

E0270 TECHNOLOGIE A NÁSTROJE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Technologie pro zajištění čistoty ovzduší II

RNDr. Mgr. Michal Bittner, Ph.D.

Odlučování tuhých částic

Odlučování tuhých částic

Technicky většinou dobře řešitelné

Emise tuhých částic:

- ↪ opracování kamene
- ↪ zpracování zeminy
- ↪ metalurgie
- ↪ energetika

Odlučování tuhých částic

Nežádoucí:

- ↪ Spalovny – ekologicky
- ↪ Chemický průmysl - technologicky

Důležité vlastnosti:

- ↪ velikost – 0,01 – 1000 μm
- ↪ částice jedné velikosti – mono-disperzní systém – výjimečně
- ↪ částice různé velikosti – polydisperzní systém

Odlučování tuhých částic

Princip třídění

Postupné vynášení částic ze základního souboru plynem nebo kapalinou o postupně zvyšované rychlosti

Prach

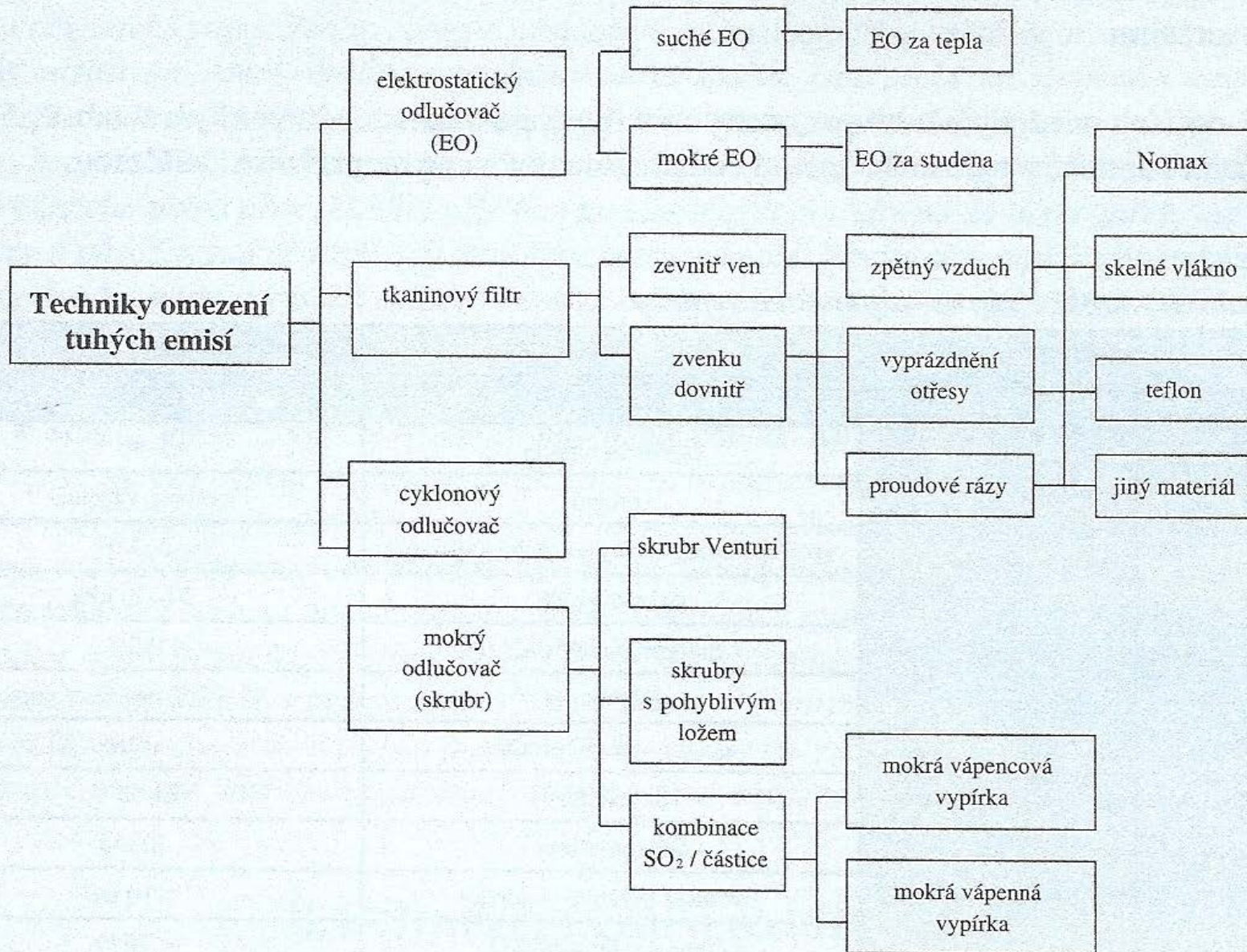
Koncentrace, měrná hmotnost, lepivost, abrasivost

Odlučovače

Tvar částic, měrný povrch, permitivita, elektrický náboj a odpor, smáčivost, explozivnost...

Odlučování tuhých částic

Přehled používaných technik k omezení tuhých znečišťujících látek.



Odlučování tuhých částic

mechanické odlučovače	cyklonové odlučovače (jednotlivé cyklony, skupinové cyklonové odlučovače a multicyklony)	pro hrubé prachy u roštových kotlů, předodlučovač hrubých příměsí před dalším stupněm odlučování (nízká odlučivost)
	suché rotační odlučovače	
	vírové odlučovače s obvodovým zrychlením (typ Huriclone)	odsávací jednotky nižších výkonů
	suché odlučovače se sypanou zrnitou vrstvou	pro nepříznivé provozní podmínky
Mokré mechanické odlučovače	mokré vírníkové odlučovače	menší jednotky
	pěnové odlučovače	absorbéry (zachycují i plynné látky)
	mokré odlučovače se zrnitou vrstvou	pro nepříznivé provozní podmínky
	mokré hladinové odlučovače	použití v metalurgii
	mokré odlučovače typu Venturi (osové nebo štěrbínové)	vysoká odlučivost, vysoká spotřeba energie
	mokré rotační odlučovače	u odsávacích jednotek
Elektrostatické odlučovače	trubové elektrostatické odlučovače	u nás se nepoužívají
	horizontální komorové elektrostatické odlučovače	nejčastější použití v elektrárnách a u jiných velkých zdrojů, vysoká odlučivost
	vertikální komorové elektrostatické odlučovače	speciální případy
	mokré elektrostatické odlučovače	speciální případy
Textilní (látkové) filtry	hadicové textilní filtry	pro nároky na nejvyšší odlučivosti, běžně se používají u malých i velkých zdrojů
	kapsové textilní filtry	
	klínové textilní filtry	dnes se již nepoužívají

Odlučování tuhých částic

Zařízení:

- ↪ Odlučovače mechanické
– suché, mokré
- ↪ Odlučovače elektrické
– suché, mokré
- ↪ Filtry

Účinnost odlučovačů:

Celková odlučivost – váhová %

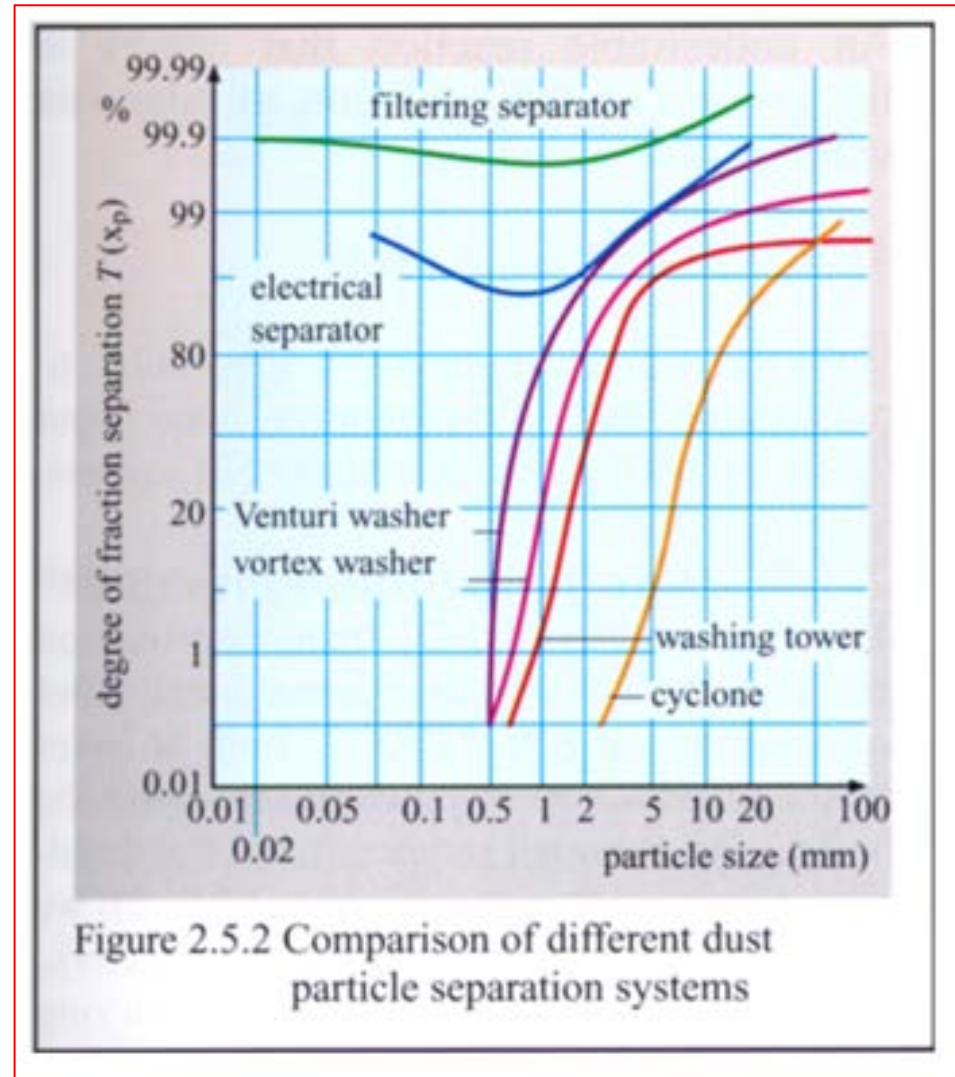
odloučeného prachu + celkové množství prachu

