírka

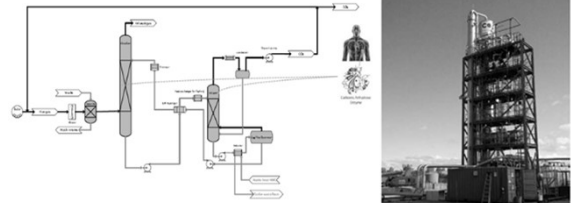
- Pilotní jednotka k dispozici
- Společnost plánuje postavení jednotky o kapacitě až 100 000 tun CO₂ za rok.



Příklad aminové metody

Společnost CO₂ Solutions Ltd. - absorpční metoda na bázi enzymů (carbonic anhydrase)

- Solvent netoxický, nekorozivní a s nízkou degradací na znečišťující látky
- Desorpce při 80°C (u aminů 140°C a adsorpční metody až 180°C)
- Čistota CO₂ až 99,5 %
- Komerční jednotka až 30 t CO₂ denně.



Příklad adsorpční metody - pevné sorbenty

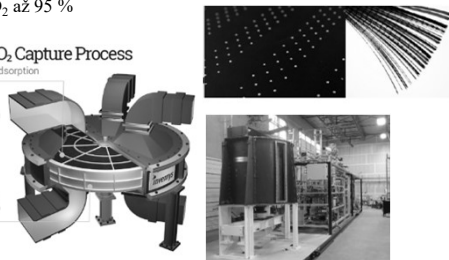
Společnost Inventys

- Pevná vrstva tvořena aktivním uhlím
- Technologie pod názvem VeloxoTherm™
- Rychlost cyklu až 60 s
- Čistota CO₂ až 95 %

VeloxoTherm™ CO₂ Capture Process
Rapid Cycle Thermal Swing Adsorption

Structured Adsorbent
Solid adsorbents + Low regeneration energy
Structured Adsorbents + Innovational control equipment

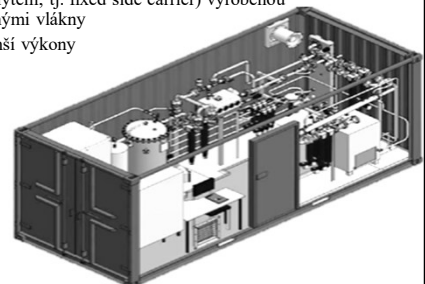
Rotary Embodiment
Continuous process enabled by rotating beds.
Based on microporous air pollutants used in power plants



Příklad membránové technologie

Společnost Air Products - spolupráce s NTNU Trondheim

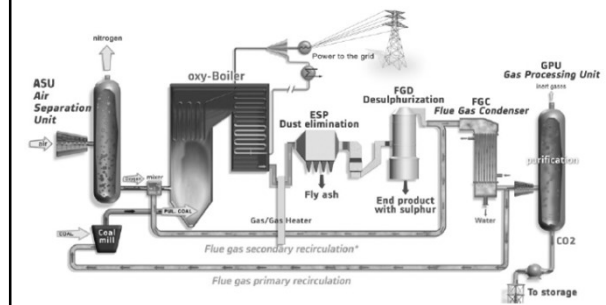
- Čistota CO₂ větší jak 90%
- Jedná o dvoustupňovou membránovou separaci pomocí PVAm (polyvinylamid membrány) s FSB (pevným nosičem/elektrolytem, tj. fixed side carrier) vyrobenou v modulu s pevnými vlákny
- Vhodná pro menší výkony
- Zatím ve vývoji



Přehled dostupných technologií post-combustion

Hodnoticí parametr/Společnost	Aker	C-Capture	CO ₂ Solutions	Inventys	Air Products
TRL	9	7-8	9	7-8	7
Země licencování	EU/Norsko	EU/Norsko	Kanada/USA	Kanada/USA	USA/EU/Norsko
Spotřeba ex. tepla	ANO (~130 °C)	ANO (~130 °C)	ANO (~80 °C)	ANO (~180 °C)	NE
Spotřeba el.	ANO (nízká)	ANO (nízká)	ANO (nízká)	ANO (nízká)	ANO (střední)
Variabilita výstupního produktu	ANO (střední)	ANO (střední)	ANO (střední)	ANO (nízká)	ANO (vysoká)
Provozní zkušenosti	ANO*	NE	ANO	ANO	ANO
Modulární uspořádání	ANO	ANO	NE	NE	ANO
Provozní náklady (spotřeba médií)	střední	střední	nízké	nízké	velmi nízké
Kapacita modulů	25 až 273 tCO ₂ /d	až 273 tCO ₂ /d	1 až 30 tCO ₂ /d	30 až 3000 tCO ₂ /d	1 až 5 tCO ₂ /d (návrhy i pro 2000 tCO ₂ /d)

