

E0270 TECHNOLOGIE A NÁSTROJE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Technologie pro zajištění čistoty ovzduší I

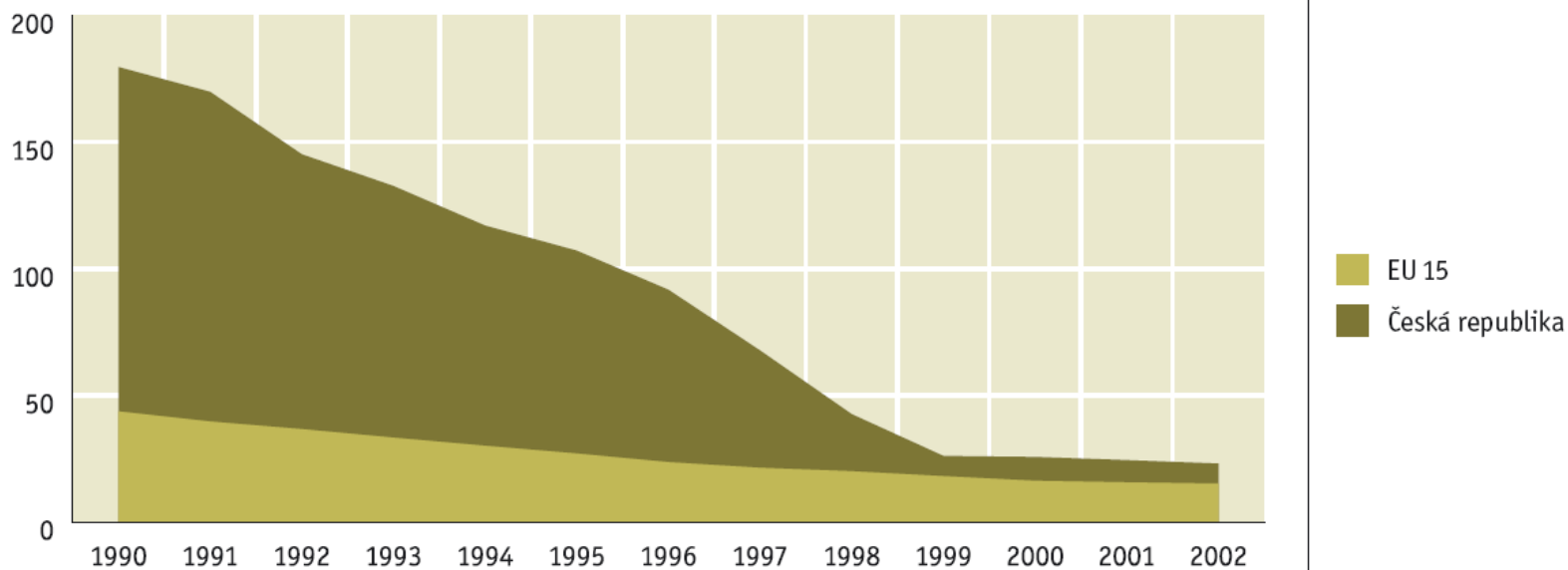
RNDr. Mgr. Michal Bittner, Ph.D.

Vývoj stavu životního prostředí v ČR 1990 – 2004

Ovzduší

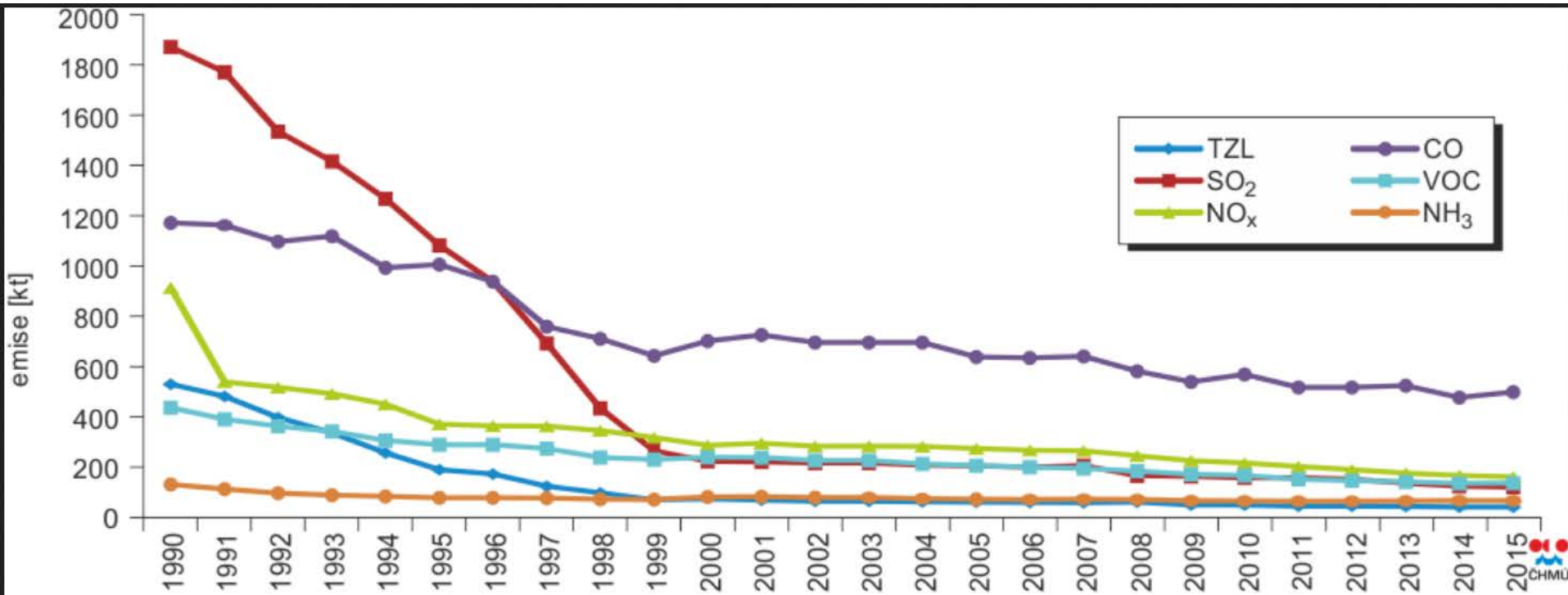
- Znečištění ovzduší bylo v roce 1990 objektivně i subjektivně nejpalčivějším problémem ŽP
- Významné zdravotní problémy (především SČ) a poškození ŽP

Trend měrných emisí SO₂ (v kg/os.rok) v České republice a v EU 15 v letech 1990–2002



Zdroj: EMEP, EEA

Graf 4.3

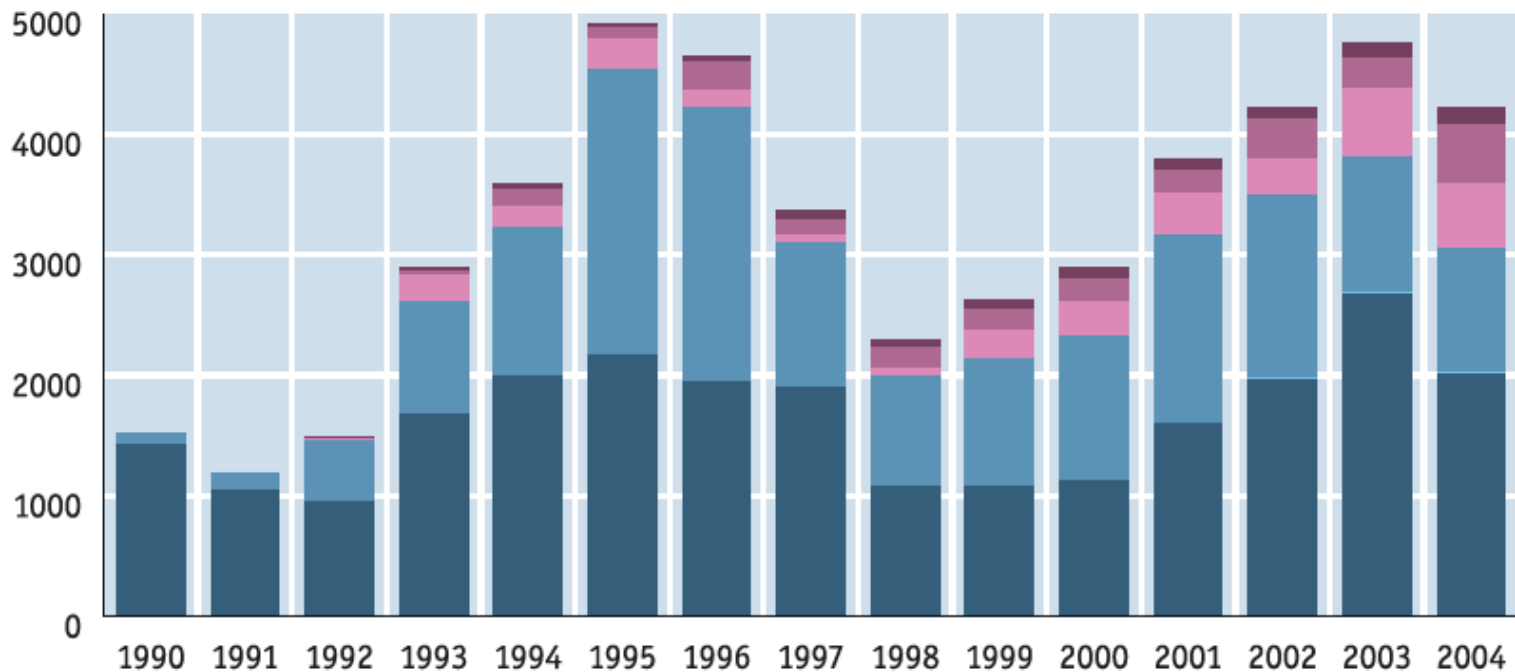


Obr. II.1 Vývoj celkových emisí, 1990–2015

Graf 5.4

Výdaje SFŽP podle složek životního prostředí (v mil. Kč)

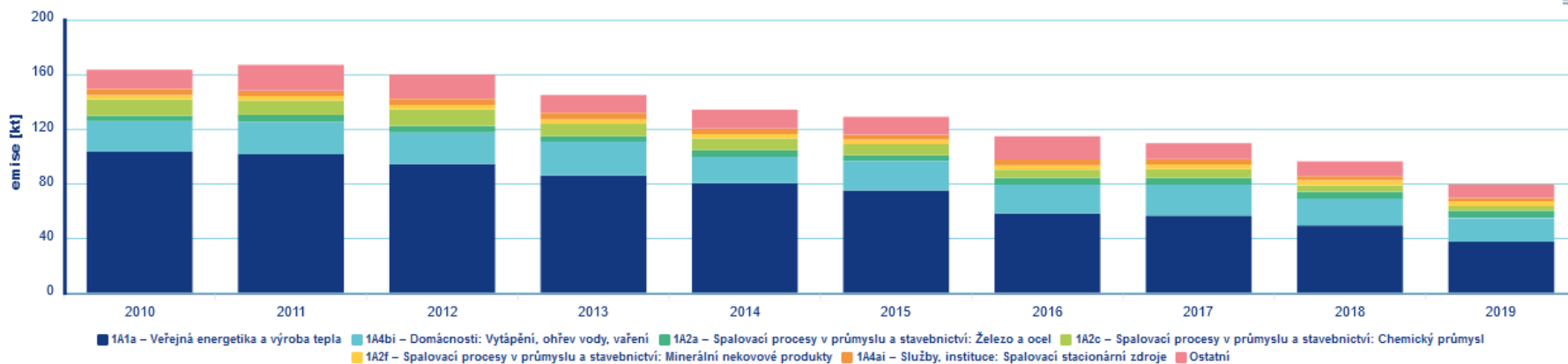
- Ostatní
- Příroda
- Odpady
- Ovzduší
- ISPA
- Voda



Zdroj: SFŽP



Obr. IV.7.9 Podíl sektorů NFR na celkových emisích SO_x, 2019



Obr. IV.7.10 Celkové emise SO_x, 2010–2019

24.11.2016 18:54

Ambiciózní plán na zavedení národních stropů týkající se emisí a látek znečišťujících ovzduší do roku 2030, včetně oxidů dusíku (NO_x), pevných polévatých částic a oxidu siřičitého, získal při středním hlasování podporu poslanců Evropského parlamentu. Nové limity byly již neformálně dohodnuty během nizozemského předsednictví v Radě EU. Znečištění ovzduší způsobuje ročně zhruba 400 tisíc předčasných úmrtí v EU.

Emisní limity pro Českou republiku

Pro Českou republiku byly stanoveny závazky k procentuálnímu snížení emisí oxidu siřičitého (SO₂), oxidů dusíku (NO_x) a nemethanových těkavých organických sloučenin (NMVOC) tak, že se za výchozí rok považuje rok 2005. Pokud jde o silniční dopravu, použijí se emise vypočítané na základě prodaných paliv.

- **Závazek ke snížení emisí oxidu siřičitého (SO₂) oproti roku 2005:**
 - 45 % (pro jakýkoli rok od r. 2020 do r. 2029),
 - 66 % (pro jakýkoli rok od r. 2030).
- **Závazek ke snížení emisí oxidů dusíku (NO_x) oproti roku 2005:**
 - 35 % (pro jakýkoli rok od r. 2020 do r. 2029),
 - 64 % (pro jakýkoli rok od r. 2030).
- **Závazek ke snížení emisí nemethanových těkavých organických sloučenin (NMVOC) oproti roku 2005:**
 - 18 % (pro jakýkoli rok od r. 2020 do r. 2029),
 - 50 % (pro jakýkoli rok od r. 2030).
- **Závazek ke snížení emisí amoniaku (NH₃) oproti roku 2005:**
 - 7 % (pro jakýkoli rok od r. 2020 do r. 2029),
 - 22 % (pro jakýkoli rok od r. 2030).
- **Závazek ke snížení emisí jemných částic (PM_{2,5}) oproti roku 2005:**
 - 17 % (pro jakýkoli rok od r. 2020 do r. 2029),
 - 60 % (pro jakýkoli rok od r. 2030).

Zvláště velké spalovací zdroje

Spalovací zdroje, resp. zdroje spalování paliv se v České republice podle zákona č. 86/2002 Sb. v platném znění zařazují podle tepelného příkonu nebo výkonu do těchto kategorií:

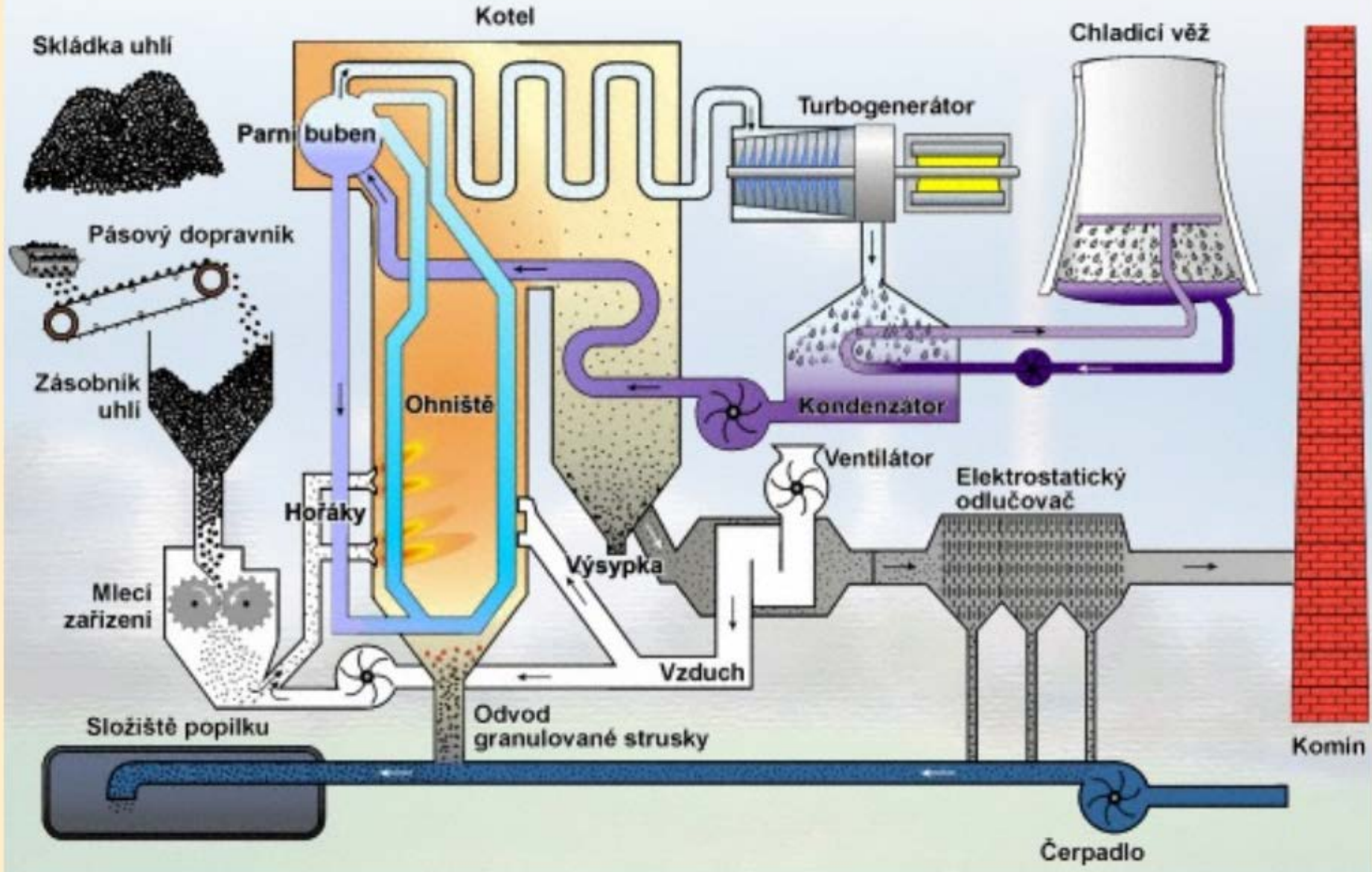
- zvláště velké spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném příkonu 50 MW a vyšším bez přihlídnutí ke jmenovitému tepelnému výkonu;
- velké spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu vyšším než 5 MW do 50 MW nespádající do kategorie zvláště velkých spalovacích zdrojů;
- střední spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu od 0,2 MW do 5 MW včetně;
- malé spalovací zdroje, tj. zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu $< 0,2$ MW.

Pro zařazení do kategorií se příkony nebo výkony jednotlivých zařízení (kotlů) ve zdroji sčítají.