Frakční odlučivost – odloučení

určité frakce o určité velikosti

Mez odlučivosti – rozměr částice,

P50, kdy je frakční odlučivost rovná 50%



Záchyt tuhých příměsí

1) Mechanické

Usazovací komory – gravitace – nepoužívají se < 70%

Vírové odlučovače – využití odstředivé síly – cyklony - 80% -
universální – neschopnost odloučit velmi jemné frakce
<2 – 10 μm

Multicyklony:

- ↪ Žaluziové
- ↪ Mokrý - hladinový 80 - 99%
- ↪ Vířňkové

Venturiho pračka – 99,9%



Play Video

- Animation Speed +



Seconds: 7

 Subscribe

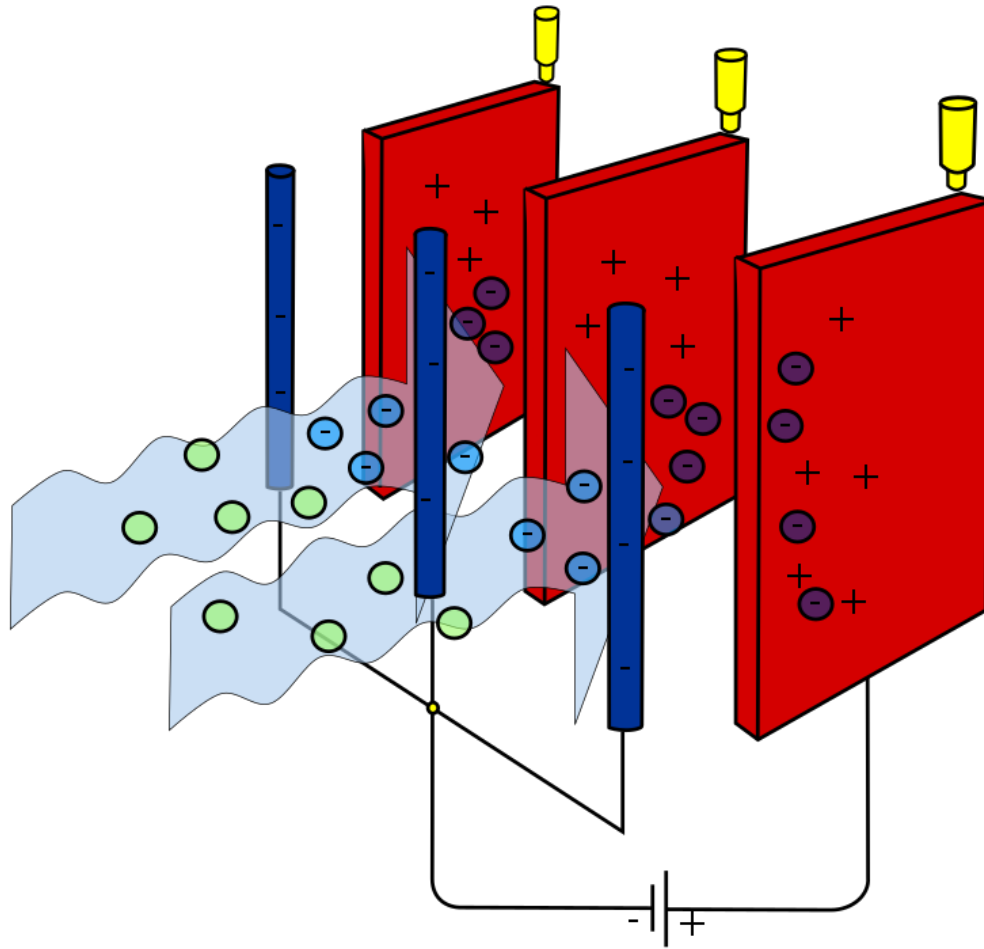
[Engineering in a Minute \(EiM\)](#)

How Cyclone Separator Works (EiM series)

Záchyt tuhých příměsí

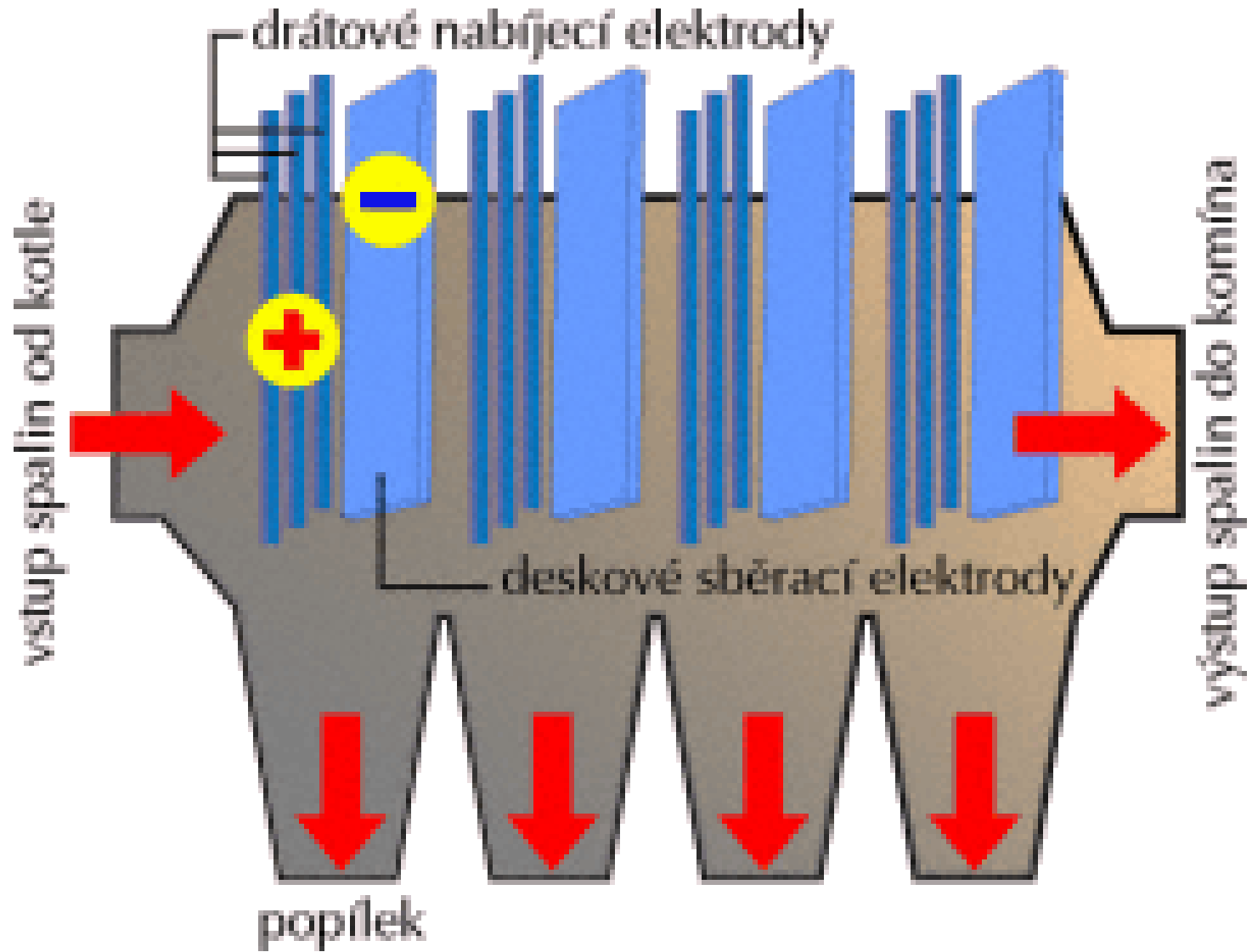
- 2) **Elektrostatické** – využití přitažlivých sil mezi elektricky nabitými částicemi prachu a opačně nabitou sběrací elektrodou – 99,9%
- 3) **Filtry** – 99,9%