Oxyfuel



56

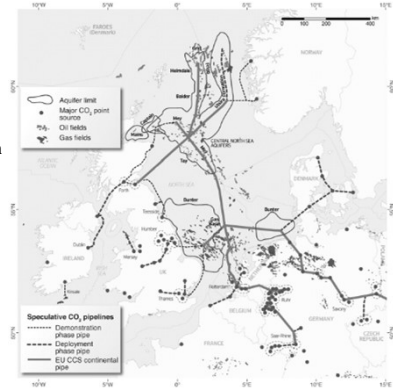
Metoda oxyfuel

- **výhody**
 - vysoká koncentrace CO₂ ve spalinách zjednodušuje jeho separaci a zvyšuje její účinnost
- **komplikace**
 - výroba kyslíku
 - příliš vysoké teploty při spalování a malý průtok spalin – řeší se značnou recirkulací spalin
 - materiálové problémy a tvorba úsad u kotle

57

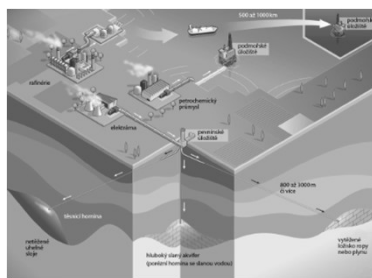
Doprava k uložení

- **možnosti**
 - komprese do nadkritického stavu a doprava potrubím
 - zkvalitnění a doprava v cisternách
- **centrálně plánováno ale zatím nedořešeno**



Ukládání – využití CO₂

- **ukládání pod zem**
 - vytěžená ložiska ropy a plynu
 - porézní geologické struktury - akvifery
- **využití**
 - jako průmyslový technický plyn
 - ve sklenících
 - materiálové problémy a tvorba úsad u kotle



59

Průmyslově využití CO₂ - dnes

- EOR a další procesy v rámci zpracování ropy a zemního plynu – (30 – 300 Mtpa)
- Výroba amoniaku/močoviny (5-30 Mtpa)
- Potravinářský průmysl (výroba vína, zpracování, uchování a skladování jídla, výroba bezkofeinové kávy, výroba perlivých vod atd.) (1-9 Mtpa)
- Ostatní využití (< 1 Mtpa) – Farmaceutický průmysl, úprava vody, skleníky, výroba železa a oceli, svařování, solvent či chladič plyn, výroba pneumatik, elektronických součástek atp.

Potenciální využití CO₂ – v blízké budoucnosti /TRL5-6

- ECBM – Enhanced coal bed methane recovery (30 – 300 Mtpa)
- Kultivace řas pro další využití (farmaceutický průmysl, potravinářský, biopalivo) – (> 300 Mtpa)
- Teplonosné médium v EGS – Enhanced geothermal systems (5-30 Mtpa)
- Výroba polymerů (5-30 Mtpa)
- Mineralizace (Stavební, potravinářský, chemický průmysl) – výroba CaCO₃, MgCO₃ (>300 Mtpa), výroba jedlé sody (< 1 Mtpa), vytvrdzování betonu (30 – 300 Mtpa),
- Výroba plyných/kapalných paliv/láték (přímá metanolová syntéza, tzv. obnovitelný metan/metanol >300 Mtpa, výroba kyseliny mraveční (> 300 Mtpa), růst mikroorganismů produkující látky na bázi paliv (> 300 Mtpa) atp.

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

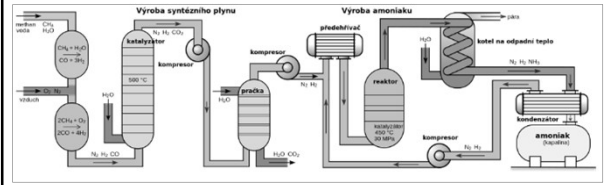
Nevýhody

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

61

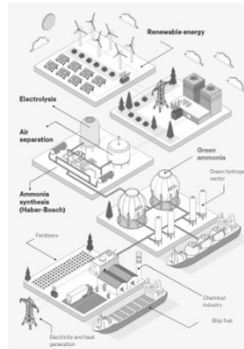
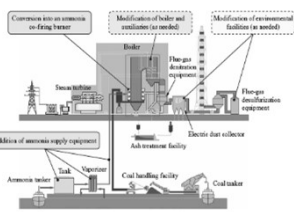
Spalování čpavku