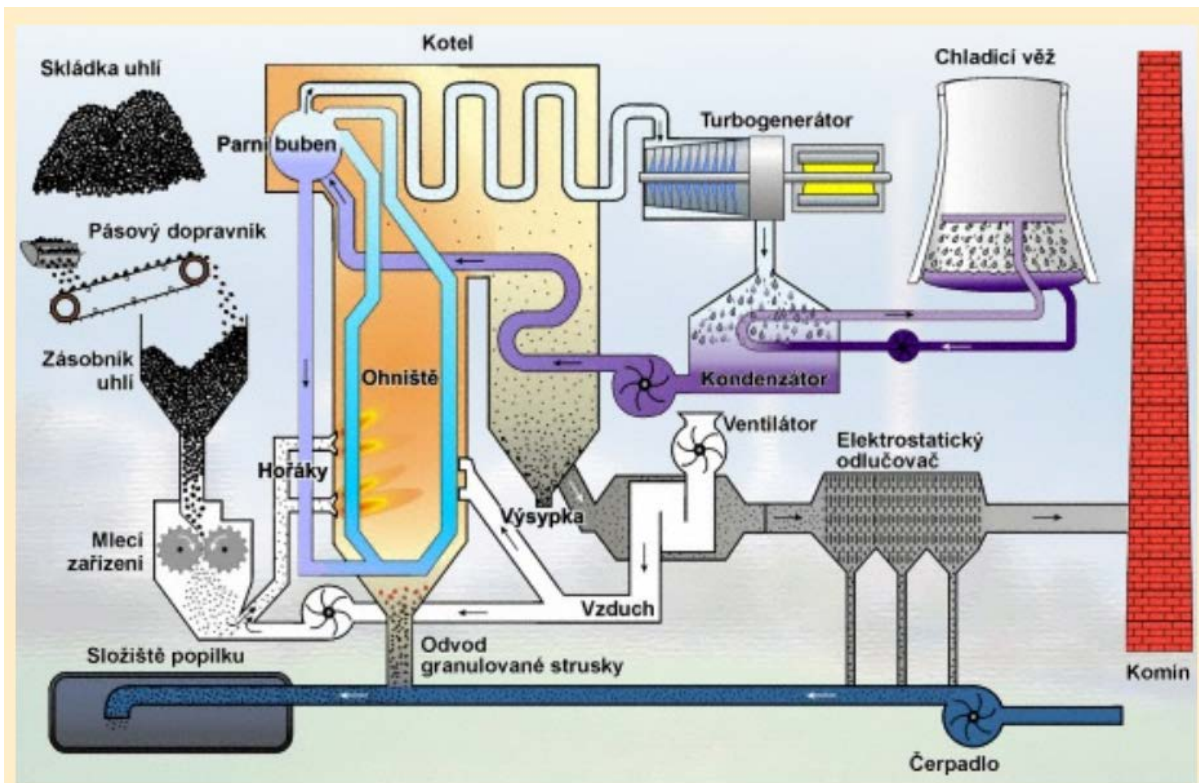
Zvláště velké spalovací zdroje - tepelná elektrárna



Zvláště velké spalovací zdroje

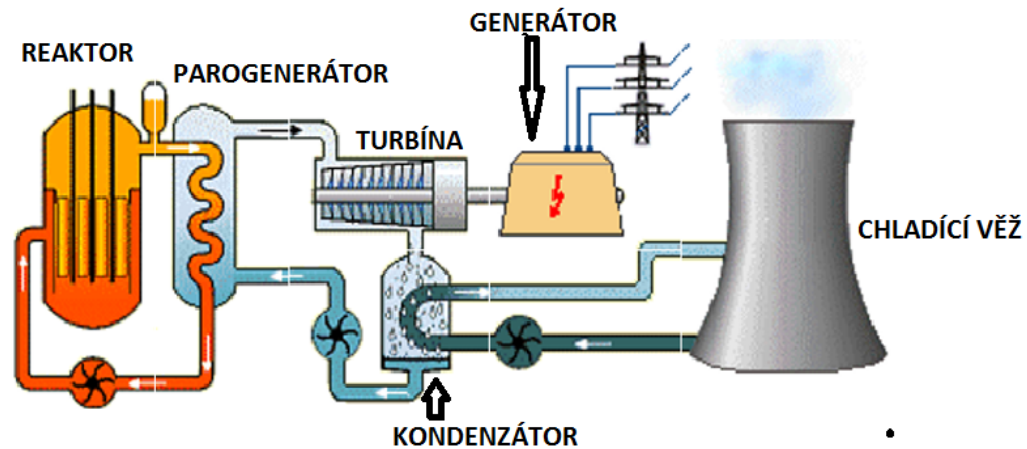


Zvláště velké spalovací zdroje



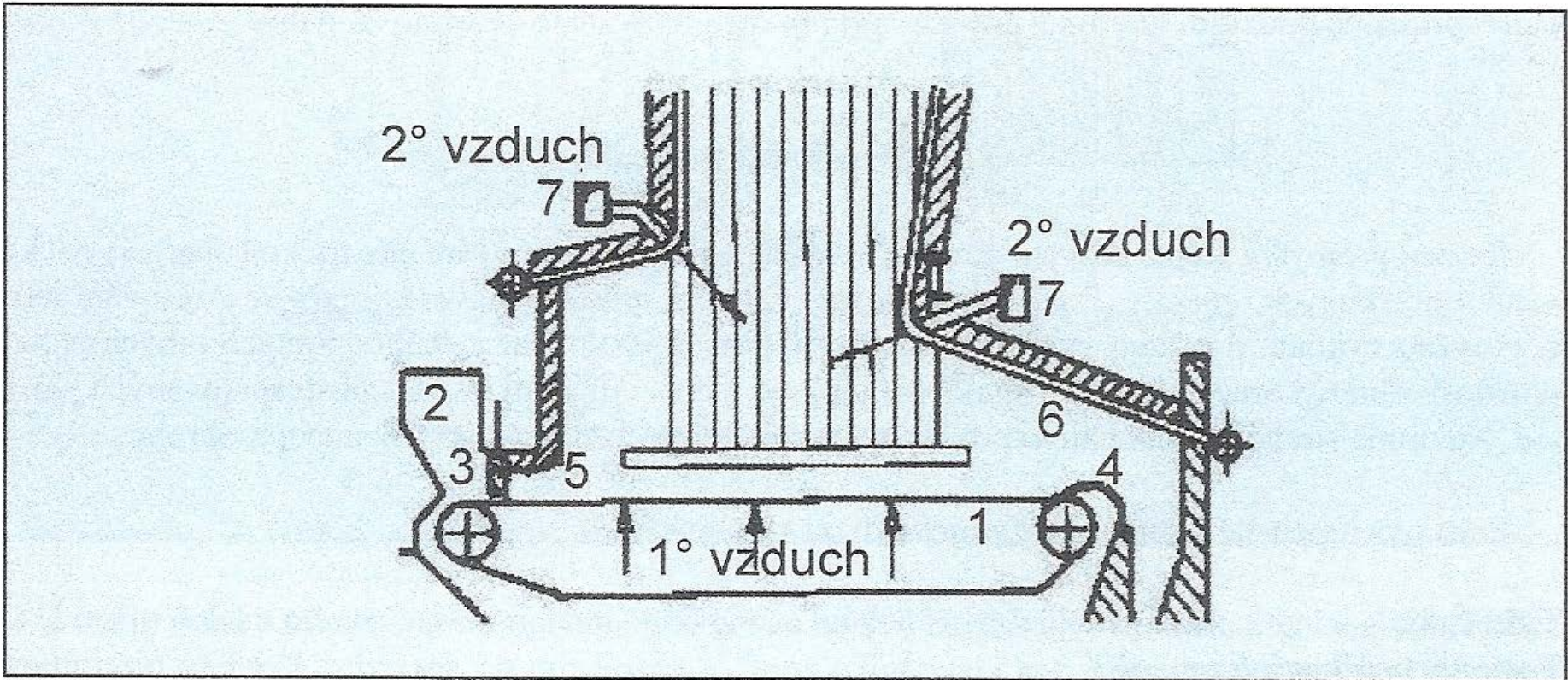
Uhelná E

Jaderná E



Topeniště – s pásovým roštěm

Schéma topeniště s pásovým roštěm. Údaje na obrázku označené: 1 – rošt; 2 – násypka; 3 – hradítko; 4 – jízec; 5 a 6 – přední a zadní klenba; 7 – sekundární vzduch.



Topeniště – s pásovým roštěm



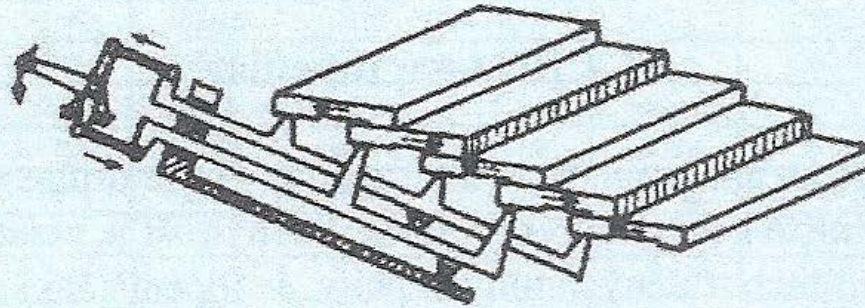
RUSHAS Mini Traveling Grate - A Small Boiler Stoker for efficient boiler House!

39 517 zhlédnutí • 18. 6. 2020

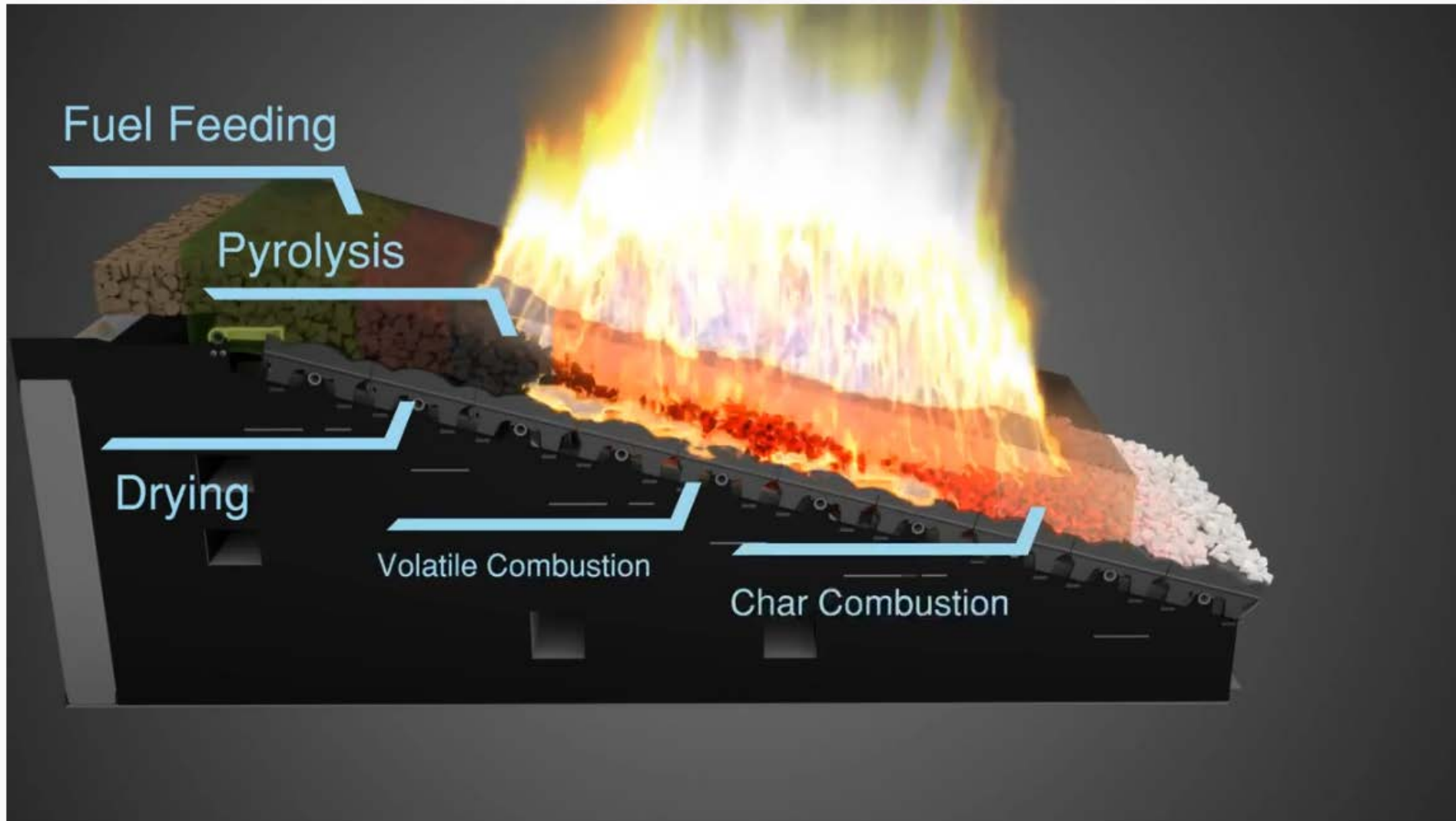
👍 409 🗑️ NELÍBÍ SE ➦ SDÍLET ✂️ KLIP ➡️ ULOŽIT ⓘ POPIS ...

Topeniště – přesuvný rošt

Schéma přesuvného roštu.



Topeniště – přesuvný rošt



Reciprocating Grate / Step Grate Operation Introduction

8 900 zhlédnutí • 10. 9. 2021

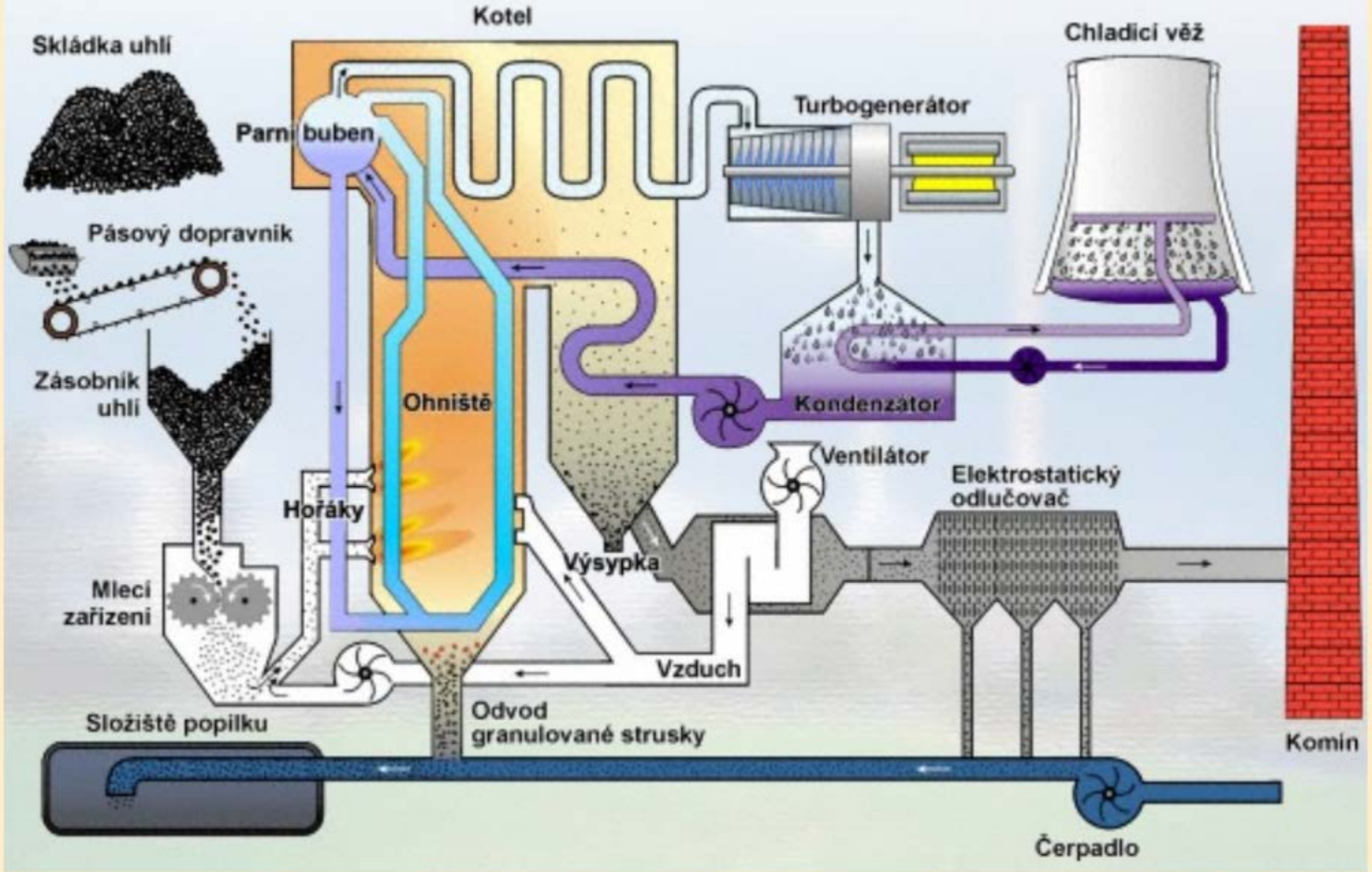
👍 107 🗨️ NELÍBÍ SE ➦ SDÍLET ✂️ KLIP ⚙️ ULOŽIT ⓘ POPIS ...

Topeniště – prášková topeniště

Varianty práškových topenišť.

Granulační	Spalování prášku probíhá při poměrně nízkých teplotách v ohništi, takže popeloviny odcházejí z topeniště v tuhém stavu. V okamžiku spálení se ovšem částice paliva zahřeje krátkodobě na vysokou teplotu, takže popeloviny se roztaví a vlivem povrchového napětí vytvoří kuličky (granule). Ty vlivem chladnějšího okolního prostředí rychle zchladnou a ztuhnou.
Tavicí	Je vývojově mladším typem topeniště vzniklým ve snaze zvětšit intenzitu spalování zvýšením teploty v topeništi, takže popeloviny opouštějí ohniště v tekutém stavu.

Topeniště – práškový topenišť



Furnace

Chain Conveyor

0:38 / 3:11

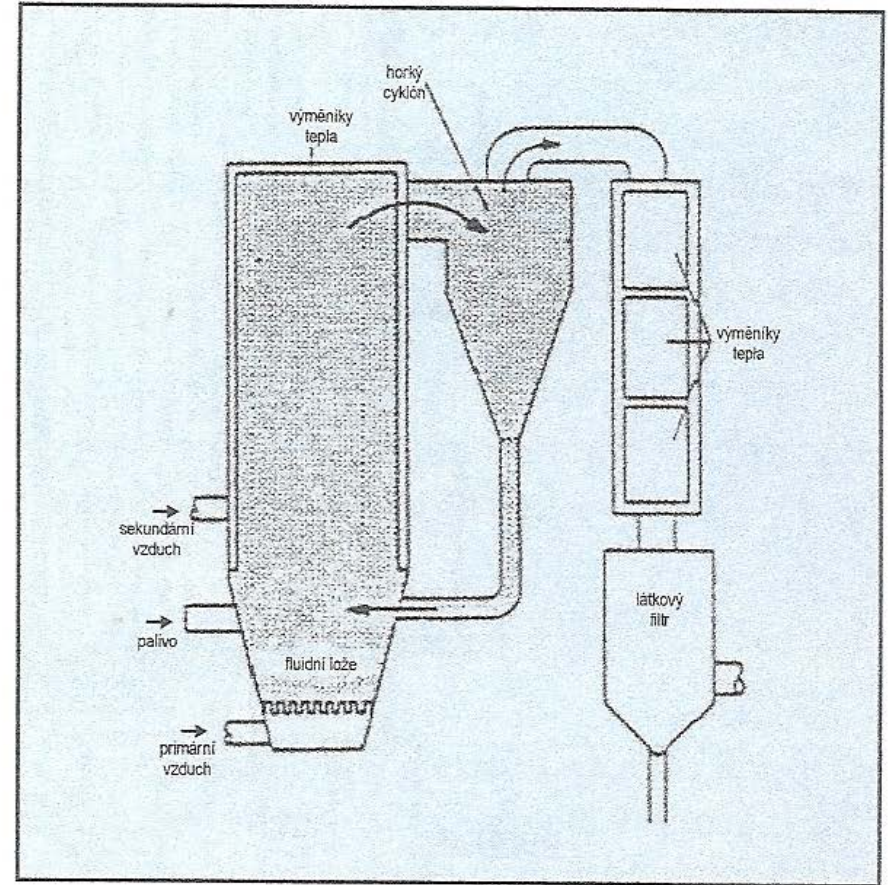
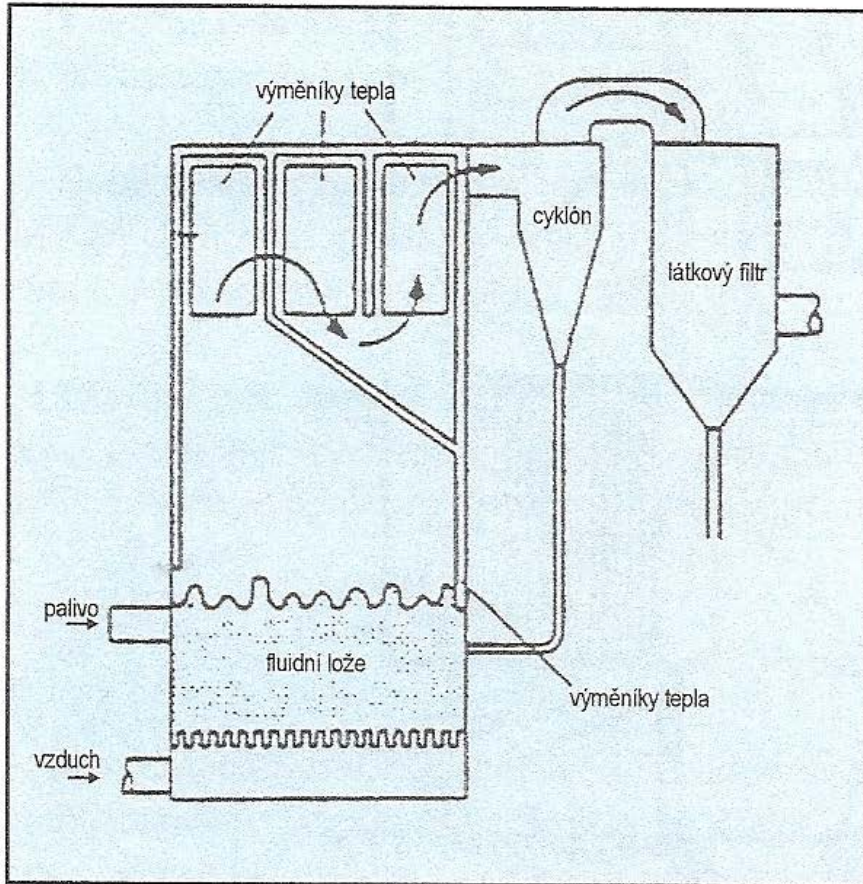
How Does a Biomass Boiler Plant Work? | HoSt Bioenergy Systems