Elektrostatické odlučovače



tmavě modře jsou znázorněny nabíjecí elektrody, nabité částice popílků jsou přitahovány na červené desky

Elektrostatické odlučovače



Elektrostatické odlučovače



Elektrostatický odlučovač popílku uhelné elektrárny Nový zdroj 660 MW Ledvice

991 zhlédnutí • 16. 9. 2016



5



NELÍBÍ SE



SDÍLET



ULOŽIT



POPIS



Záchyt tuhých příměsí

(3) Filtry

- ↪ **Keramické** – dočišťování plynů s nízkým obsahem tuhých příměsí
- ↪ **Látkové**
 - **hadicové** - hadice z filtrační látky, různé délky a průměru
 - **kapsové** – kapsy s drátěnou vložkou

Záchyt tuhých příměsí

Regenerace zaprášené látky (pro oba typy)

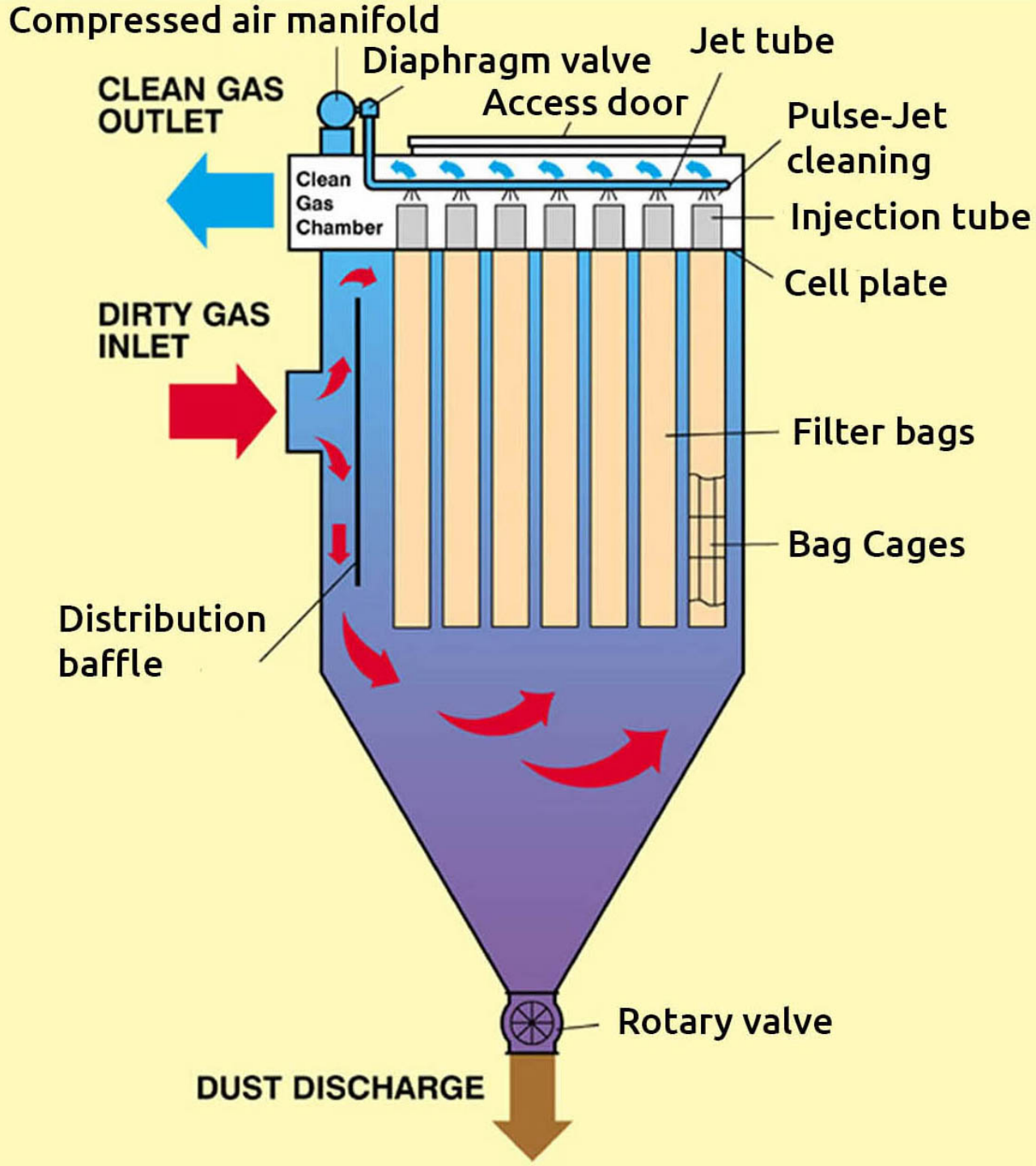
- ↪ filtry se zpětným profukováním čistým plynem, a to za chodu nebo při odstavené komoře
- ↪ filtry s mechanickým oklepáváním příp. se zpětným profukováním za chodu nebo při odstaveném filtru
- ↪ filtry s regenerací vibracemi mechanickým zdrojem nebo ultrazvukem
- ↪ filtry s regenerací stlačeným vzduchem za chodu nebo v klidu

Plošné zatížení filtru – objem plynu za minutu prošlý 1 m² plochy filtru

S rostoucím zatížením roste tlaková ztráta

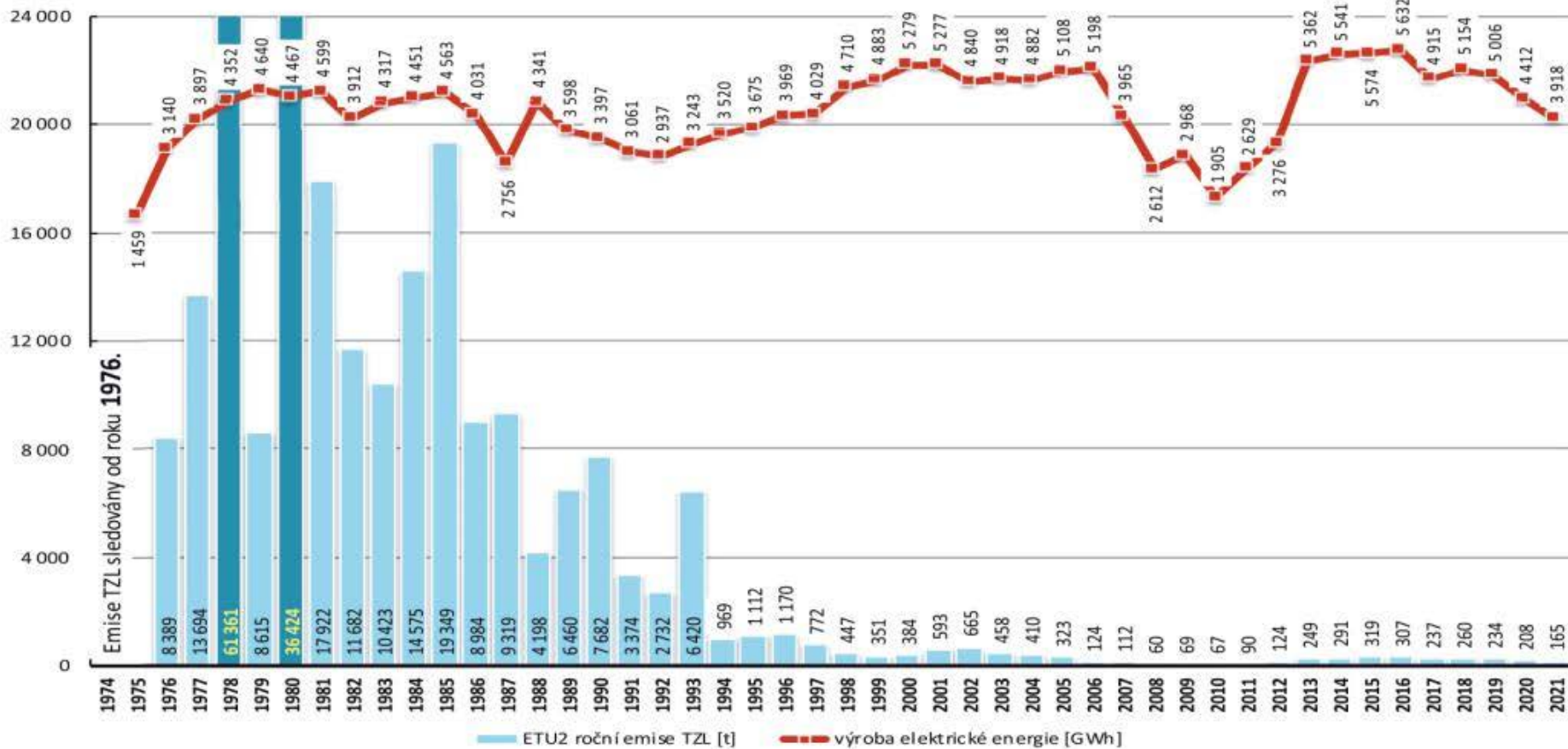
Možné plošné zatížení filtru závisí také na způsobu regenerace