- 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



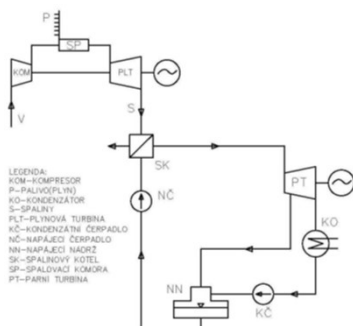
63

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 uhlé kotle
 - feed water repowering – využití odpadního tepla pro ohřev napájecí vody
 - paralel repowering – využití odpadního tepla pro výrobu páry, která se zavede do stávající turbíny

64

Site repowering



65

Site repowering

Výhody

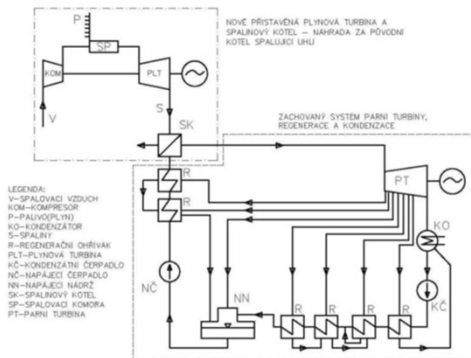
- snížení investičních nákladů na stavbu paroplynového cyklu díky zachování systému chlazení (chladicí věže, kondenzátory),
- vyšší tepelná účinnost paroplynového cyklu než původního parního cyklu,
- rychlé najetí bloku na plný výkon – použití jako špičkový zdroj

Nevýhody

- pokud již nebyla přivedena plynová přípojka nutnost jejího vybudování,
- zvýšení výrobní ceny 1 kWh elektrické energie z důvodu nahrazení uhlí zemním plynem

66

Combined cycle repowering



67

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

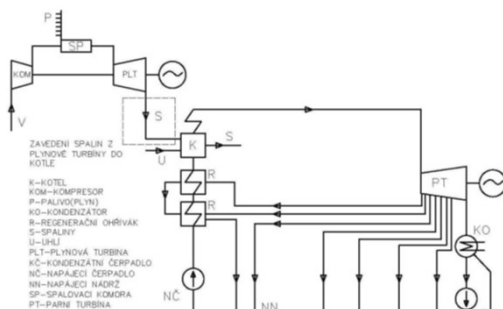
- velké navýšení instalovaného výkonu

Nevýhody

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

68

Hot windbox repowering



69

Hot windbox repowering

- navýšení instalovaného výkonu může dosáhnout hodnoty 25%
- varianta je vhodná pro bloky s vyšší tepelnou účinností v původním stavu
- tepelná účinnost oběhu se zvýší o 4-6% vůči

Výhody

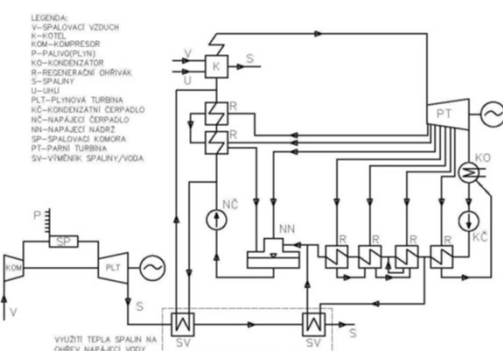
- zvýšení tepelné účinnosti – úspora uhlí
- snížení měrných emisí škodlivin
- zlepšení regulační schopnosti bloku

Nevýhody

- technicky velmi komplikované řešení

70

Feed water repowering



71

Feed water repowering

- řešení je vhodné při požadavku na dodatečnou regulační kapacitu
 - základním zatížením využíváme původní parní cyklus
 - při odběrových špičkách se připojí spalovací turbina 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

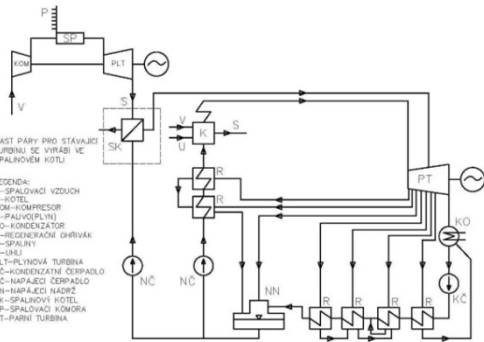
- technicky jednoduché řešení navýšení výkonu
- investičně nenáročné
- zvýšení tepelné účinnosti

Nevýhody

- nutnost instalace výměníků spaliny – voda

72

Paralel repowering



73

Paralel repowering

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

Výhody

- navýšení instalovaného elektrického výkonu
- snížení spotřeby uhlí

Nevýhody

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

74

Porovnání jednotlivých variant repowering

metoda	nárůst účinnosti	cena inst. výkonu	nárůst výkonu
	[%]	[USD/kW]	[%]
SR	-	-	-
CCR	12	450 - 750	150 - 200
HWR	4 - 6	150 - 250	25
FHR	6	75 - 110	15
PR	-	-	-

75