9 434 zhlédnutí • 14. 1. 2021

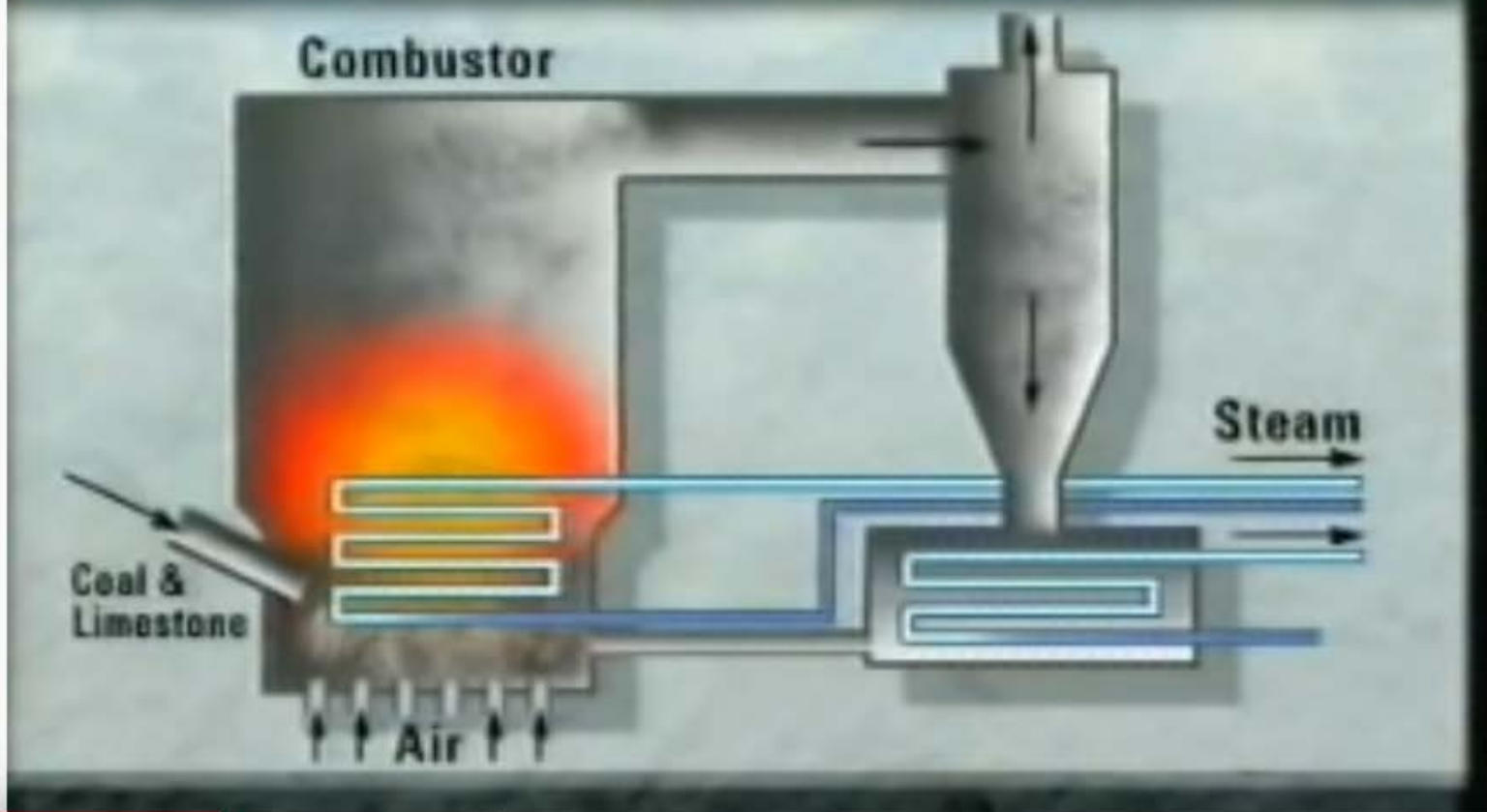
👍 113 🗨️ NELÍBÍ SE ➦ SDÍLET ✂️ KLIP ⚙️ ULOŽIT ⓘ POPIS ...

Topeniště – fluidní topeniště

Vlevo (obr. č. 28) – schéma vířícího fluidního lože a vpravo (obr. č. 29) – schéma fluidního kotle s cirkulujícím fluidním ložem.



Circulating Fluidised Bed Combustion



0:53 / 3:54

UNITED KINGDOM

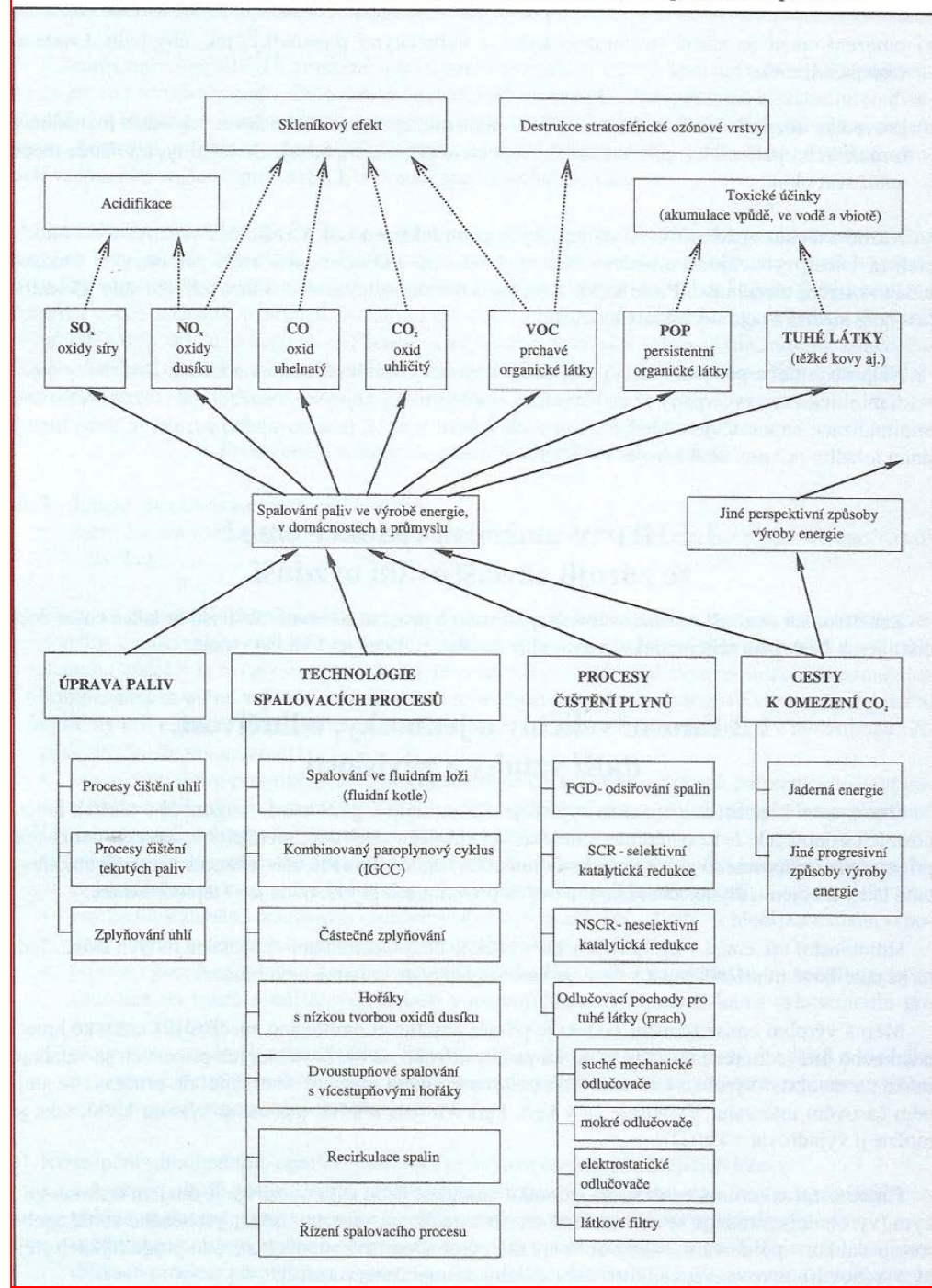
Fluidised bed technology: Generating options for tomorrow

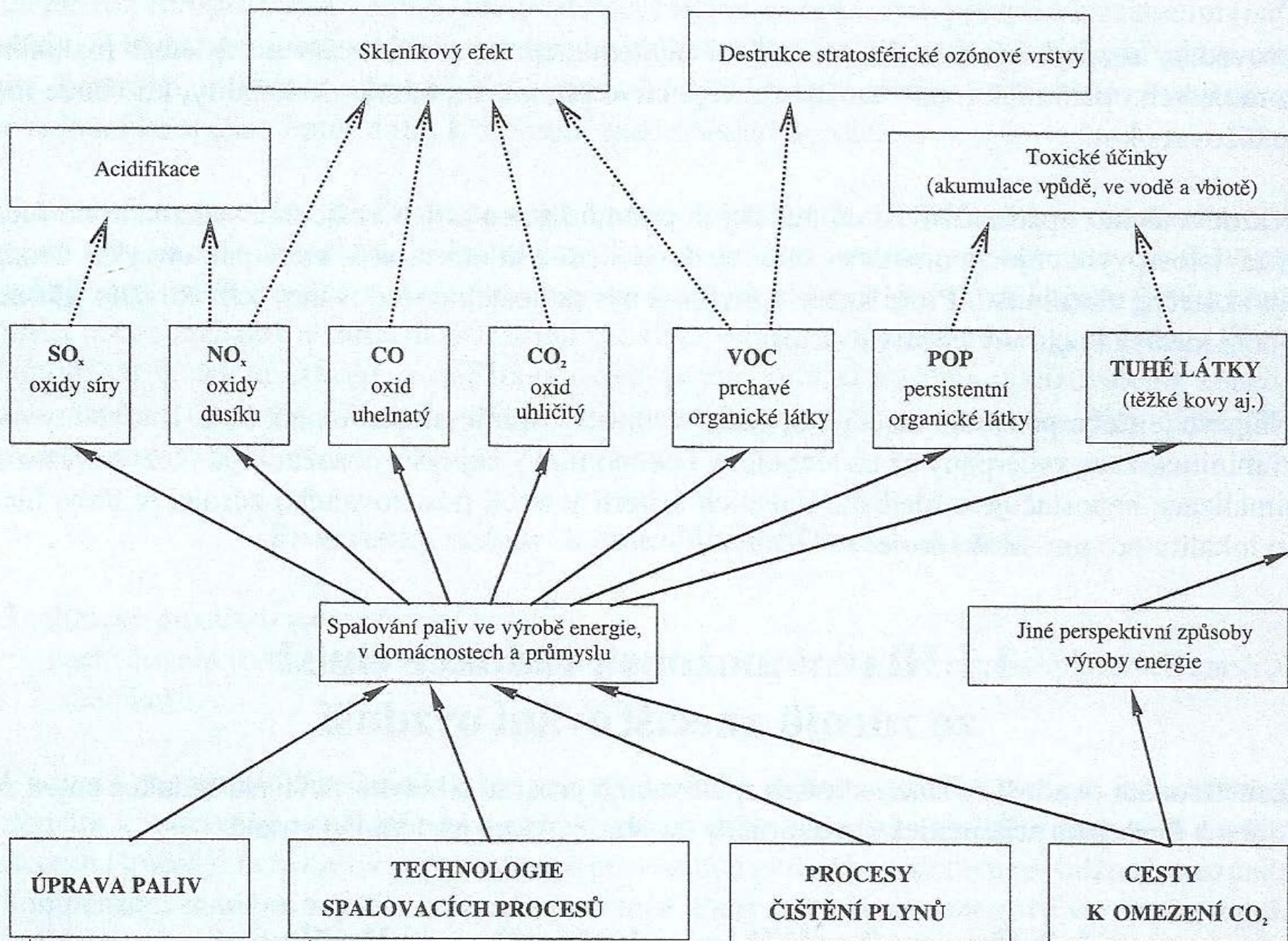
295 330 zhlédnutí • 9. 1. 2012

1 TIS. NELÍBÍ SE SDÍLET KLIP ULOŽIT

Možnosti snižování emisí znečišťujících látek ze stacionárních spalovacích procesů

Hlavní možnosti redukce emisí znečišťujících látek ze stacionárních spalovacích procesů.





ÚPRAVA PALIV

Procesy čištění uhlí

Procesy čištění
tekutých paliv

Zplyňování uhlí

TECHNOLOGIE SPALOVACÍCH PROCESŮ

Spalování ve fluidním loži
(fluidní kotle)

Kombinovaný paroplynový cyklus
(IGCC)

Částečné zplyňování

Hořáky
s nízkou tvorbou oxidů dusíku

Dvoustupňové spalování
s vícestupňovými hořáky

Recirkulace spalin

Řízení spalovacího procesu

PROCESY ČIŠTĚNÍ PLYNŮ

FGD - odsiřování spalin

SCR - selektivní
katalytická redukce

NSCR - neselektivní
katalytická redukce

Odlučovací pochody pro
tuhé látky (prach)

suché mechanické
odlučovače

mokrý odlučovače

elektrostatické
odlučovače

látkové filtry

CESTY K OMEZENÍ CO₂

Jaderná energie

Jiné progresivní
způsoby výroby
energie

Objemy a vlastnosti zpracovávaných plynů

- ↪ Spaliny z jednotky 200 MW
- ↪ $V \sim 1 - 1,2 \text{ mil. m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ plynu
- $T \sim 130 - 180 \text{ }^\circ\text{C}$

- ↪ Vysoká vlhkost!

- ↪ Značný obsah tuhých příměsí!

- ↪ Vysoká korozivost spalin $\text{SO}_2, \text{SO}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 (80\%) !$

Nízká koncentrace odstraňované složky

Problémy s účinností:

↪ SO_2 – 0,1' % obj.

↪ NO_x - 100' – 1 000' ppm

↪ (s) - 10' – 100' g.m^{-3} (za odlučovačem – 10' - 100' mg.m^{-3})

Základní charakteristika

- ↪ extrémní rozměry zařízení
- ↪ vysoké nároky na korozní odolnost všech komponent
- ↪ vysoké pořizovací i provozní náklady
- ↪ technologie ekonomicky ztrátová (zvýšení ceny energie)

Desulfurace

Metody snižování emisí oxidů síry

Administrativní – normy, atd.

Technická

- (1) snižování obsahu S v palivech
- (2) zplyňování paliv s následným zachycením sulfanu
- (3) desulfurace (odsiřování) spalin

(2), (3) - technicky reálné

(3) - aplikována v širokém měřítku

Odsiřování spalin

- Dělení metod podle hlediska **regenerace činidla**:
 - metody **regenerativní** - aktivní látka cirkuluje mezi absorpcí a regenerací
 - metody **neregenerativní** - aktivní látka po reakci s SO_2 opouští proces jako produkt odsířené
- Dělení podle hlediska **fáze**:
 - **suché** metody - během procesu neklesá T pod rosný bod vody (i metody katalytické)
 - **polosuché** metody
 - **mokrě** metody - spaliny přichází do kontaktu s vodním roztokem nebo suspenzí aktivní látky
- Dělení podle hlediska **místa procesu odsiřování**:
 - odsiřování přímo **v kotli**
 - odsiřování **za kotlem**

Procesy desulfurace

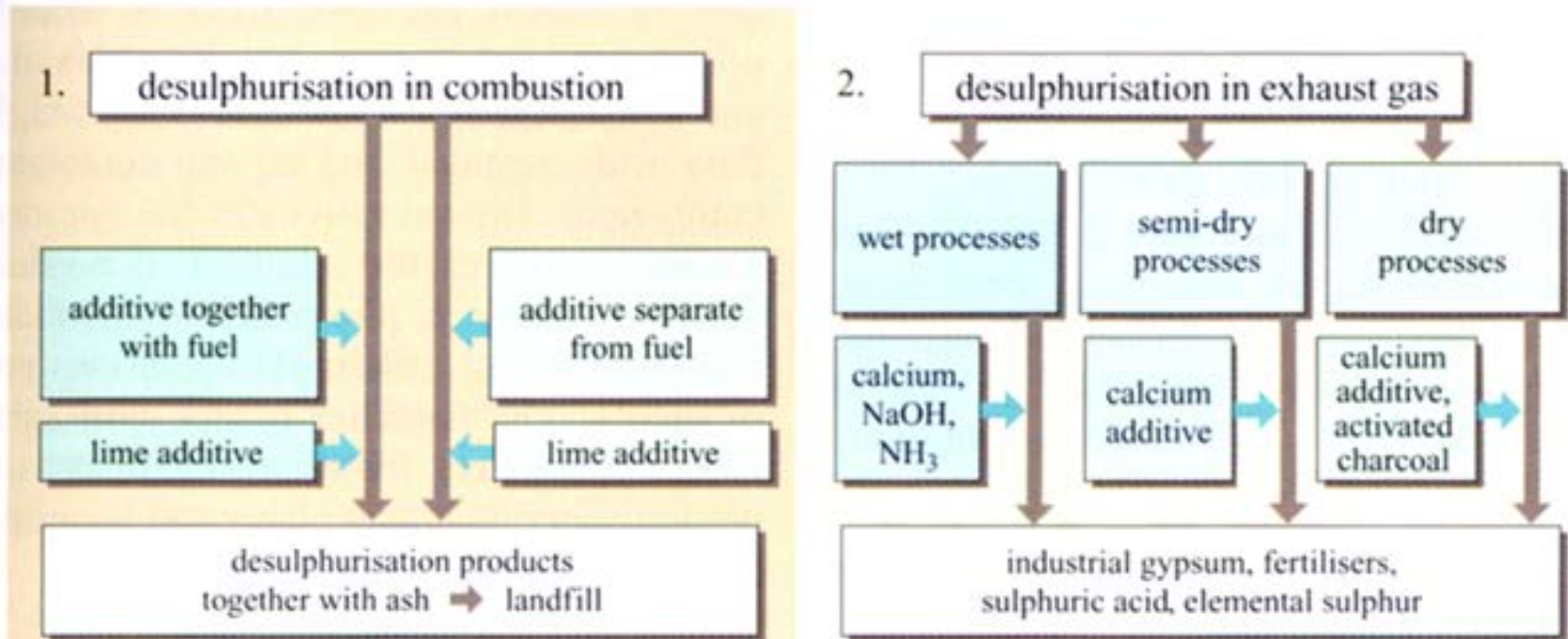


Figure 2.5.7 Desulfurisation processes

Odsiřování spalin

Výhody:

Suché:

- ↪ vysoká teplota spalin (není nutné je předeřřívát za účelem rozptylu do atmosféry)
- ↪ malá investiční náročnost (řádově menší proti mokřým)

Mokřé:

- ↪ jednoznačně převažují (vysoká účinnost, využitelný produkt...)