$$\sim 0,4 - 2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$$



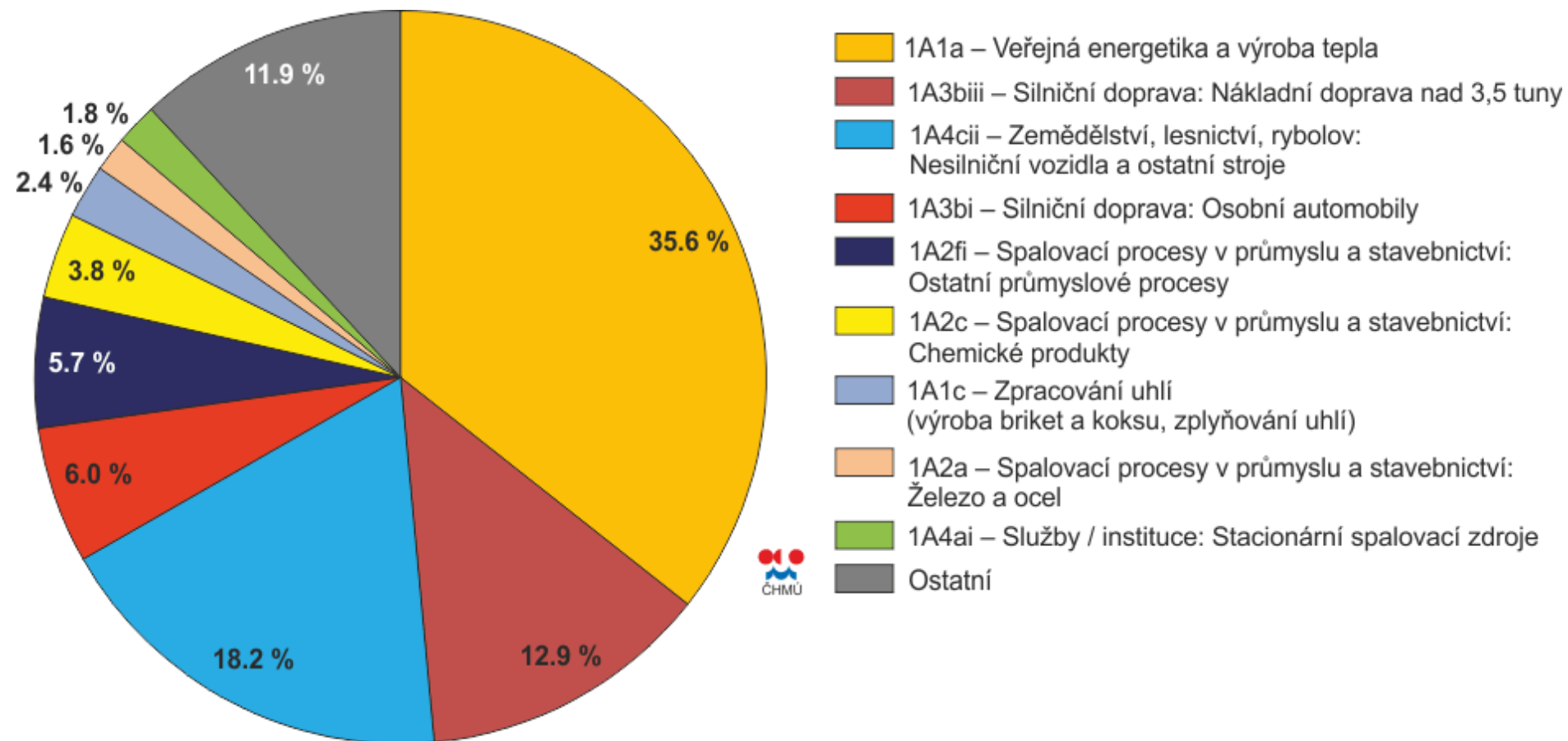
Vývoj emisí TZL v letech 1976 - 2021 v ETU 2

[t]



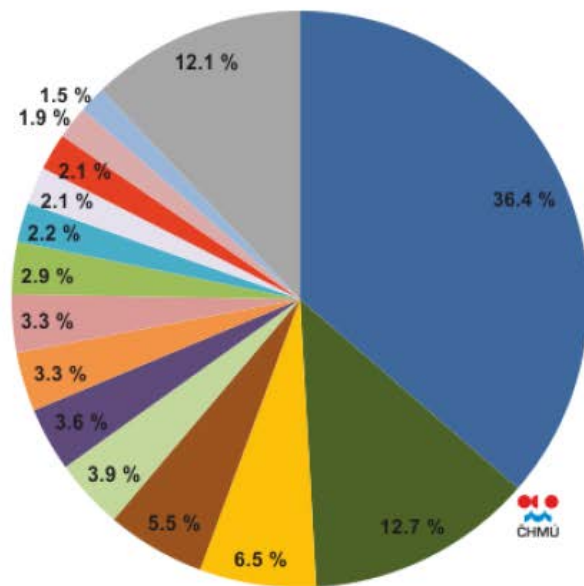
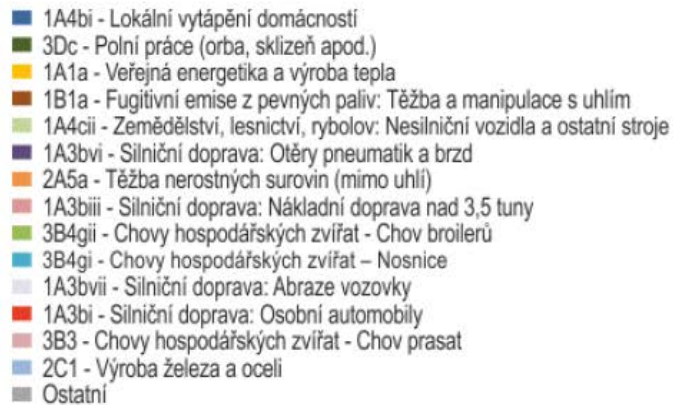
Snižování emisí z dopravy

Emise Nox v ČR z dopravy

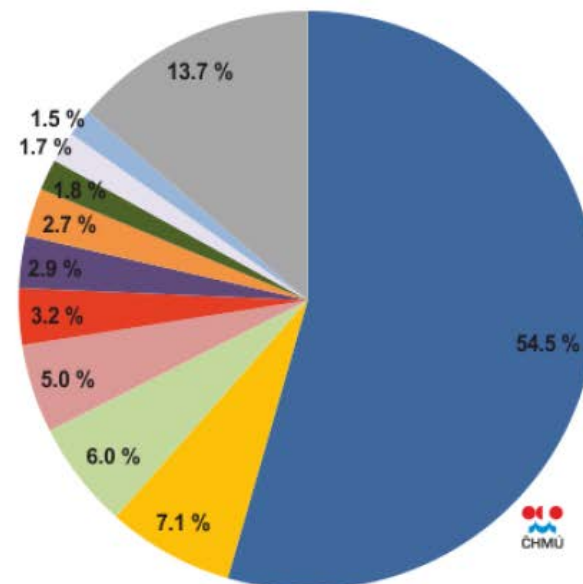
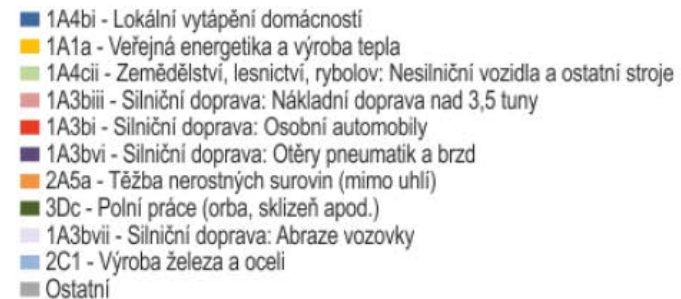


Obr. IV.3.12 Podíl sektorů NFR na emisích NO_x v roce 2012

Emise tuhých částic v ČR



Obr. IV.1.17 Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM₁₀, 2015

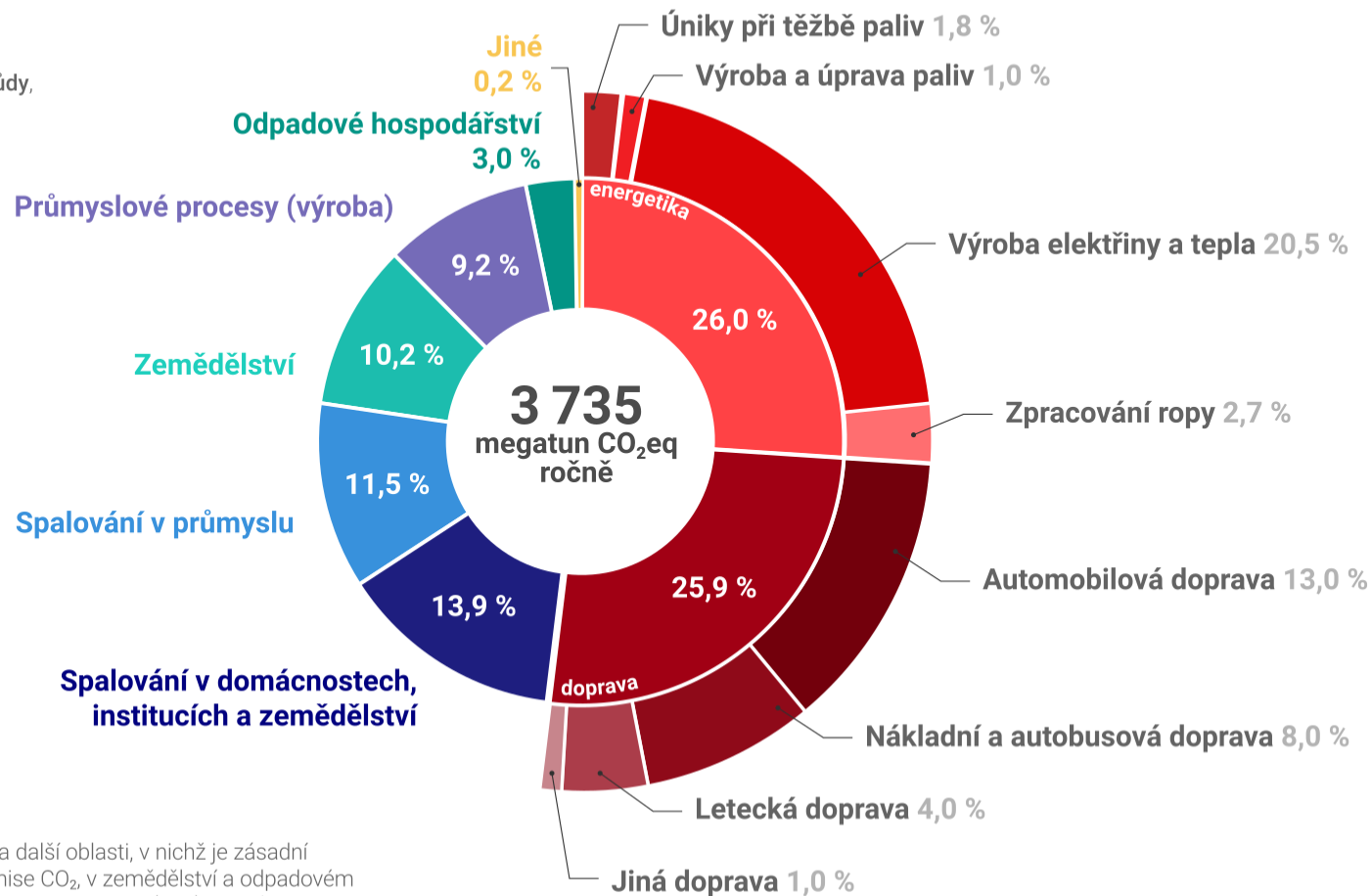


Obr. IV.1.19 Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{2,5}, 2015

EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V EU PODLE SEKTORŮ DETAILNĚ

Celkové emise EU* za rok 2019

Nezobrazujeme emise z lesnictví a využití půdy, více v doprovodném textu.



Co znamená CO₂eq?

Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkují přímo emise CO₂, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH₄) a oxidu dusného (N₂O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplovací efekt (ekvivalent CO₂).

EMISE CO2 V EU

Vývoj emisí CO2 v jednotlivých odvětvích (1990-2016)



Energetika



Doprava



Průmysl*



Bydlení

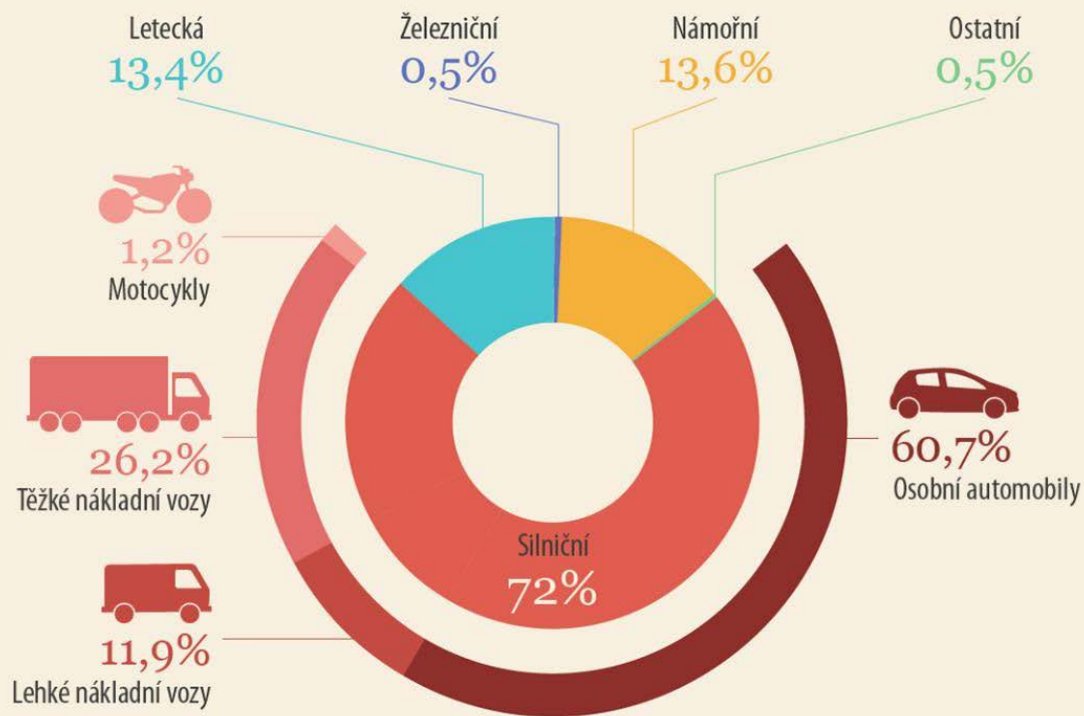


Zemědělství, lesnictví,
rybařství

*Výroba a stavebnictví

EMISE CO2 PRODUKOVANÉ V DOPRAVĚ

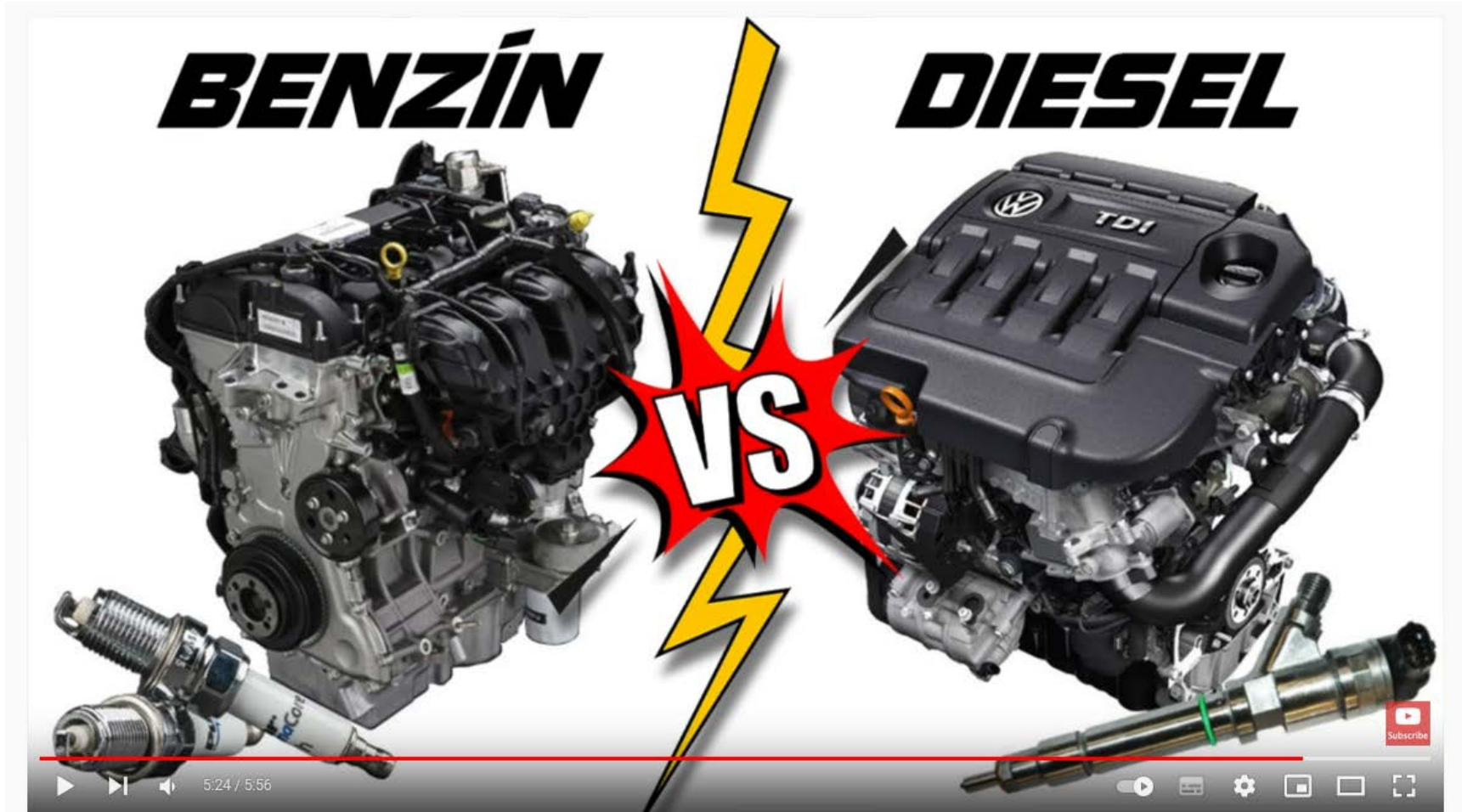
Podíl emisí podle druhu dopravy (2016)