Nevýhody:

Suché:

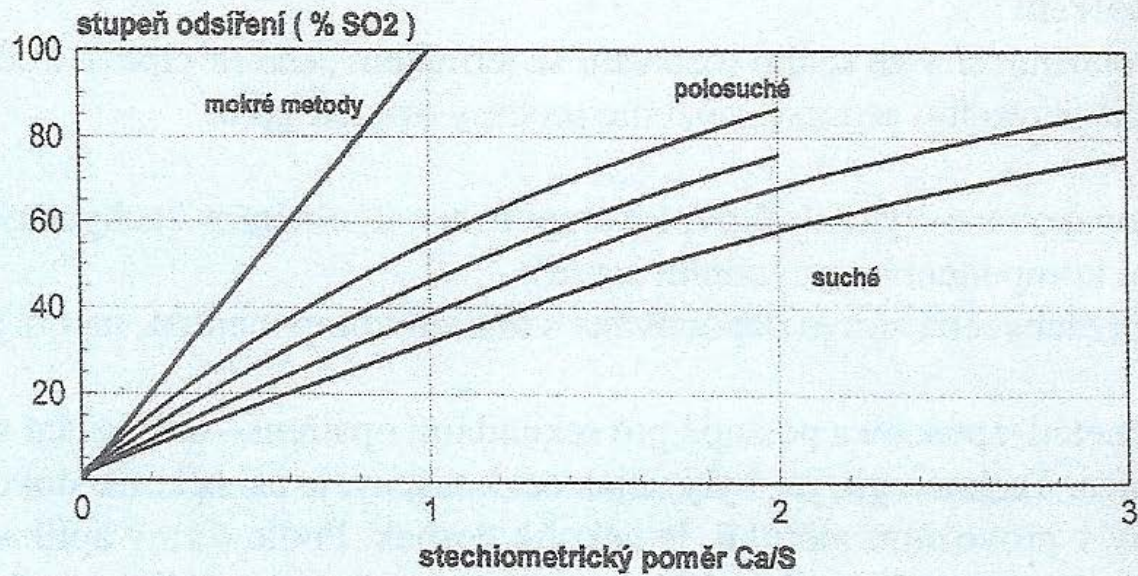
- ↪ malá účinnost
- ↪ problémy s produktem odsiření

Mokřé:

- ↪ vyšší investiční náklady
- ↪ nízká T odsiřených spalin - nutnost přehřívání

Přehled technologií odsiřování spalin

Účinnost odsíření v závislosti na poměru Ca/S.



Přehled technologií odsiřování spalin

Obecný přehled užívaných technologií podle způsobu zachytu oxidů síry. Údaje v tabulce označeny: [1] Limestone Injection Multistage Burner; [2] Gas Reburning – Sorbent Injection.

Typ	Princip	Příklad, název technologie
Metody aditivní	<ul style="list-style-type: none"> - injektáž vápna či vápence nad zónu plamene - injektáž ZP, vody a sek. vzduchu s aditivem - fluidní spalování uhlí s přídavkem CaCO_3 ve fluidní vrstvě - s cirkulující fluidní vrstvou 	LIMB [1] GR – SI [2]
Polosuché a suché metody	<ul style="list-style-type: none"> - vstřikování aktivovaného vápna do spalin a následná filtrace tuhé fáze - rozprašovací sušárny 	Niro-Atomizer Fläkt
Absorpční, mokré procesy	<ul style="list-style-type: none"> neregenerativní, zachycená síra je vázána v produktu procesu regenerativní, aktivní komponenta je regenerována pro opětovné použití 	
Katalytické metody	katalytická oxidace SO_2 na SO_3	Cat-ox Kyoura Chiyoda Haldor-Topsøe
Adsorpční procesy	regenerativní adsorpce např. na aktivním koksu a regenerace párou nebo horkým pískem	Bergbau – Forschung

Odsiřování

Způsob odsiřování z kotlů Skupiny ČEZ

elektrárna	bloky	metoda odsiřování
Elektrárna Dětmarovice	4 x 200 MW	mokr vápencov
Elektrárna Hodonín	50 MW, 55 MW	fluidní spalování
Elektrárna Chvaletice	4 x 200 MW	mokr vápencov
Elektrárna Ledvice	3 x 110 MW	2 x polosuch metoda 1 fluidn kotel
Elektrárna Melnk II	2 x 110 MW	mokr vápencov
Elektrárna Melnk III	500 MW	mokr vápencov
Elektrárna Pořerady	5 x 200 MW	mokr vápencov
Elektrárna Pořch II	3 x 55 MW	fluidn spalovn
Elektrárna Prunřov I	4 x 110 MW	mokr vápencov
Elektrárna Prunřov II	5 x 210 MW	mokr vápencov
Elektrárna Tisov I	2 bloky pro 3 x 57 MW + 1 x 12,8 MW	fluidn spalovn
Elektrárna Tisov II	112 MW	mokr vápencov
Elektrárna Tuřimice II	4 x 200 MW	mokr vápencov

Odsiřování spalin

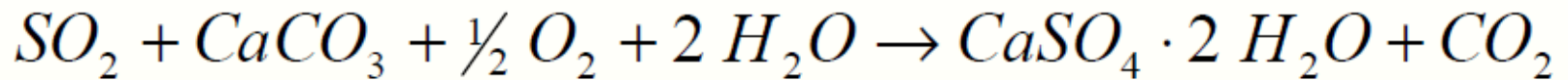
Parametry odsiřovacího zařízení elektrárny Chvaletice

počet a výkon odsiřovaných bloků	4 x 200 MW _e
počet absorbérů	2
objem spalin do jednoho absorbérů	583 200 až 2 174 400 Nm ³ /h
obsah SO ₂ v nevyčištěných spalinách	7 000 mg/Nm ³
koncentrace popílku na vstupu do absorbérů	max. 200 mg/Nm ³
obsah SO ₂ v čistých spalinách	garantováno 400, běžně do 200 mg/Nm ³
koncentrace TZL v čistých spalinách	garantováno 50, běžně do 20 mg/Nm ³
účinnost odsíření	94,3 % a vyšší

Mokrý vápencová vypírka

- V současnosti **nejužívanější metoda** při odsiřování velkých zdrojů
- Vývoj – rozdělení podle produktu
 - získávání využitelného energosádrovce $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 - získávání nevyužitelného kalu

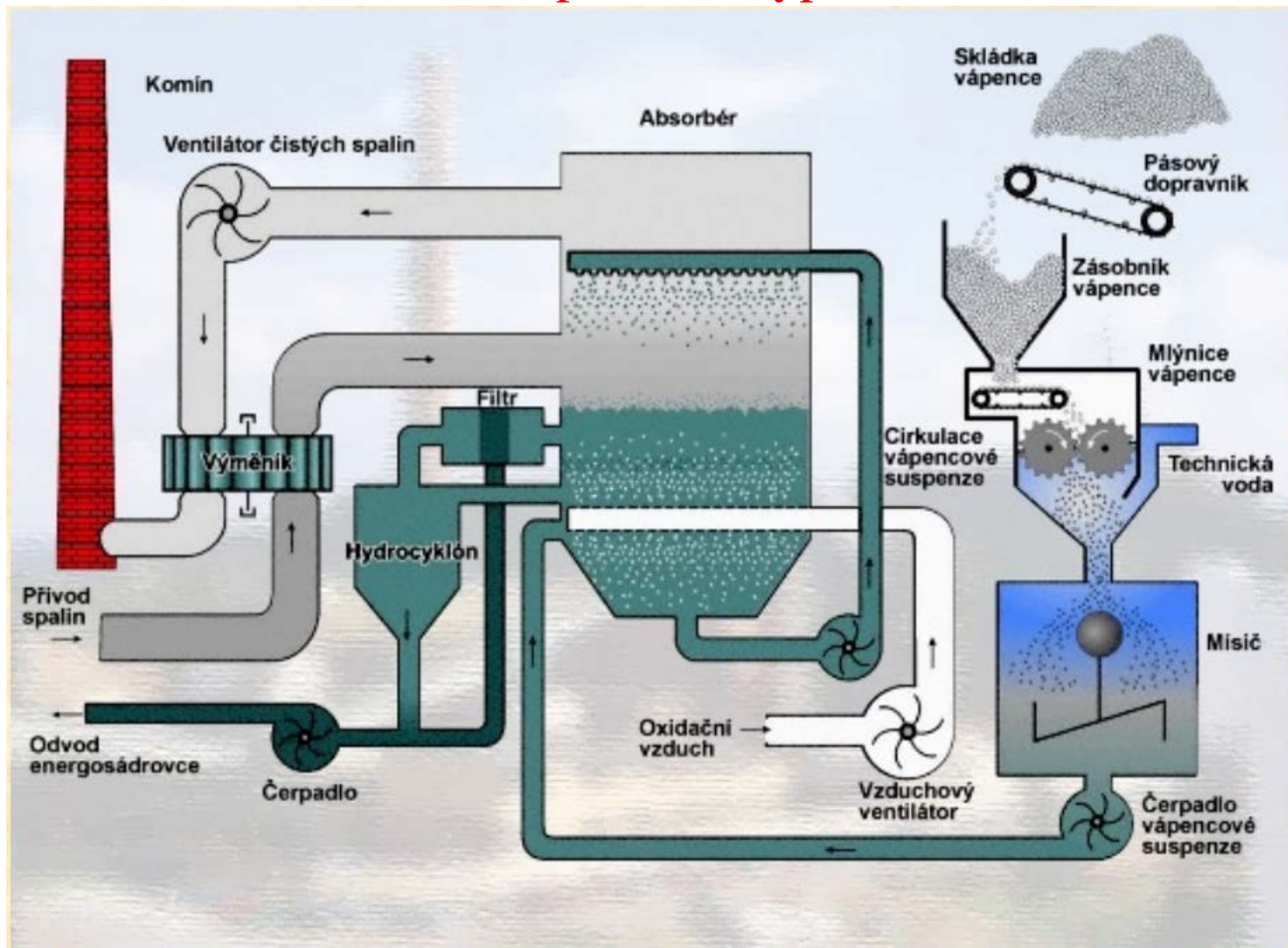
- Sumární vyjádření procesu:



Mokrý vápencová vypírka

- Účinnost odsiřování $\eta_{\text{SO}_2} = 95 \%$ a více při
 $a = \text{CaCO}_3 : \text{SO}_2 = 1,02$ až $1,07$
- Účinné zachytávání HCl a HF s účinností nad 90 %
$$2 \text{HCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
$$2 \text{HF} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaF}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Proces odsíření v **absorbéru**
- Spaliny nejdříve zbaveny popílku a ochlazeny
- Nutná ochrana proti korozi

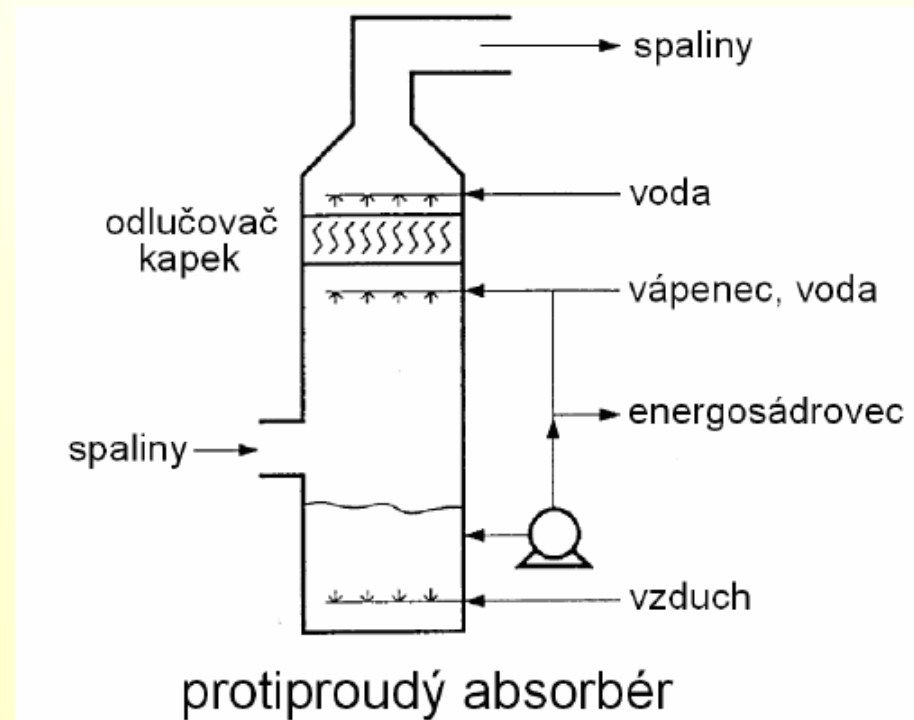
Mokrá vápencová vypírka

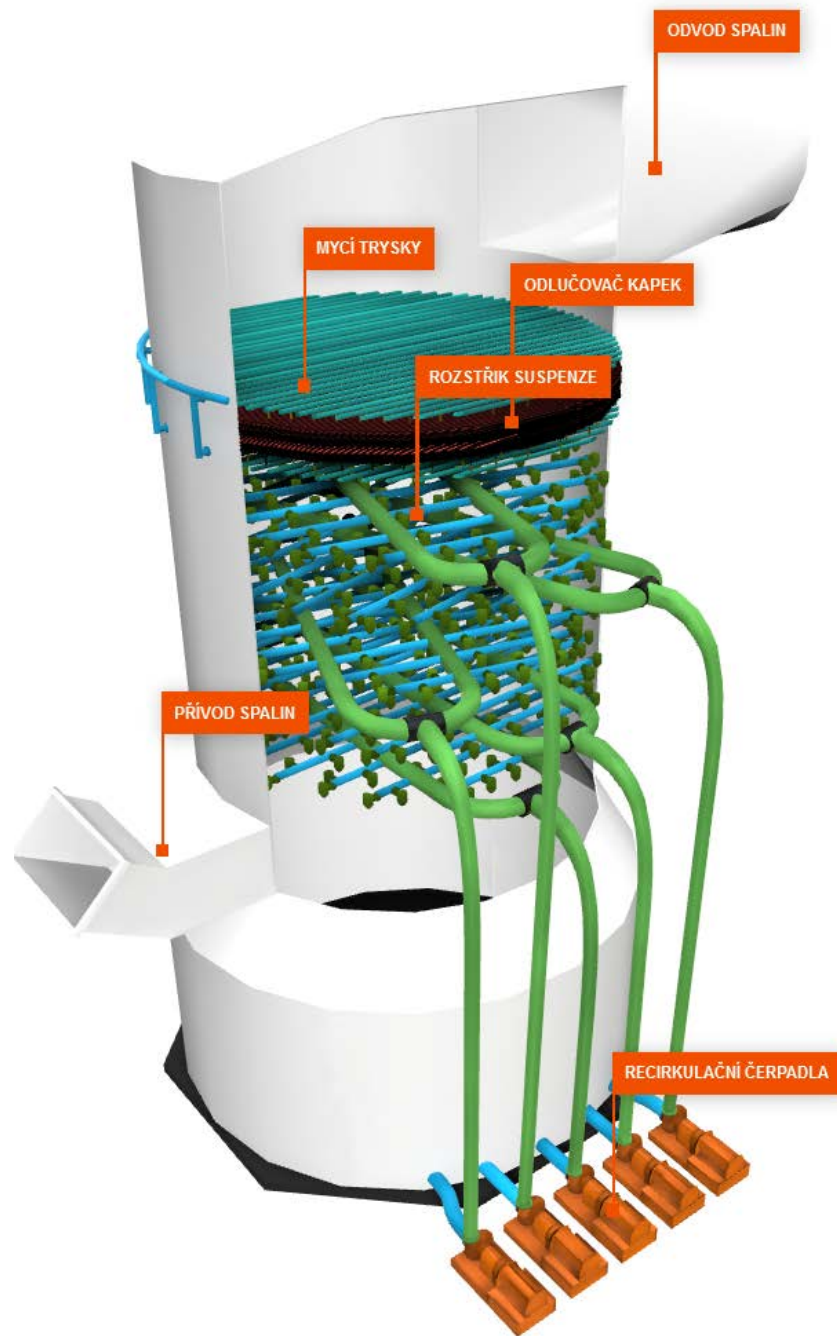


Mokrý vápencová vypírka

Protiproudý bezvýplňový absorber

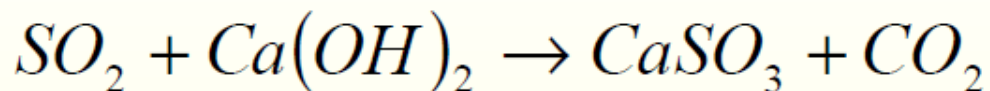
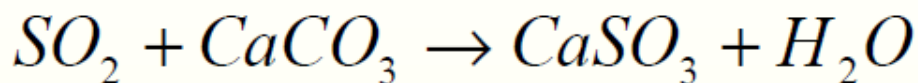
- Nejčastější
- Vstup spalin ve spodní části nad jímkou absorberu
- Absorpční zóna
- $t_{\text{opt}} = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$, chlazení spalin
- Odlučovač kapek
- Jímka absorberu
 - oxidační zóna
 - neutralizační zóna



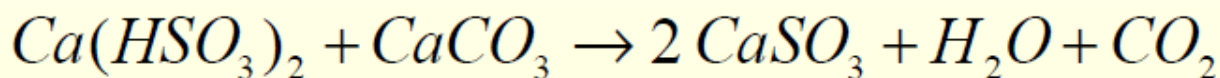
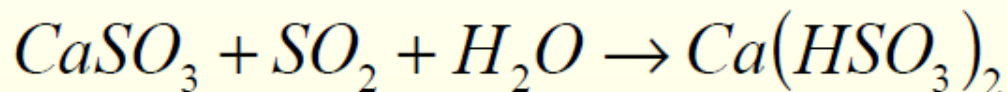


Mokrý vápencová vypírka

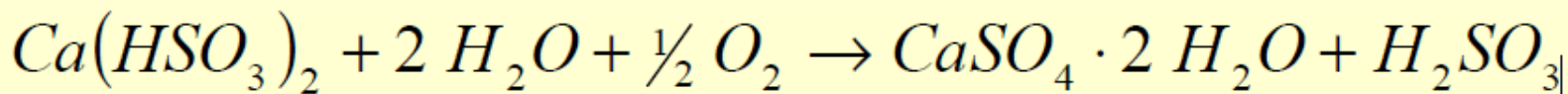
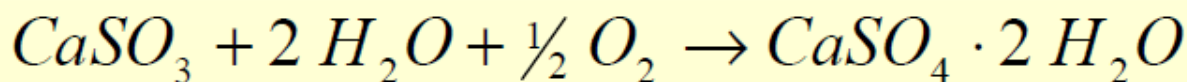
- SO_2 se vypírá vodní suspenzí uhličitanu vápenatého CaCO_3 nebo vodní suspenzí vápna Ca(OH)_2



- Další reakce CaSO_3



- Oxidace CaSO_3 a $\text{Ca(HSO}_3)_2$ při $\text{pH}_{\text{opt}} = 5$ až 6 , při nižším pH vyšší tvorba úsad



Mokrý vápencová vypírka

- Produkt: energosádrovec $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Odvod z jímky absorberu → hydrocyklóny → pásové n. bubnové filtry → dosušení → příp. briketování
- Využití
- Výroba sádry $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
 - kalcinací
$$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + \frac{3}{2} \text{H}_2\text{O}$$
 - využití ve stavebnictví

Přehled technologií odsiřování spalin

Chemismus absorpčních procesů pro energetiku.

Typ	Princip procesu	Název
vápnickové vypírky pH 8–10 L/G= 2–8 l.m ⁻³ CaO/S=1–1,25 η = 70–92 %	vápno: $\text{SO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ vápenec: $\text{SO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	SHL Babcock MHI
	$2 \text{CaSO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$ $\text{CaSO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(HSO}_3)_2$ $2 \text{Ca(HSO}_3)_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_3$	
hořčíkové vypírky pH 6–10 L/G= 2–8 l.m ⁻³ MgO/S=1–1,1 η = > 95 %	$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2$ $\text{Mg(OH)}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{MgSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 6 nebo 3 H ₂ O $\text{MgSO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{SO}_2$ $n \cdot 2 \text{MgSO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{MgSO}_4$ $2 \text{MgSO}_4 + \text{C} \rightarrow 2 \text{MgO} + 2 \text{SO}_2 + \text{CO}_2$ $[\text{MgSO}_4 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{Mg(OH)}_2]$ *	CHEMICO NIOGAZ MHI Waagner-Biró * RCE
alkalické vypírky	$\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaHSO}_3$ $2 \text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NaHSO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $2 \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Na}_2\text{SO}_4$	Wellman-Lord
	$\text{SO}_3^{2-} + \text{SO}_2 \rightarrow 2 \text{HSO}_3^-$ $\text{SO}_3^{2-} + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ $\text{OH}^- + \text{HSO}_3^- \rightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	dvojitá alkálie GM Dowa Mining
	$4 \text{NH}_4\text{OH} + 2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	Walther

Čpavkový proces Walther

Mokrá amoniakální vypírka:



1. absorbér – dochlazení na 60 °C,
vyprání $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$

2. absorbér – vyprání zbytku,
zachycení úletu

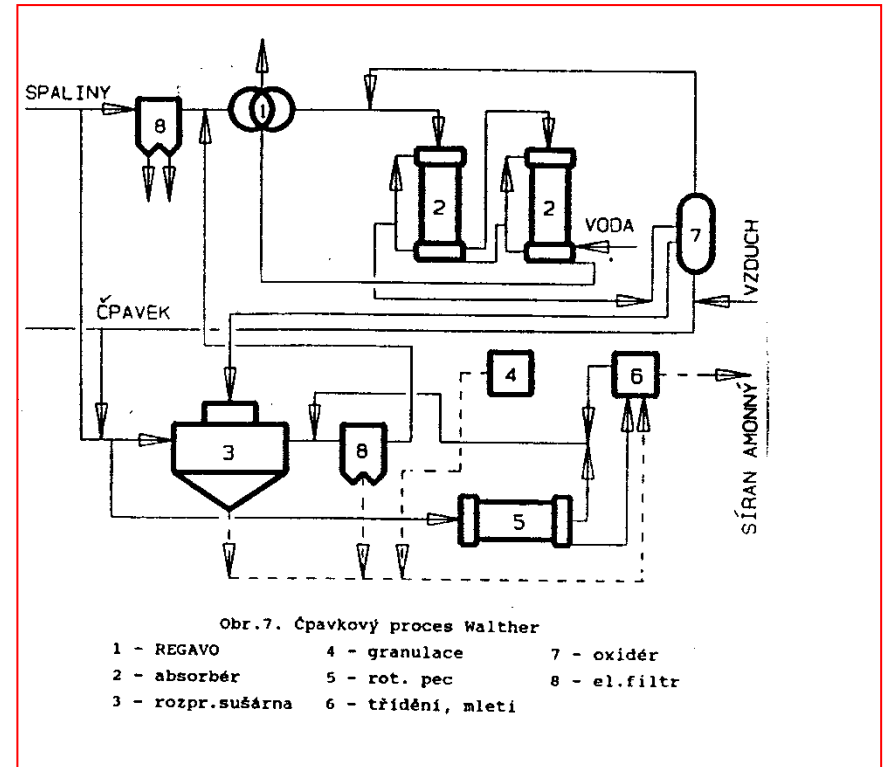
Spaliny – ohřev ve výměníku
komín

Absorbční roztok z 1. absorbéru \Rightarrow
oxidér - oxidace na SO_4^{2-}
(vzduchem)

$\text{SO}_4^{2-} \Rightarrow$ rozprašovací sušárna (350 °C)

Výhoda: malá energetická náročnost,
bezodpadovost

Nevýhoda: spotřeba NH_3 , zchlazení
spalin až na 30 °C

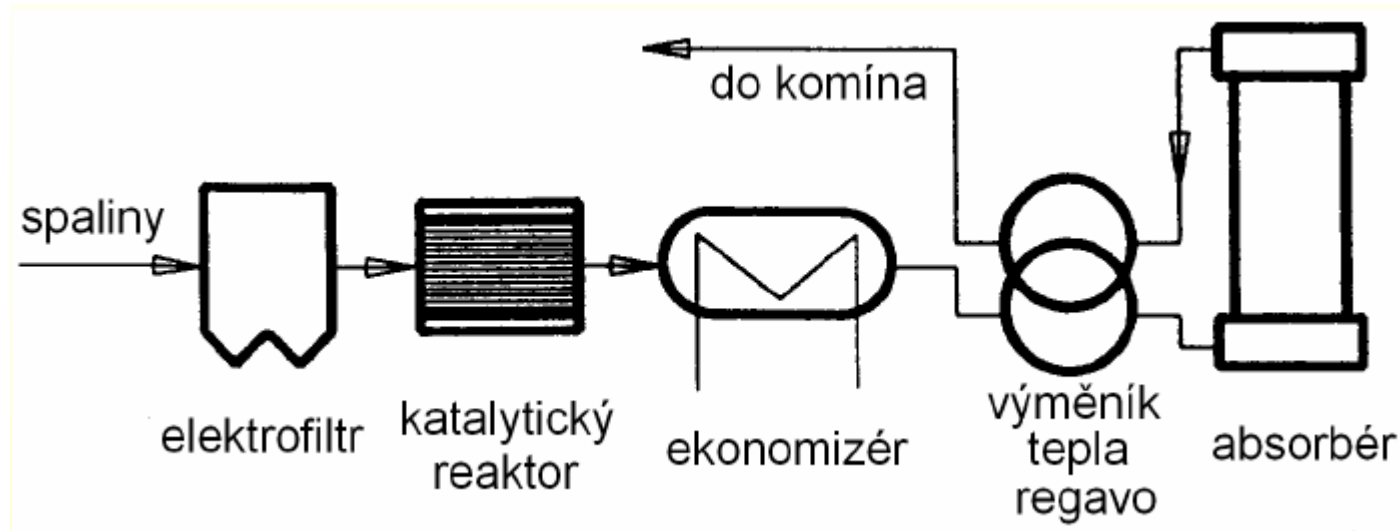


Katalytické metody

Katalytická oxidace $\text{SO}_2 \Rightarrow \text{SO}_3$ na katalyzátoru V_2O_5

- Vypírání SO_3 pomocí H_2SO_4 v absorběru

Cat -Ox (Japan)



Cat-Ox

Použitelné u nově postavených energetických jednotek
– vyžaduje speciální elektrodlučovač pracující při vysoké T

U starších jednotek musí být mezi elektrodlučovač a reaktor
zařazeno přehřívání spalin

Výhoda:

- ↪ poměrná jednoduchost
- ↪ nižší provozní náklady při účinnosti $\sim 90\%$

Nevýhoda:

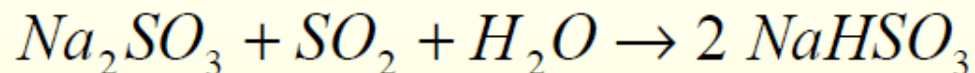
- ↪ vysoká náročnost na materiály nutnost dokonalého odprášení spalin – ovlivnění životnosti katalyzátoru

Regenerativní metody

- Regenerace činidla
- Malé rozšíření

Natrium-sulfitová metoda (metoda Wellmann-Lord)

- Reakce v absorbéru



- Regenerace v odparce
- Využití SO_2
- Vstupní suroviny: NaOH nebo Na_2CO_3
- Nejrozšířenější regenerativní metoda

Změna teploty spalin

Ochlazení neodsířených a dohřev odsířených spalin

- Regenerativní výměníky tepla
- Rekuperativní výměníky tepla
- Menší zdroje – ve výměníku tepla vnějšími zdroji

Chladicí věže s přirozeným tahem

- Bez dohřevu spalin, spalinového ventilátoru a komína
- Odpar skrápěcí vody

Ohřev spalin

Z hlediska dosažení dostatečného rozptylu spalin je třeba zajistit aby vstupem do komína měly určitou **minimální teplotu**

$$\Rightarrow T \sim 70 - 80^{\circ}\text{C}$$

A: ohřev spalin mísením s horkými neodsířenými spalinami

B: nepřímý ohřev parou či horkou vodou

C: ohřev spalováním paliv s nízkým obsahem S ve spalovací komoře a zavedení těchto horkých spalin k chladným odsířeným spalinám

↪ Jednoduché

↪ Problémy s emisemi

↪ Neekonomické způsoby

↪ Vysoká spotřeba energie

Nahrazovány výměníky spaliny – spaliny

Regenerativní způsob ohřevu spalin

Rotační výměník tepla spaliny – spaliny:

↻ Energetika – Ljungström

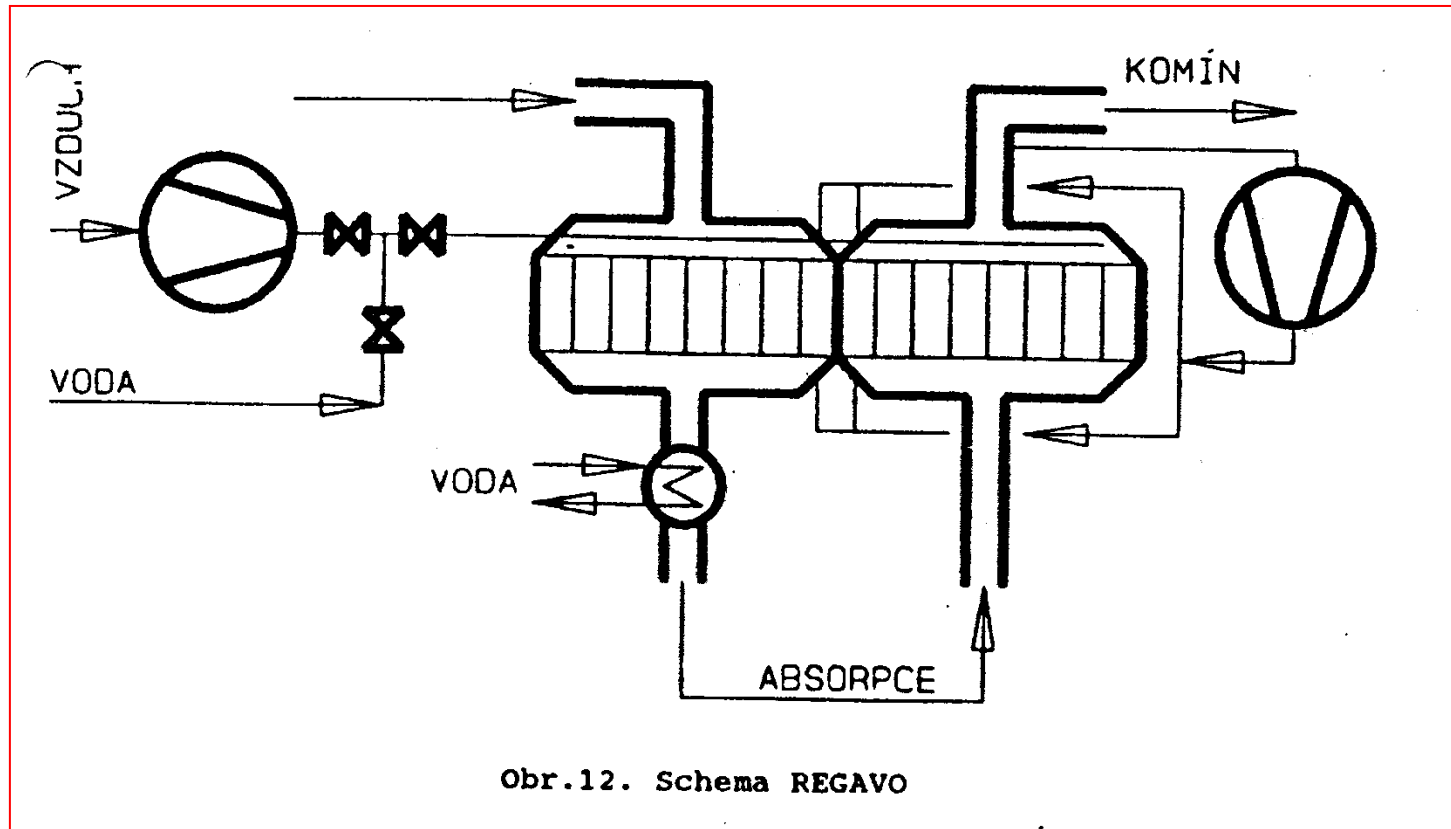
↻ Odsiřování – Regavo

Přenos tepla – plochy z plechu se speciální antikoroziční úpravou nebo z plastu, které se pomalu pohybují mezi zónou horkých a studených spalin a předávají studeným spalinám teplo, naakumulované od horkých spalin.

Podmínka ohřevu spalin – úplné odpaření veškerého únosu kapaliny.

Pro úplné odpaření využití tepla části neodsířených nebo odsířených a ohřátých spalin.

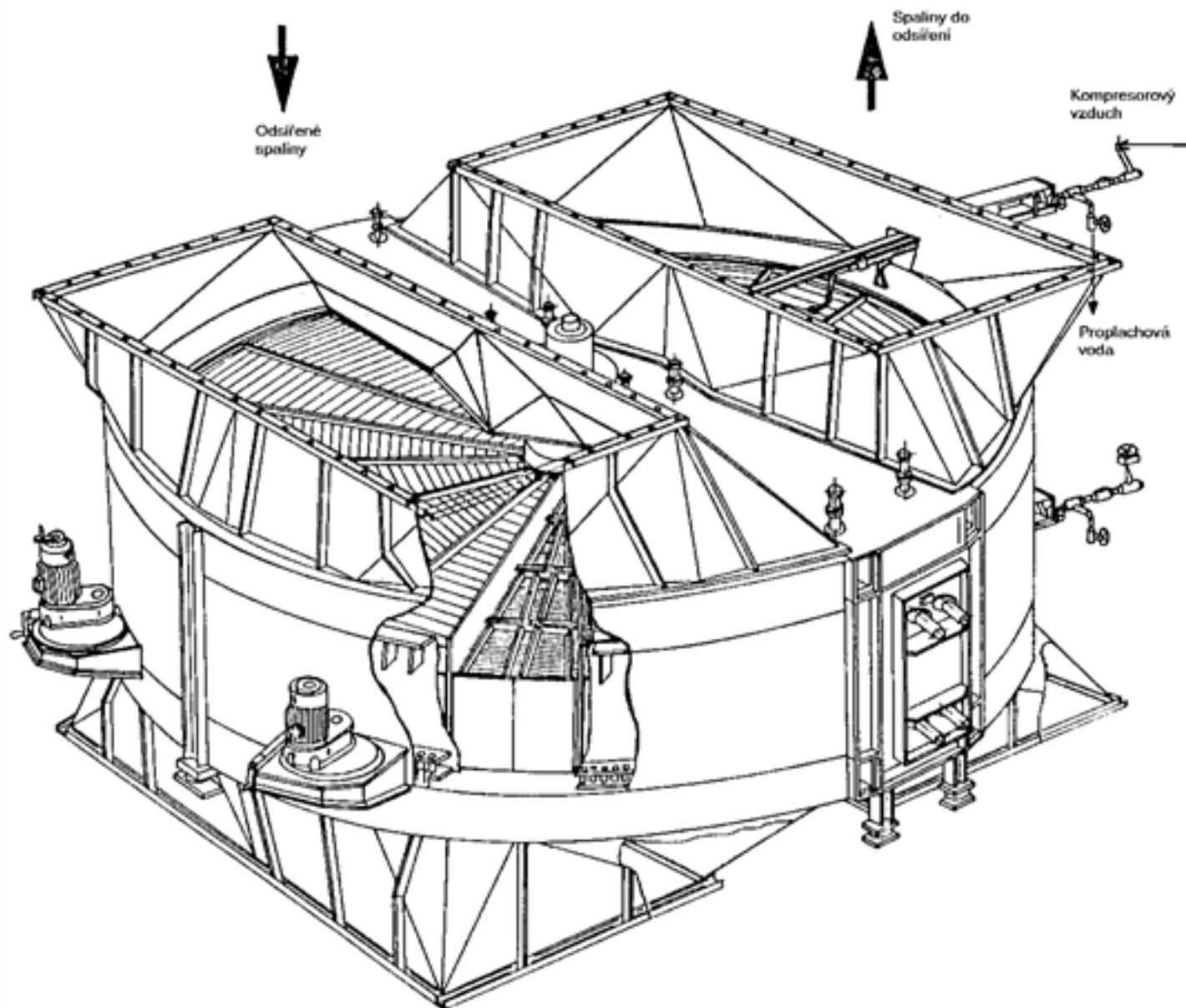
REGAVO



Rotor - $0,75 - 1,0$ otáček min^{-1}

Čistící systémy: tlakový vzduch + tlaková voda (4-10 MPa) –
odstranění usazenin – pravidelné

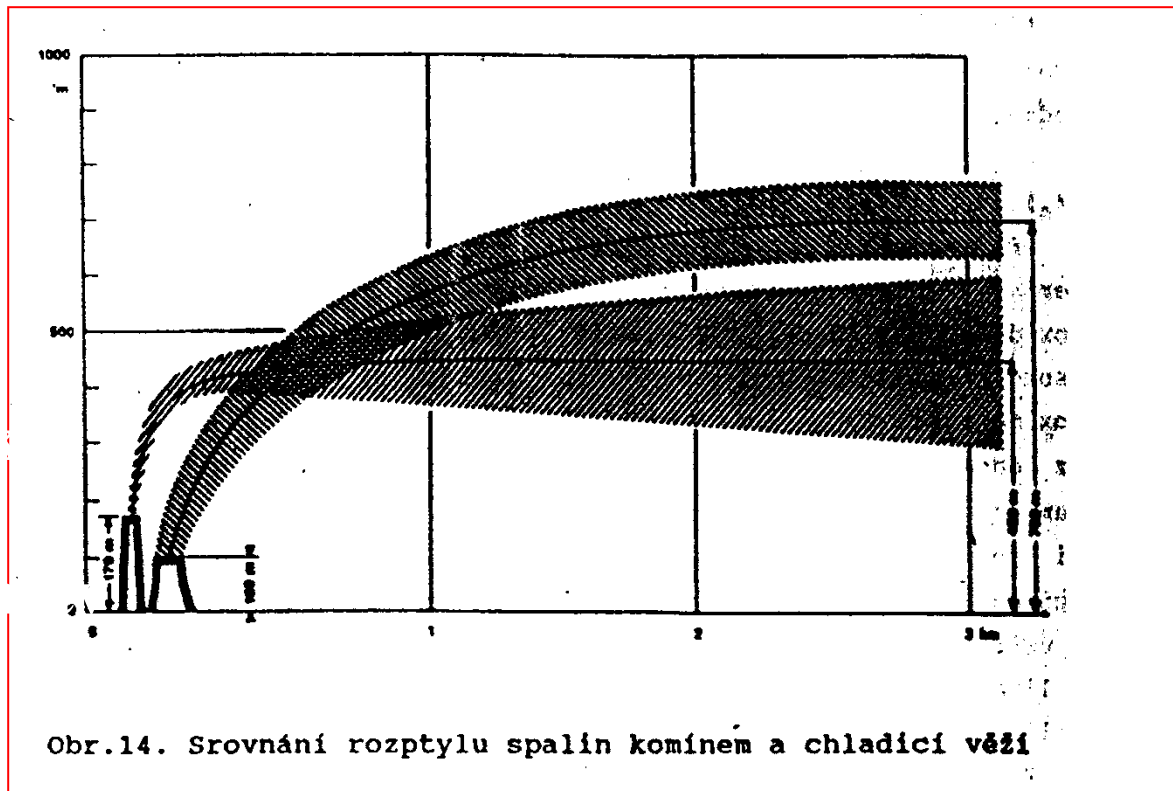
Obr. 22 Regenerativní výměník tepla



Využití chladících věží k rozptylu škodlivin

Tepelný impuls vzduchu v chladicí věži je mnohonásobně větší než u spalin a vede k vynášení množství vzduchu, které 25x převyšují množství spalin.

Smíšení spalin se vzduchem v chladicí věži vede k dokonalejšímu rozptylu.