Exhalace v dopravě

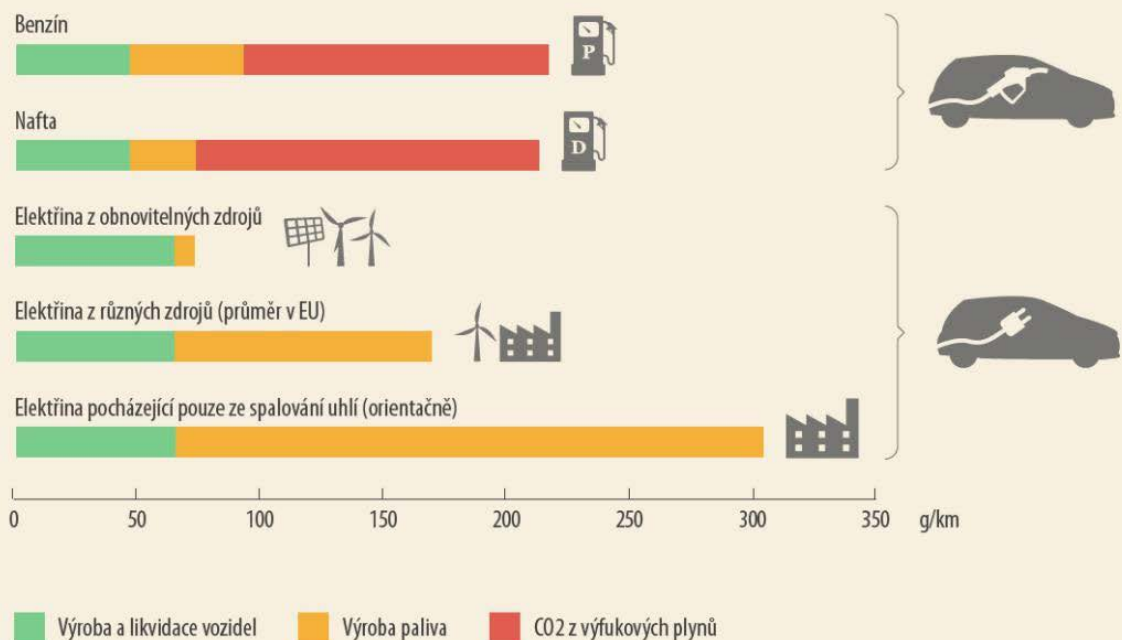
Zážehové x vznětové x elektrické motory

Exhalace v dopravě



EMISE CO2 PRODUKOVANÉ V DOPRAVĚ

Škála emisí CO2 v životním cyklu různých druhů vozidel a paliv (2014)



LCA automobilu

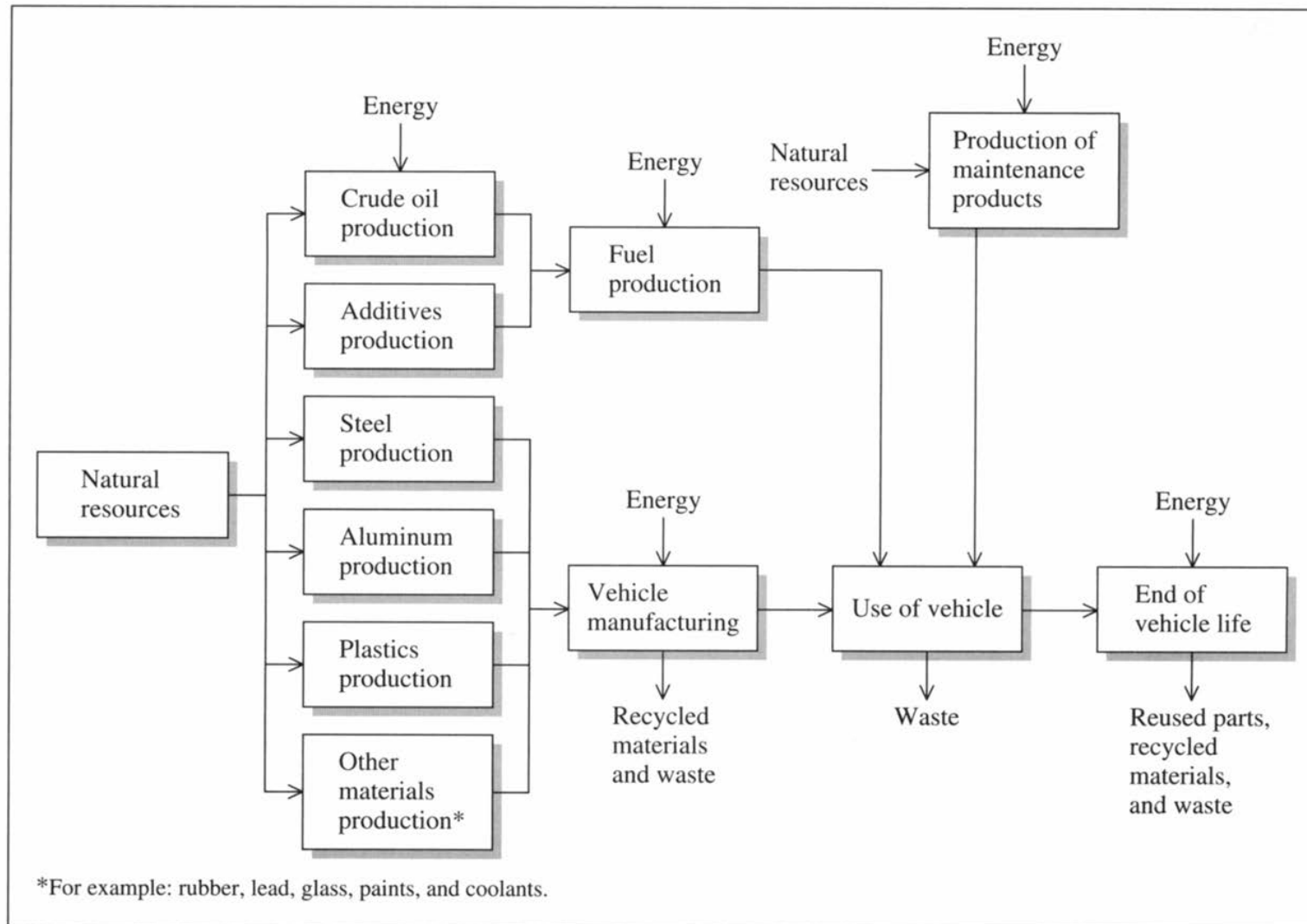


Figure 10-12

Important input and output components in life cycle assessments of motor vehicles. (Source: M. Freemantle. Total life-cycle analysis harnessed to generate "greener" automobiles. *Chemical & Engineering News* November 27, 1995: 25.)

Exhalace v dopravě

Automobilová doprava – dominantní 70 %

Největší znečišťovatel ~ 3 mld automobilů

1 vozidlo ~ 12 t škodlivin ročně

~ 700 kg CO

100 kg HCs

35 kg NO_x

PAHs, Pb, RCHO

Zážehové motory

- Spalování benzínu

– směs paliva a vzduchu je nejprve ve válci stlačena a pak zapálena elektrickou jiskrou:

↪ **karburační** – směs se připravuje při plnění válce (od 1992 se v EU nepoužívají)

↪ **vstřikovací** – palivo se vstřikuje do komprimovaného vzduchu ve válci na začátku komprese

14,5 – 15 kg vzduchu na spálení 1 kg paliva

Nedokonalé spalování \Rightarrow RH, CO

Oxidace \Rightarrow RCHO, NO_x

Vysoká T, p \Rightarrow PAHs

Vznětové motory

- Spalování nafty, dieselové motory
- nemají karburátor ani elektrickou iniciaci
 - zapálení paliva – vstříkování do stlačeného vzduchu, jehož teplota kompresí dosáhla meze zápalnosti.

Nutný vysoký přebytek vzduchu:

- přebytek cca 20 % - nedokonalé spalování = tvorba sazí
- přebytek cca 600 % - dokonalejší spalování = více NO_x

Zážehové motory

Vliv konstrukce motoru na obsah škodlivin ve výfukových plynech

Zážehové motory:

I) úprava motoru

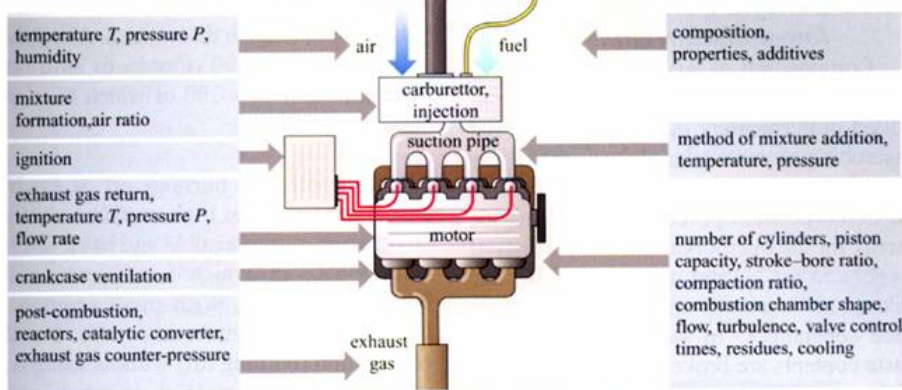
II) snížení obsahu škodlivin ve výfukových plynech - lze kombinovat

III) opatření týkající se změn ve složení paliva

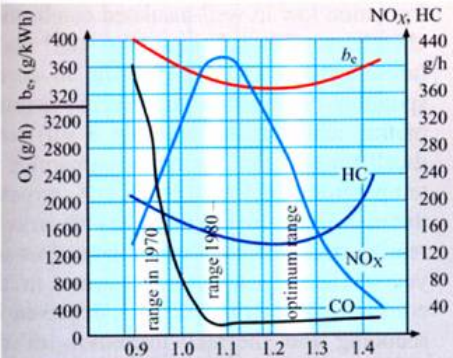
I) Úprava motoru:

1. úpravy vedoucí ke zlepšení přípravy palivové směsi
2. zdokonalení zapalování
3. recirkulace výfukových plynů

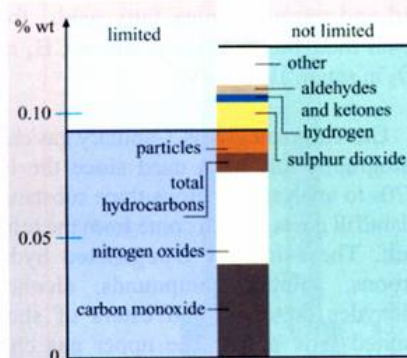
Exhalace v dopravě



1. Parameters influencing exhaust gas composition

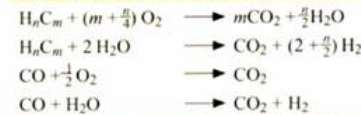


2. Air ratio and exhaust gas emissions with combustion engines

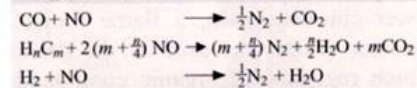


3. Exhaust gas components

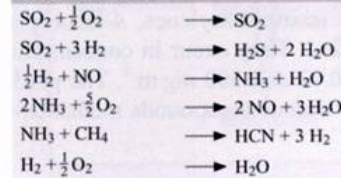
HC and CO conversion



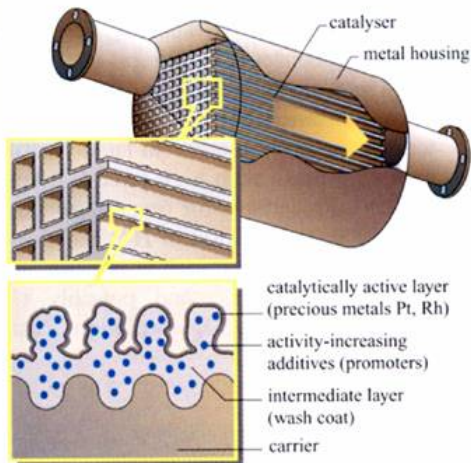
NO_x conversion



other reactions



5. Chemical reactions in catalyser



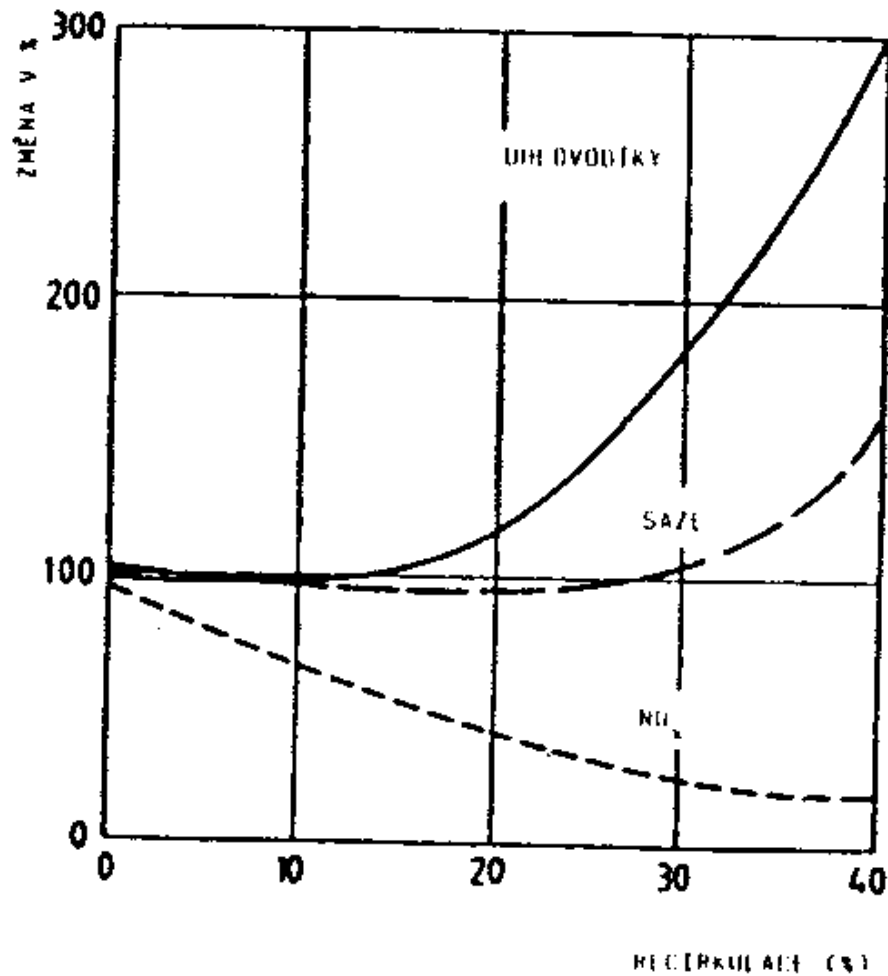
4. Construction of catalyser

Figure 2.5.11 Automobile exhaust and its cleaning

Zážehové motory

1. **Zavedení vstřikování paliva místo karburátoru** ⇒ zlepšení přípravy palivové směsi ⇒ snížení emise RH, CO o 20-50%
2. **Optimalizace zapalování** ⇒ snížení emisí NO_x o 20% (při zvýšení spotřeby max. o 3%)
3. **Zpětné zavedení spalin do sání** ⇒ snížení CO₂ ve směsi ⇒ snížení T ⇒ snížení tvorby NO_x ⇒ recyklace 10 – 15% ⇒ NO_x o 30 – 50% ⇒ recyklace > 15% ⇒ zvýšení spotřeby emise RH a zhoršení jízdních vlastností

Zážehové motory



Obr.29. Vliv recirkulace výfukových plynů na jejich složení

Exhalace v dopravě

Opatření na straně výfukových plynů

Zážehové motory

Termická následná oxidace – prodloužení prodlevy plynů ve výfukovém systému při co nejvyšší T přítomnosti přebytku $O_2 \Rightarrow$ snížení CO, HCs \Rightarrow obtížné zachování dostatečně vysoké T \Rightarrow nízká účinnost – 30 – 50%

Již se nepoužívá

Zážehové motory - Opatření na straně výfukových plynů

Katalytická likvidace škodlivin

Dopálení CO, RH, NO_x

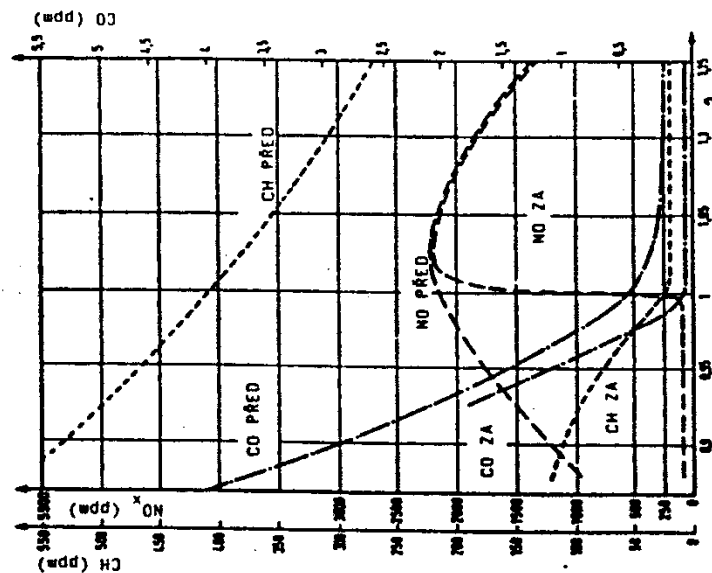
Redukce NO_x pomocí RH, CO
+ oxidace zbytku kyslíkem