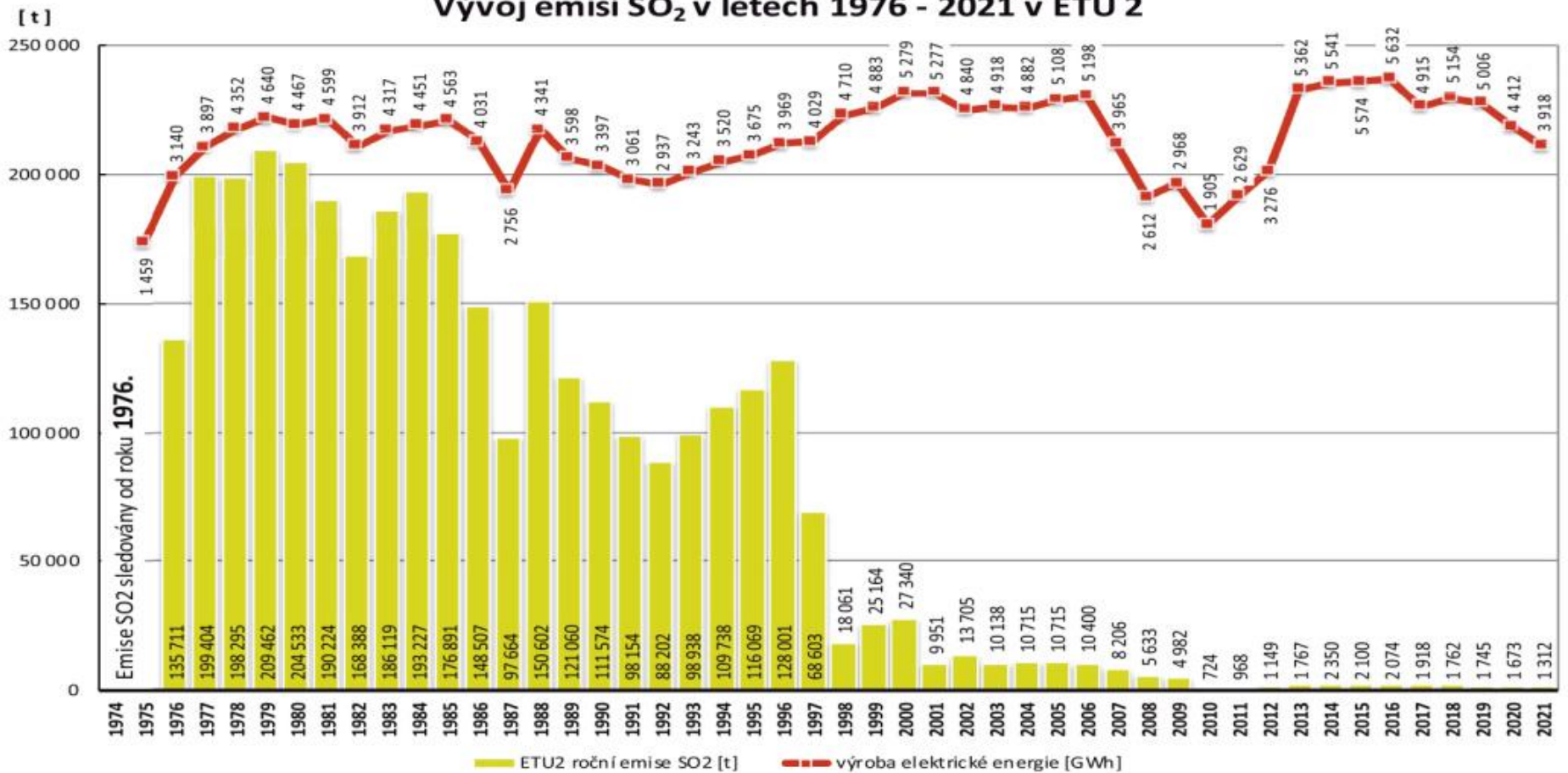


Elektrárna Tušimice

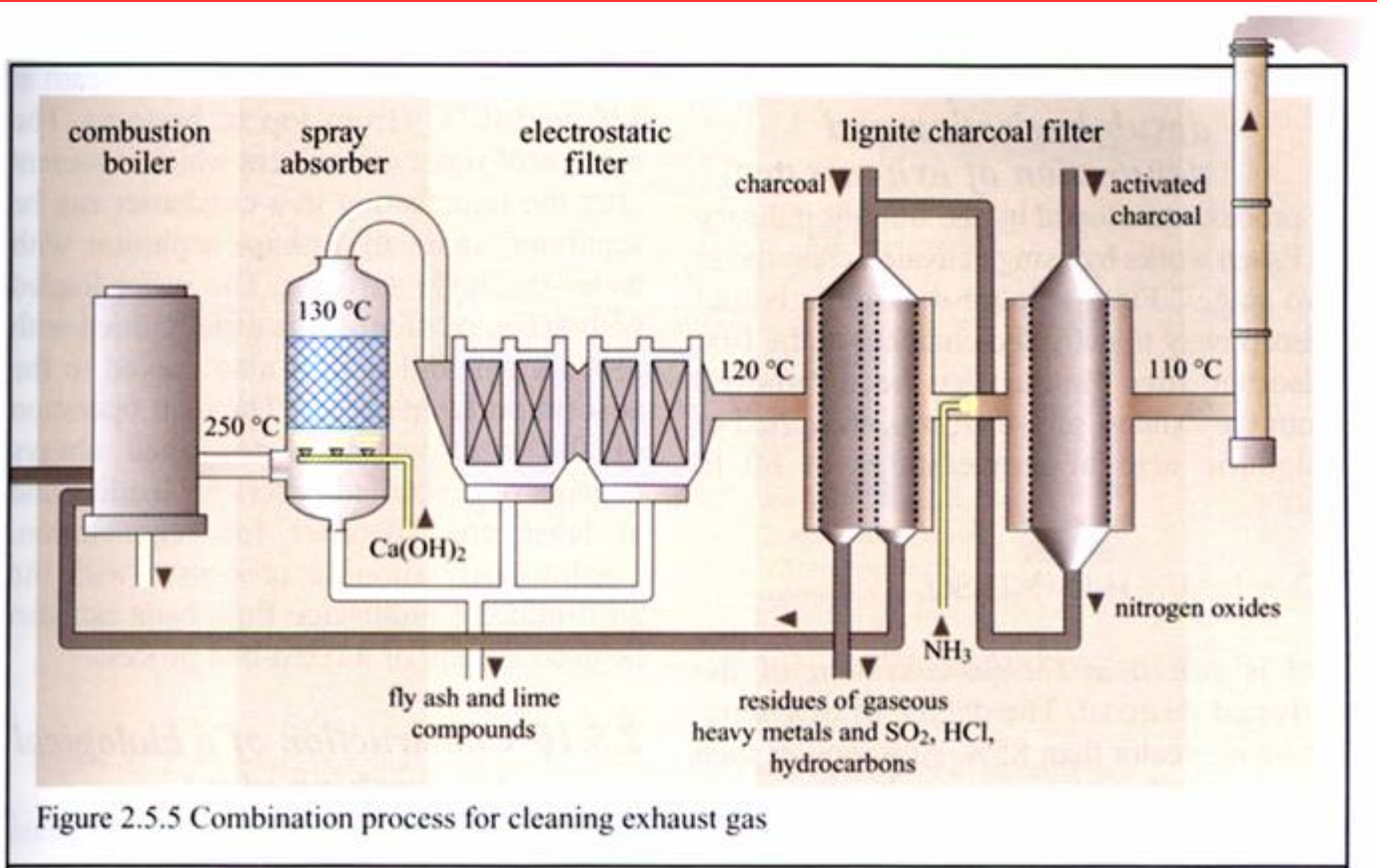


Elektrárna Tušimice

Vývoj emisí SO₂ v letech 1976 - 2021 v ETU 2

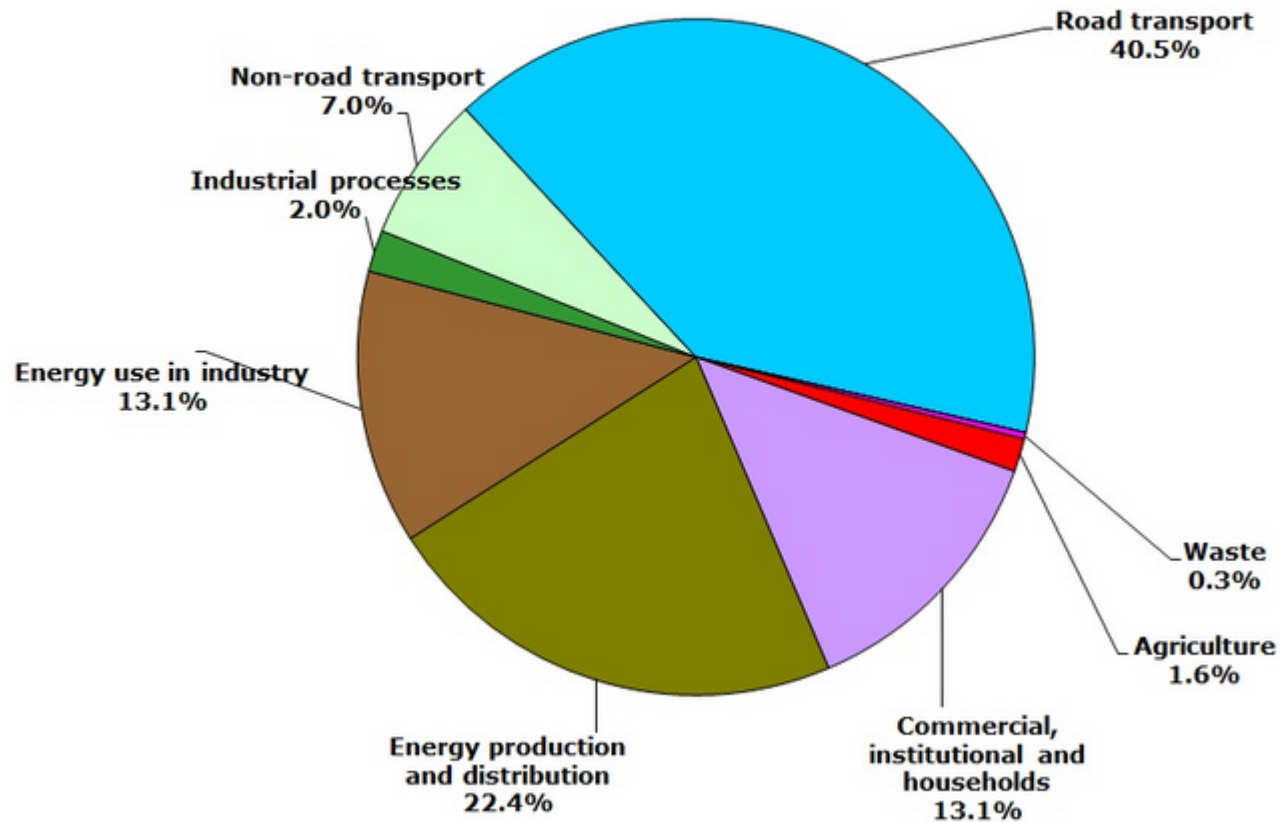


Kombinovaný proces pro čištění spalovacích plynů



Denitrifikace

Fig. 4: Sector share of nitrogen oxides emissions (EEA member countries)



Note: The contribution made by different sectors to emissions of nitrogen oxides in 2010.

Dle směrnice EU (platné od 2020)

- zdroje nad 50 MW – emise $\text{NO}_x < 200 \text{ mg/ m}^3$

Mechanismus vzniku NO_x při spalovacím procesu

Vysokoteplotní – radikálové reakce

$\text{N} + \text{O}$ uvnitř spalovací zóny – tvorba radikálů je podmíněna vysokou $T =$ funkce (T , koncentrace kyslíku, době zdržení v horké zóně)

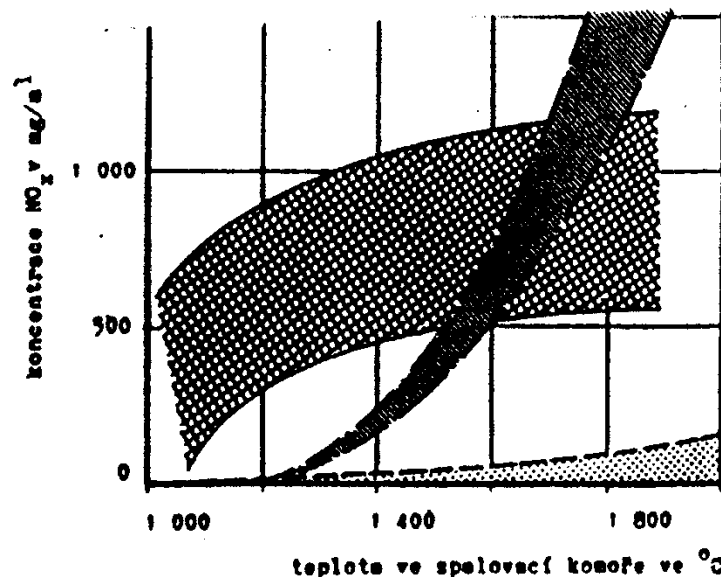
Palivové NO_x – oxidace dusíku

chemicky vázaného v palivu – oxidace není kvantitativní

- % nezreagovaného N_2 v palivu
- při spalování uhlí - 10-25 %, topné oleje i více %

Promptní NO_x - určitá forma

palivových NO_x – okraj plamene - zanedbatelný podíl na celkovém NO_x



Obr.15. Tvorba jednotlivých typů NO_x při spalování uhlí

Spalování kapalných paliv:

vysokoteplotní – stejné jako u tuhých palivové – pouze u těžších frakcí (TTO, mazut)

Spalování plyných paliv – pouze vysokoteplotní

Snižování emisí NO_x úpravou spalovacího procesu

Primární opatření

Vychází z poznatků o mechanismech vzniku NO_x



Typ spalovacího zařízení, způsob jeho provozování.

Významnější a levnější než následná denitrifikace spalin
(sekundární opatření)

Častá kombinace primárních a sekundárních opatření

Primární opatření k omezování emisí NO_x

Primární opatření k omezení emisí oxidů dusíku.

Primární opatření		Obvyklý podíl snížení NO _x	Omezení použitelnosti	Poznámky
Nízký přebytek vzduchu		10–44 %	nedokonalé spálení	omezení NO _x značně závisí na výši emisí z kotle (např. když je třeba izolovat topeniště, mlýny a ohřivače vzduchu nebo umožnit využití spalování s nízkým přebytkem vzduchu)
Odstupňování vzduchu v topeništi	hořák mimo provoz	10–65 % 40 % u uhlí 45 % u oleje 65 % u plynu	nedokonalé spálení (vysoké hodnoty CO a nespáleného uhlíku pouze při rekonstrukci)	může dojít k problémům s udržováním přísunu paliva, je-li např. nutno dodat stejné množství tepelné energie do topeniště s menším množstvím provozních hořáků
	sekundární přehřátý vzduch			rekonstrukce pro přehřátý vzduch u stávajícího kotle znamená modifikaci vodního potrubí stěn

Možnosti snižování tvorby NO_x

- ↪ Snižení teploty hoření
- ↪ Snižení lokální koncentrace O_2
- ↪ Snižení doby zdržení

Plynové hořáky:

- ↪ atmosférické
- ↪ tlakové

Snižování emisí NO_x úpravou spalovacího procesu

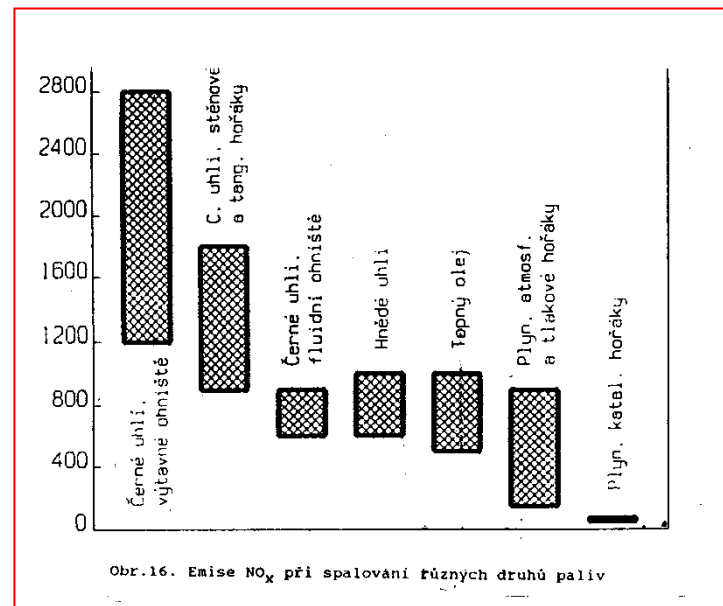
Typ topeniště

- ↪ konstrukce
- ↪ stav

Uhelné kotle (klesající emise NO_x):

- ↪ výtavné ($1\ 600 - 2\ 800\ \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- ↪ se stěnovými hořáky ($1\ 000 - 1\ 700\ \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- ↪ s tangenciálními hořáky ($800 - 1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- ↪ fluidní (do $800\ \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

Rozhodující vliv – teplota hoření (nejvyšší výtavné) rychlost uvolnění tepla v zóně hoření



Snižování emisí NO_x úpravou spalovacího procesu

Spalování s nízkým přebytkem vzduchu

Snížením množství spalování vzduchu se dosáhne snížení teploty plamene

Nenáročný zásah, nevyžaduje žádné úpravy na zařízení

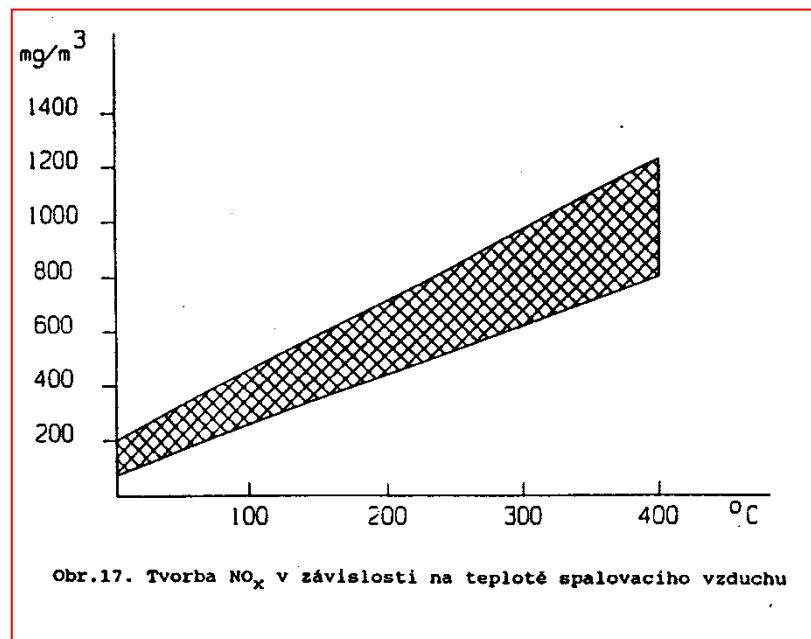
Nelze je použít u elektrárenských kotlů s optimalizovaným spalovacím poměrem

Efekt není příliš významný, nevyváží nevýhody

- ↪ tvorby sází
- ↪ koroze u redukční atmosféře
- ↪ zvýšená produkce CO
- ↪ ztráty nedopalem

Snížení předehřevu spalovacího vzduchu

Nenáročnost na technologické směny,
nízký efekt - snížení tepelné účinnosti, ztráty nedopalem problémy s hořením



Možnosti snižování tvorby NO_x

Atmosférické hořáky:

Injekčním účinkem nasávají vzduch

Domácí spotřebiče a zařízení malého až středního výkonu (do cca 400 kW)

- ↪ jednoduchá konstrukce
- ↪ nezávisí na jiném zdroji energie
- ↪ velký regulační rozsah
- ↪ bezhlučný chod

Nevýhoda z hlediska emise NO_x – nestechiometrický typ

plamene daný podstechiometrickým předmísením paliva

Větší doba zdržení \Rightarrow vyšší tvorba NO_x \Rightarrow snížení T plamene – lepší předmísení

Možnosti snižování tvorby NO_x

Nestechiometrické spalování

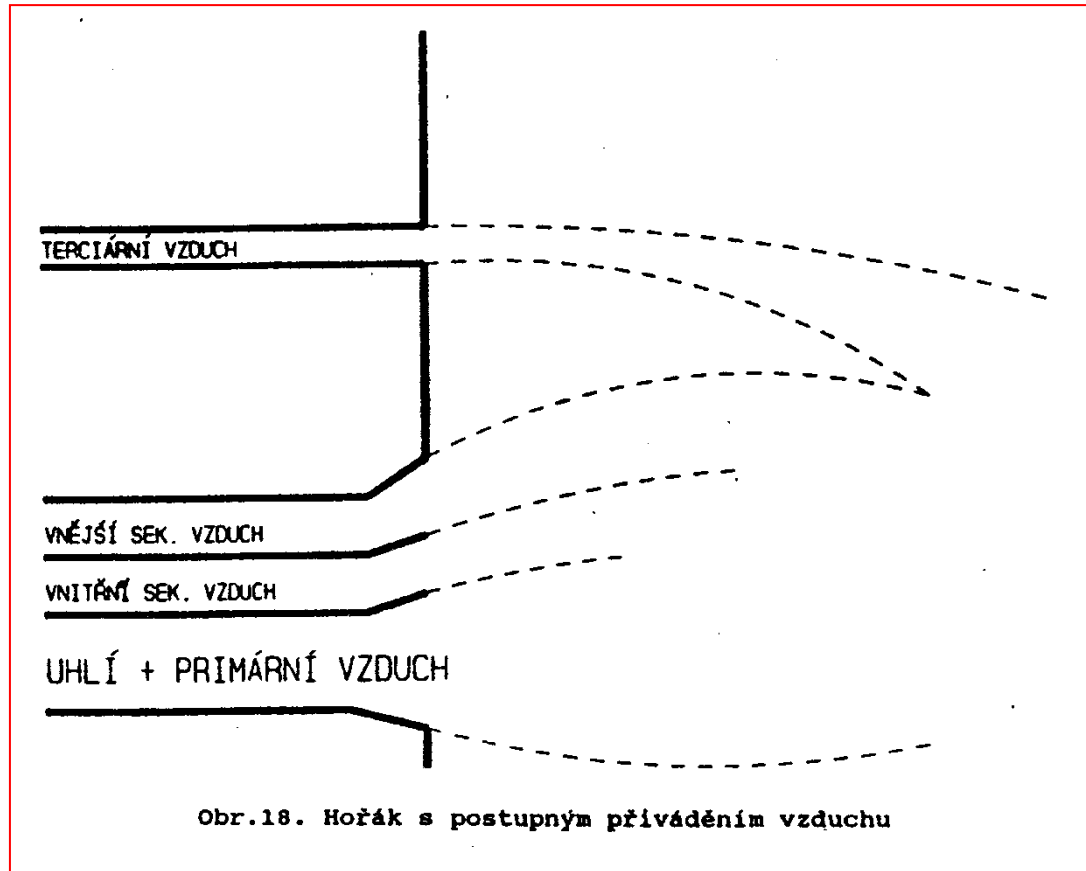
Dávkování spalovacího vzduchu ve dvou úrovních

- 1) proběhne spalování za nedostatku vzduchu a tedy při nízké teplotě
- 2) zbytek paliva a zplodiny nedokonalého spalování se spálí v relativním přebytku vzduchu

Hořáky na nízký obsah NO_x

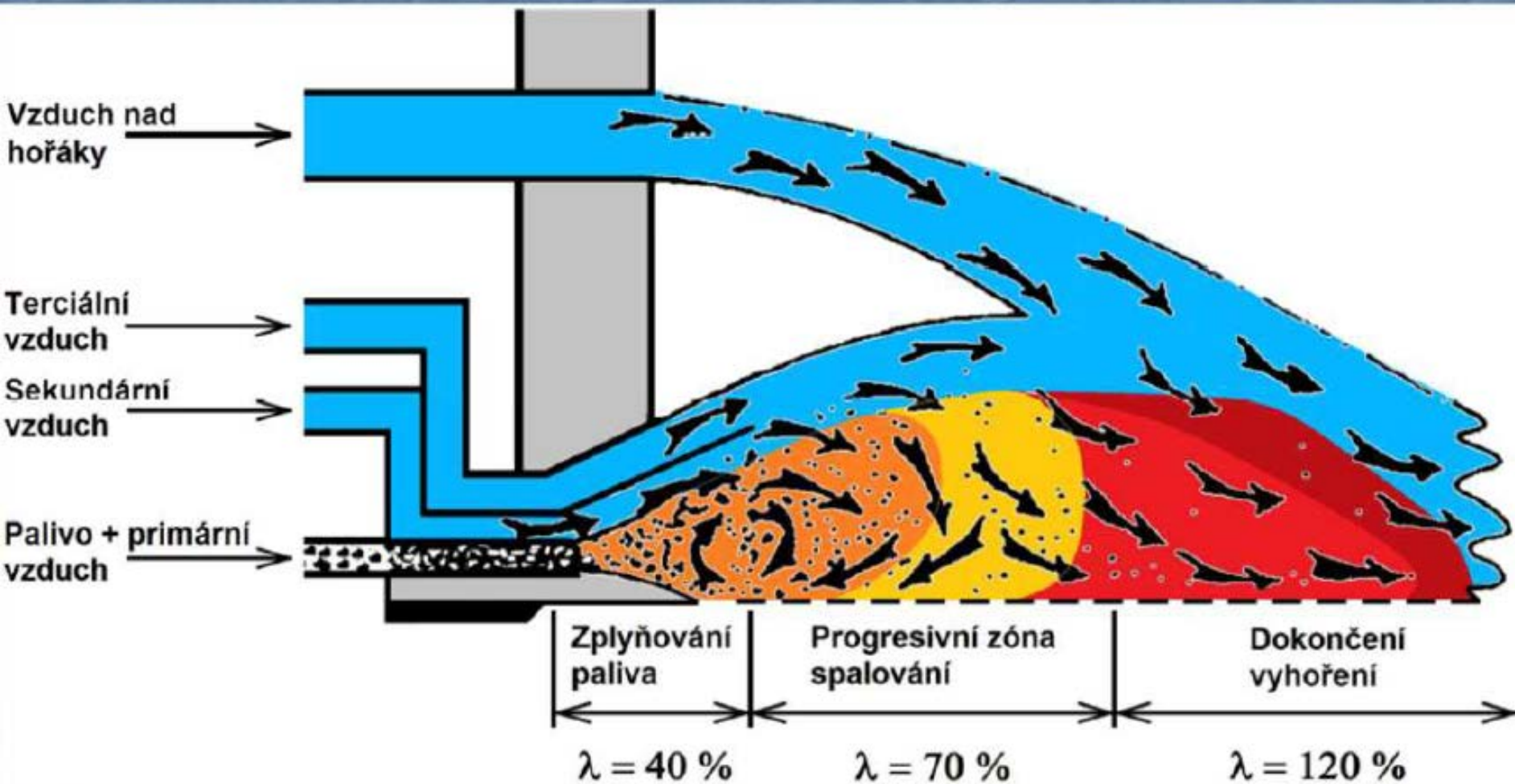
Hořáky na tuhá paliva

Hořák s postupným přiváděním vzduchu:

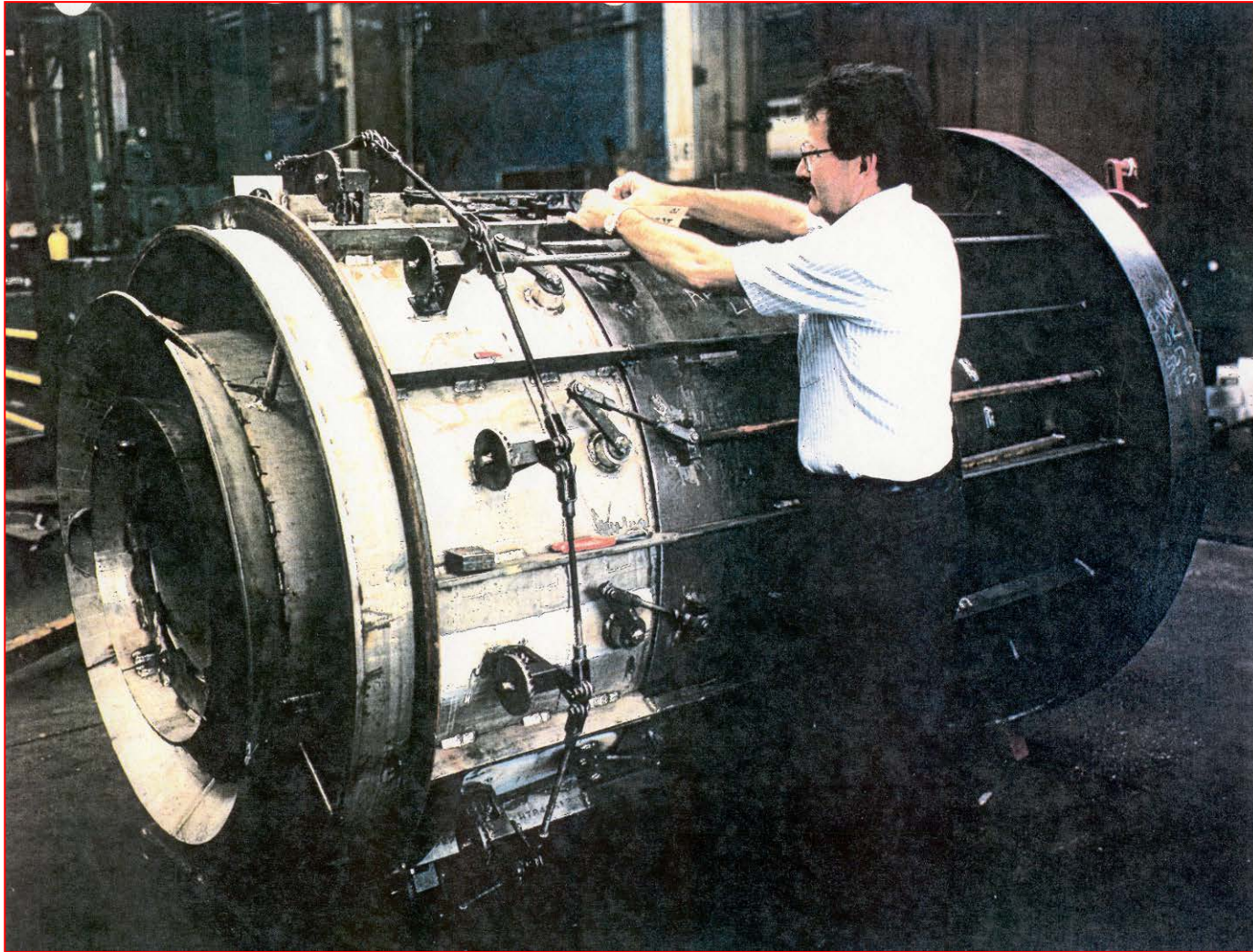


Princip nízkoemisního hořáku

- při spalování plynu a práškového černého uhlí je snaha řešit postupný přívod vzduchu přímo v hořáku



Hořáky na nízký obsah NO_x



Možnosti snižování tvorby NO_x

Recirkulace spalin

Odběr části spalin za ekonomizér a jejich zavedení zpět do topeniště, tím se dosáhne:

- ↪ snížení obsahu kyslíku
- ↪ snížení teploty

Nejúčinnější – míchání spalin do spalovacího vzduchu

Snížení účinnosti spalování

50% snížení emise NO_x

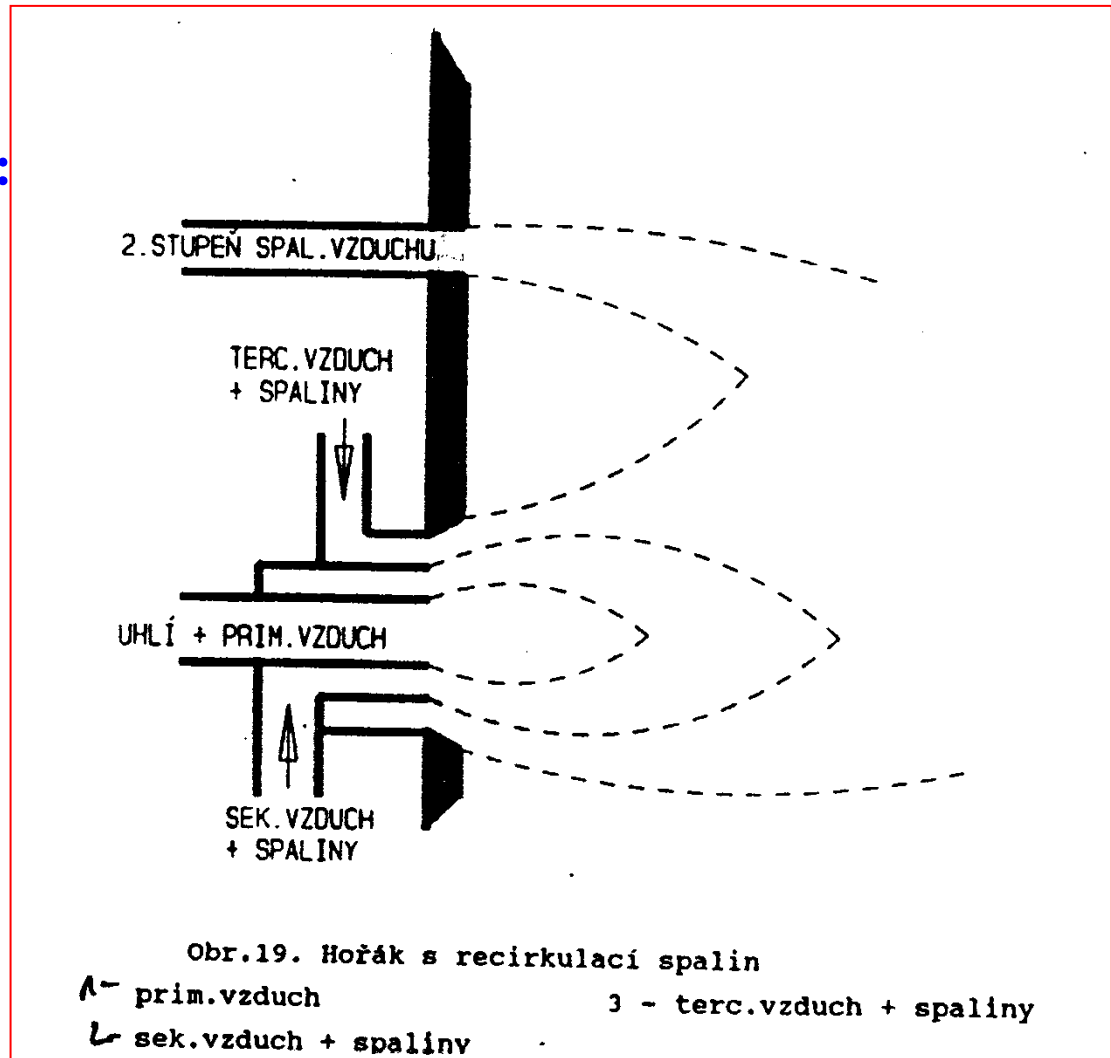
Hořáky na nízký obsah NO_x

Hořáky na tuhá paliva

Hořák s recirkulací spalin:

V primární zóně shoří prchavá hořlavina a palivový N přejde do plynné fáze

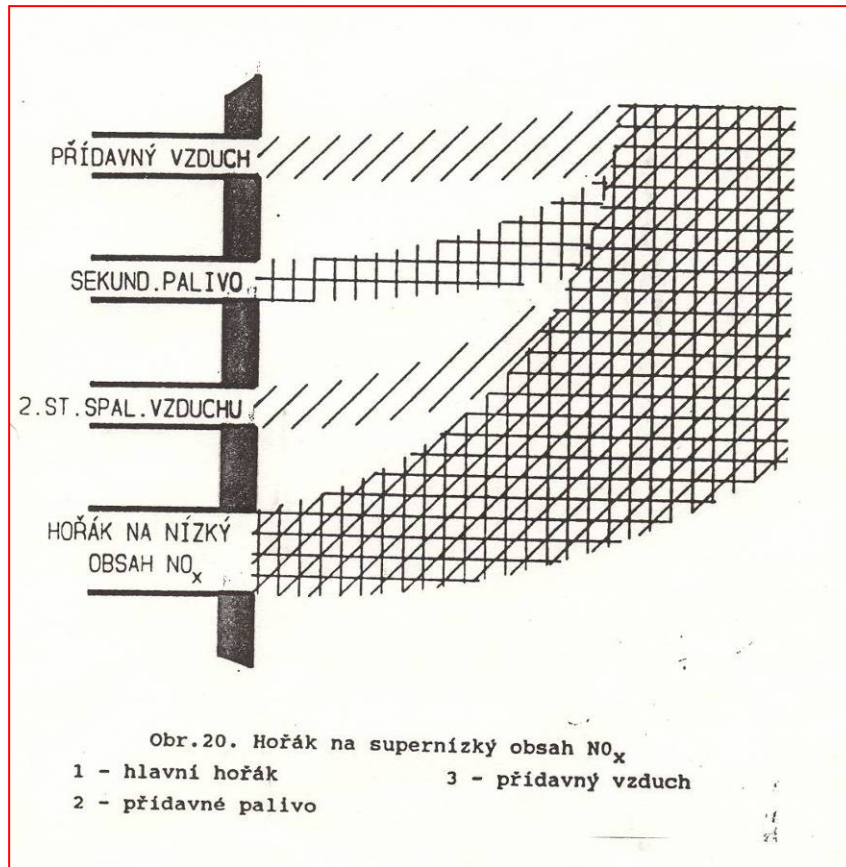
Sekundární – shoří většina paliva – v redukční atmosféře přecházejí NO_x na N_2



Hořáky na nízký obsah NO_x

Hořáky na tuhá paliva

Hořák na supernízký obsah NO_x :



Dalších 30% \Rightarrow $< 200 \text{ mg NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$

Odpadá nákladná denitrifikace
(pouze u nových jednotek)

Fluidní spalování – vícestupňové
postupné zavádění spalovacího
vzduchu a tlakové – srovnatelné
s hořáky na supernízký obsah
 NO_x

Přehled možností pro redukci tvorby NO_x

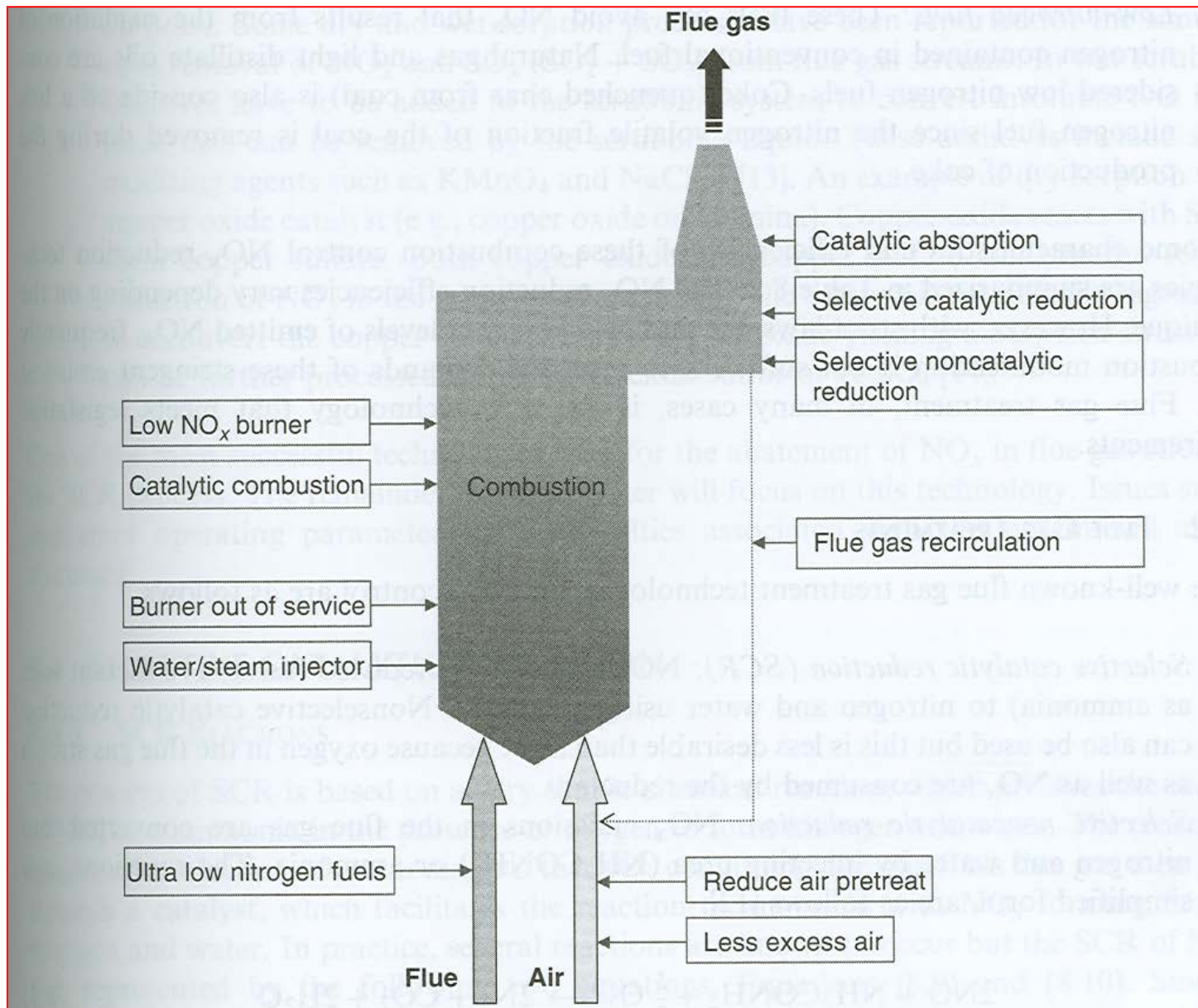


FIGURE 8.2 Possibilities for NO_x reduction from a combustion chamber.