Často spojeno v jeden
třícestný katalyzátor

λ = poměr palivo/vzduch

regulace pomocí λ -sondy

- čidlo citlivé na obsah O₂
ve výfukových plynech



Obr.30. Účinnost třícestného katalyzátoru v závislosti na lambda

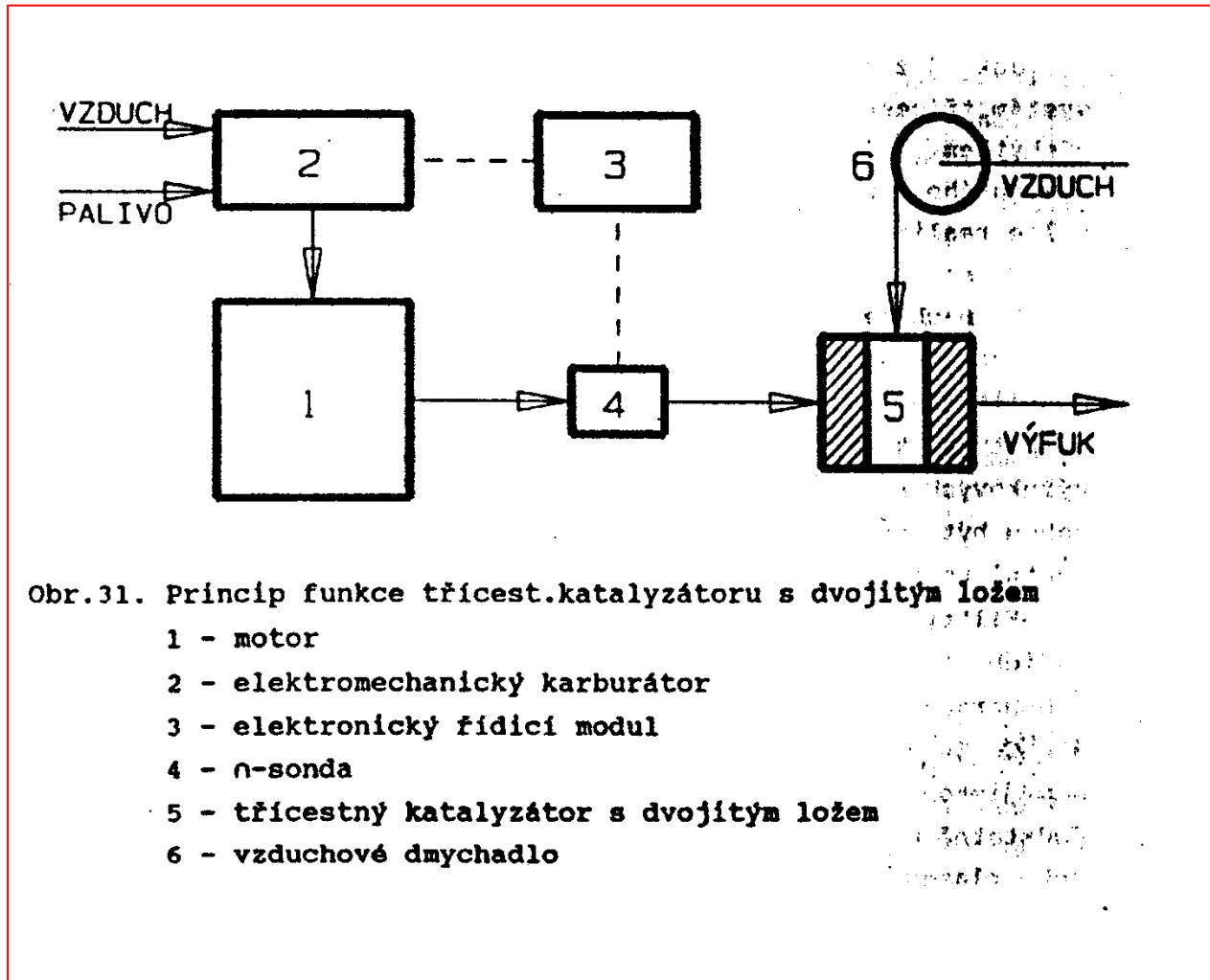
Signál ovládá minimálním zpožděním přípravu palivové směsi

Katalyzátor – keramika voštinového typu, potažená aluminou, impregnovanou vlastním katalyzátorem – směs Pt + Rh

- účinnost 80 000 km

Bezolovnatý benzín (dnes již jiné prakticky nedostupné)

Zážehový motor - třícestný katalyzátor



Zážehový motor - třicestný katalyzátor



so as to minimise the raw emissions
at every operating point.

How the 3-way catalytic converter and lambda sensor work

17 180 zhlédnutí • 31. 3. 2020

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

Vznětové motory

Vznětové motory (diesel, naftové)

Emise škodlivin = funkce (konstrukce spalovací komory)

- ↪ osobní - motory s tlakovou předkomůrkou
- ↪ nákladní – přímý vstřík paliva do válce ⇒ nižší spotřeba, vyšší emise, hlučnost

Turbomotory – přeplňovaný vznětový motor

Spalovací vzduch je vháněn pod tlakem pomocí turbodmychadla hnaného energií výfukových plynů

Příznivější spotřeba, snížení emisí

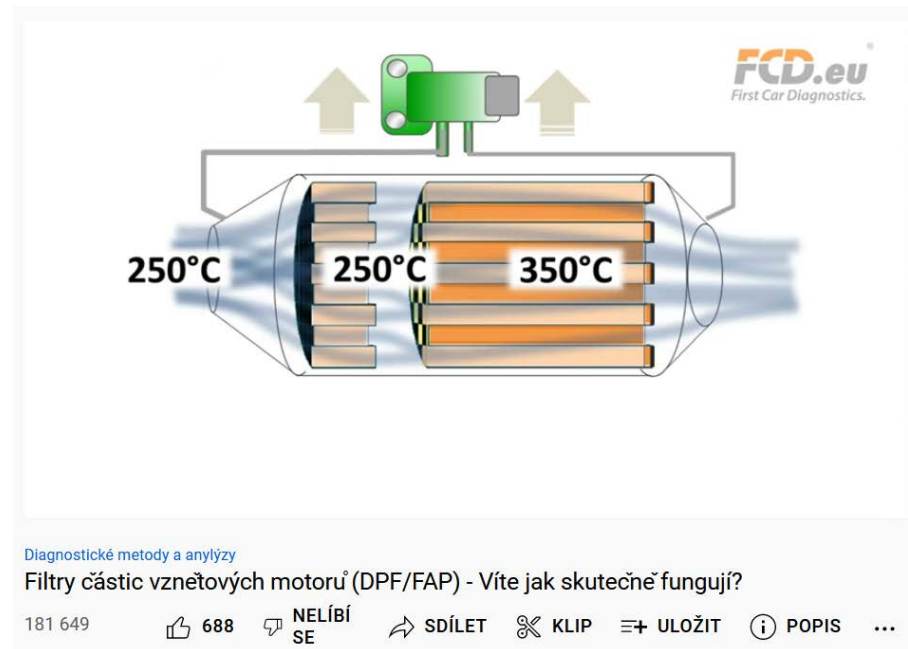
Vznětové motory

Další snížení ⇒ změny konstrukce motoru

Motory s předkomůrkou ⇒ snížení NO_x ⇒ recirkulace části spalin

Omezení ⇒ nárůst emisí HCs, sazí

Filtr pevných částic regulující emise sazí



Vznětové motory

Další snížení \Rightarrow změny konstrukce motoru

Motory s předkomůrkou \Rightarrow snížení NO_x \Rightarrow recirkulace části spalin

Omezení \Rightarrow nárůst emisí HCs, sazí

Katalytická redukce NO_x u vznětových motorů

– nelze - vysoký obsah O_2 ve výfukových plynech

Řešení – katalytická redukce NO_x reakcí s močovinou



GreenChem

AdBlue[®]4you

**Co je
AdBlue[®]?**



0:00 / 2:33



[Adblue CZ](#)

Co je AdBlue a jak funguje? GreenChem CZ

4 796 zhlédnutí • 26. 5. 2015

👍 20 🗨️ NELÍBÍ SE ➦ SDÍLET ✂️ KLIP ⌵ ULOŽIT ⓘ POPIS ...