Sekundární opatření k omezování emisí NO_x

Selektivní katalytická redukce (SCR). Údaje v tabulce označené: VP = vysoká koncentrace prachu; KP = nízká koncentrace prachu.

Obvyklý podíl redukce NO _x	Parametr	Hodnota
80–95 %	provozní teplota	320–420 °C (VP) 260–320 °C (KP)
	redukční činidlo	čpavek, močovina
	podíl NH ₃ / NO _x	0,8–1,0
	únik NH ₃	< 20 mg/m ³ (n.t.t.)
	využitelnost	> 98 %
	podíl konverze SO ₂ / SO ₃ v katalyzátoru	1,0–1,5 % (KP)
	spotřeba energie (% elektrického výkonu)	0,5 % (VP) 2 % (KP)
	tlaková ztráta v katalyzátoru	4–10 hPa

Sekundární opatření k omezování emisí NO_x

Selektivní nekatalytická redukce (SNCR).

Obvyklý podíl redukce NO _x	Parametr	Hodnota
30–50 (80) %	provozní teplota	850 až 1050 °C
	redukční činidlo	čpavek, močovina
	podíl NH ₃ / NO _x	1,5–2,5
	využitelnost	> 97 %
	spotřeba energie (% elektrického výkonu)	0,1–0,3 %
	čas prodlevy v teplotním pásmu	0,2–0,5 s

Denitrifikační metody

Nejrozšířenější – selektivní katalytická redukce

Suché metody

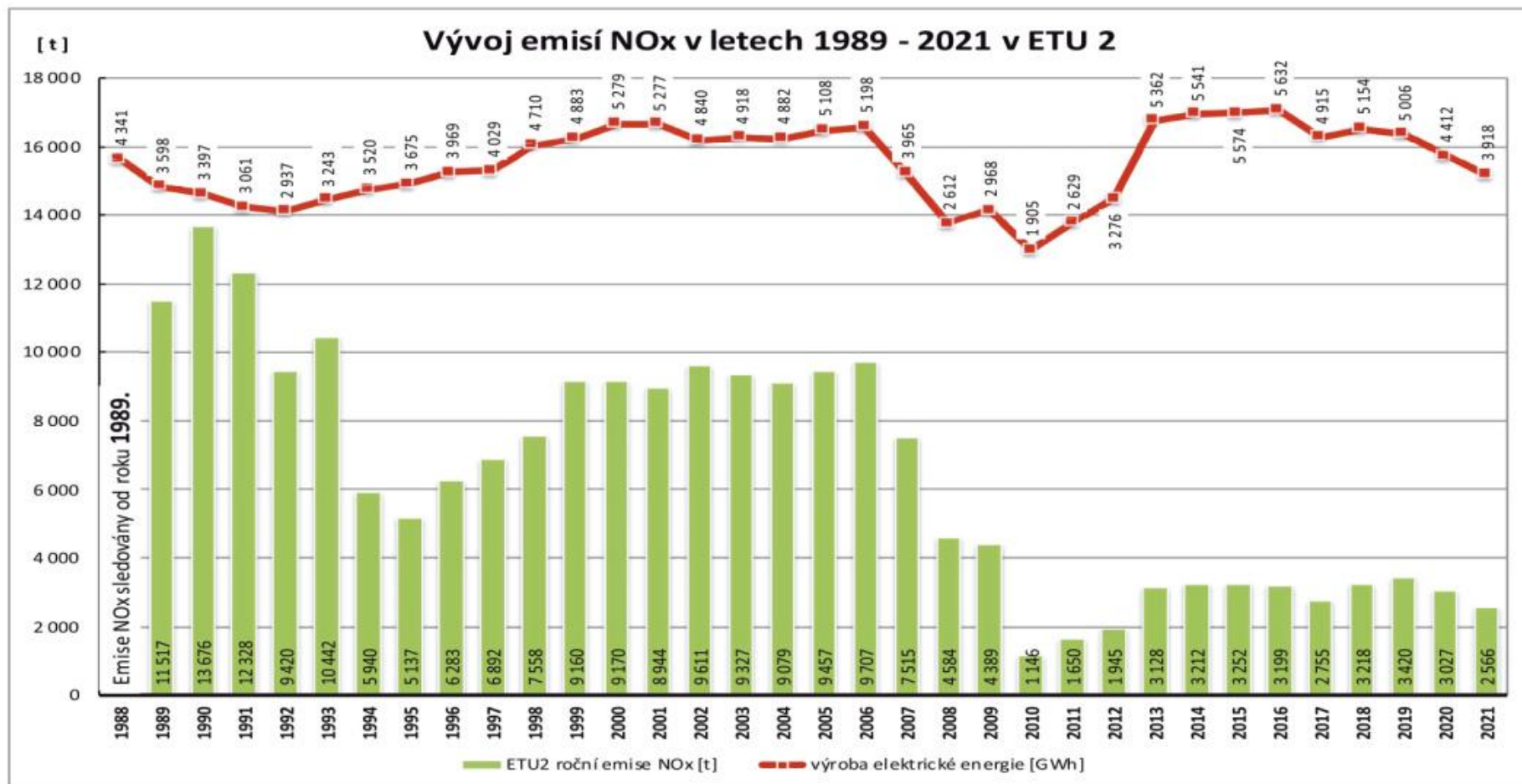
Selektivní katalytická redukce (SKR) - princip:

Reakce NO_x s NH_3 (g) – dávkování do spalin



$T > 300 \text{ }^\circ\text{C}$, katalyzátor

Denitrifikace spalin v elektrárně Tušimice II



Denitrifikace Elektrárny Dětmarovice pomocí technologie selektivní katalytické redukce

Díky společnosti Vítkovice Power Engineering (VPE) Elektrárna Dětmarovice vypouští do ovzduší výrazně méně emisí dusíku (NO_x). Modernizaci dvou černouhelných kotlů Elektrárny Dětmarovice (EDĚ) dokončila v polovině roku 2015 a předala provozovateli do užívání. Nižších emisí oxidu dusíku jsme dosáhli využitím kombinací primárních a sekundárních opatření. Obnova kotlů K3 a K4 vedla ke snížení emisí oxidu dusíku (NO_x) pod limitních 200 mg/Nm^3 , které od nového roku vstoupila v platnost pro velké znečišťovatele, z původní průměrné hodnoty emisí oxidu dusíku pohybujících se na hranici 450 mg/Nm^3 . Jako jedni z prvních v tuzemsku jsme použili pro sekundární opatření technologii takzvané selektivní katalytické redukce (SCR).

ZÁKLADNÍ POPIS PROJEKTU

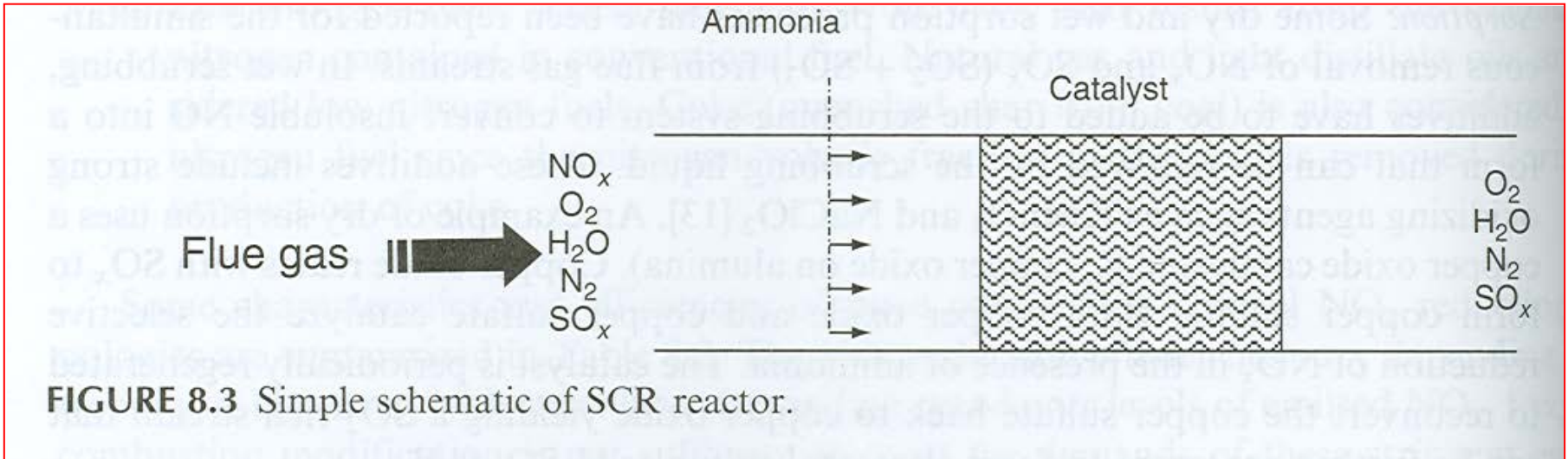
Použitá technologie SCR snižuje emise oxidu dusíku již vytvořené během spalování paliva uvnitř kotle. Spaliny vzniklé spalováním uhlí, do nichž se technologií SCR řízeně dávkuje vodný roztok čpavku, jsou přivedeny do katalyzátoru, kde probíhá finální chemická reakce. Rozdíl mezi SCR a dosud častěji užívanou nekatalytickou metodou SNCR je v tom, že metoda SCR zaručí požadované emisní limity během dalšího provozování kotlů s výrazně nižším zbytkovým obsahem čpavku ve spalinách.

Součástí činností na akci denitrifikace kotlů 3 a 4 na elektrárně Dětmarovice byla i primární opatření na uvedených kotlích zahrnující zejména optimalizaci spalovacího procesu, byla nově provedena recirkulace spalin a dále byla provedena úprava a doplnění systému dohořovacího vzduchu.



Denitrifikační metody

Selektivní katalytická redukce



Denitrifikační metody

Katalytická redukce NO_x

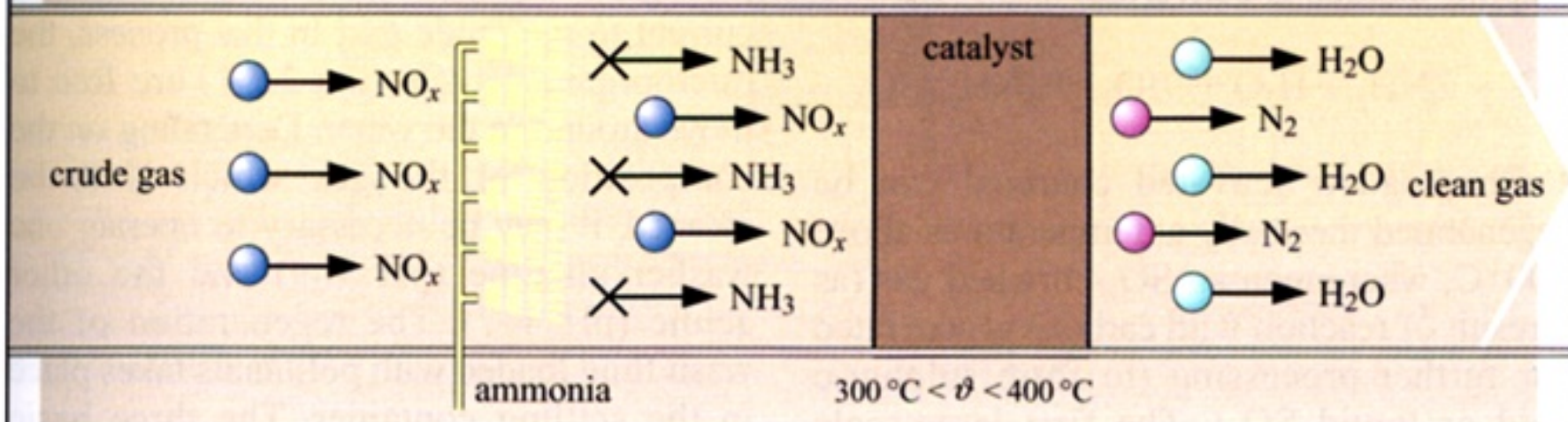
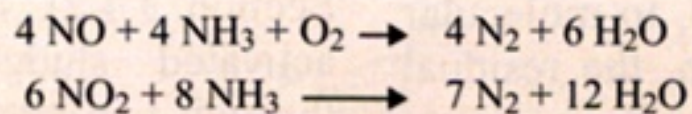


Figure 2.5.6 Catalytic NO_x reduction

Denitrifikační metody

Katalytická redukce NO_x

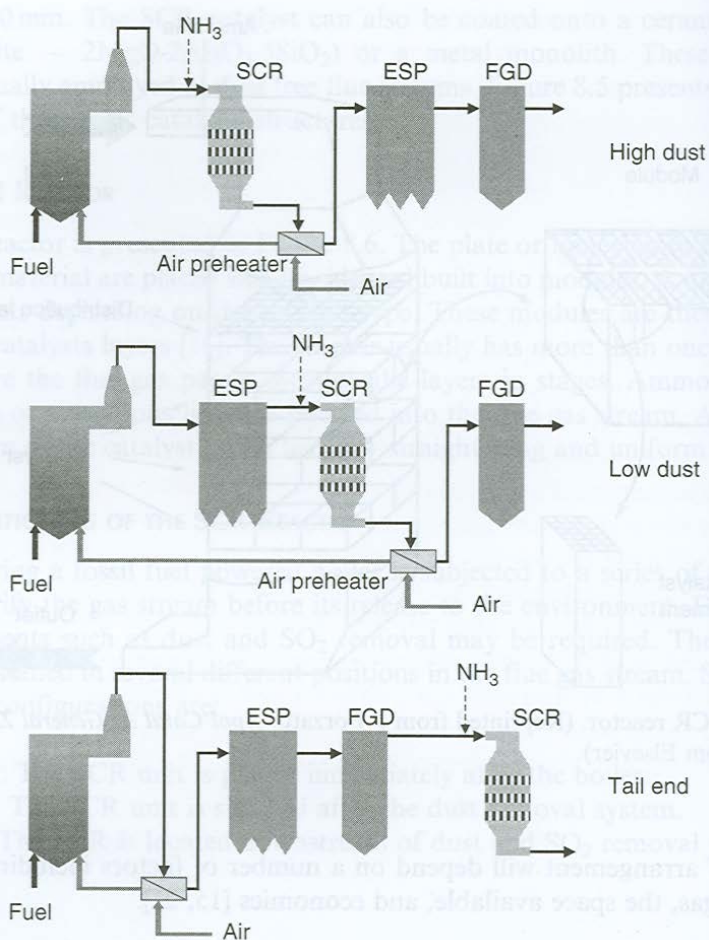


FIGURE 8.7 Possible configurations of SCR unit (SCR, selective catalytic reduction; ESP, electrostatic precipitation; FGD, flue gas desulfurization).

Katalyzátor:

Nosič: TiO₂ na keramické kostře (původně Al₂O₃ – SO₂ katalytický jed + V₂O₅)

Životnost:

Plyn – 5 – 7 let

Uhlí – 3

T optimum ~ 350° C

- nižší klesá účinnost

- vyšší – oxidace SO₂ → SO₃

Koroze ⇒ musí být trvale v provozu (300 °C)

Usazování NH₄HSO₄

Proces současné desulfurace a denitrifikace

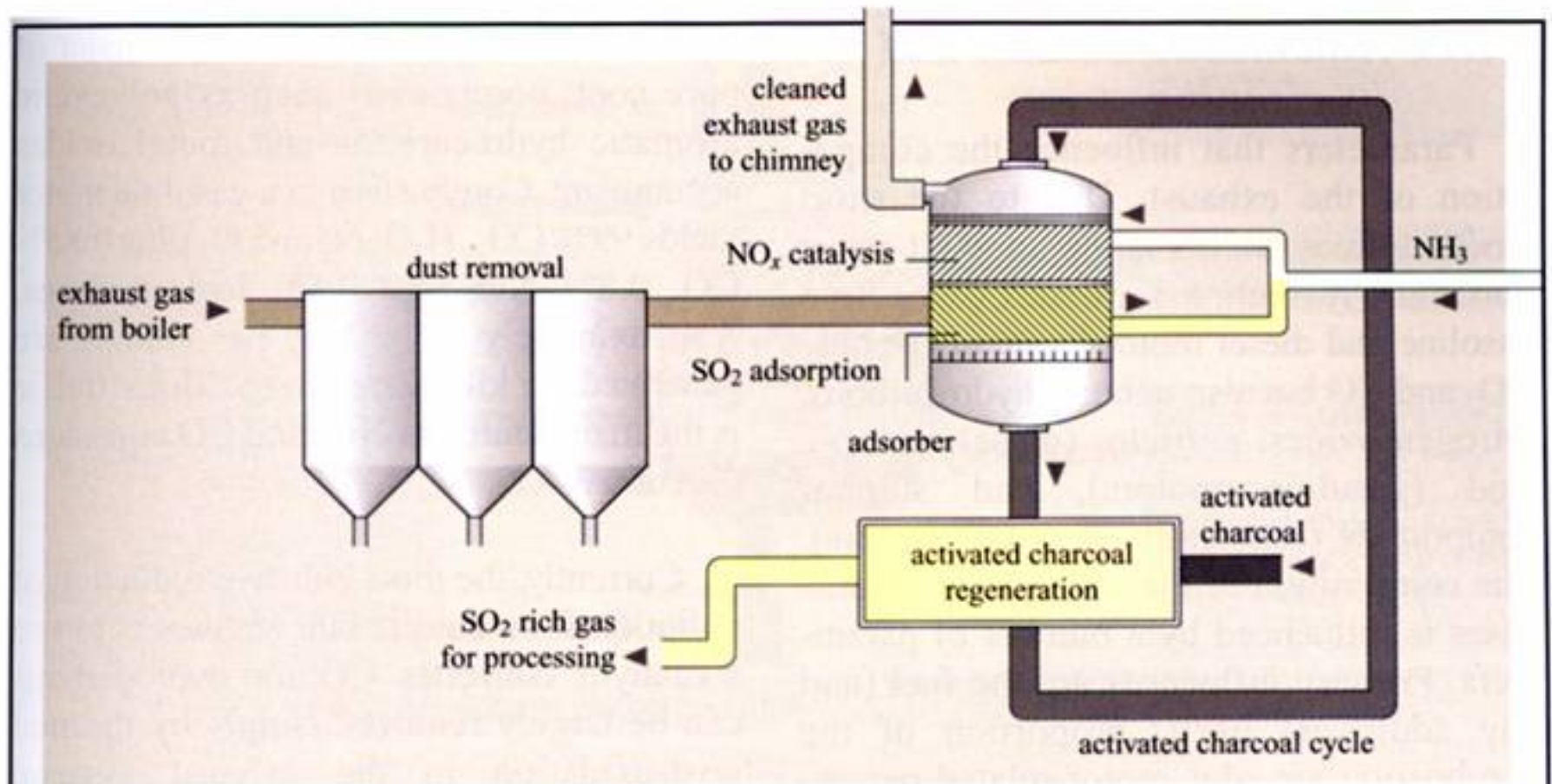


Figure 2.5.8 Simultaneous processes for desulphurisation and denitration of exhaust gas