

EMISE Z AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY

Pavel Šimáček, Milan Pospíšil

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze



ZLEPŠENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V EU DO R. 2020



Snížení emisí z dopravy o 80 % (v porovnání s r. 1995)

Klíčové polutanty z hlediska dopravy:

NO_x → NO₂

lokálně problematický polutant (r. 2000 → mob. zdroje 39 %)

VOC (včetně benzenu)

*nebude problém – výrazně vzroste podíl antropogenních VOC
(r. 2000 → mob. zdroje 26 %)*

Přízemní ozón

problematický polutant (městské aglomerace)

Prašnost (PM₁₀, PM_{2,5})

problematický polutant (r. 2000 → mob. zdroje 15 %)

nejvíce rizikový polutant z hlediska karc. rizika (rizikovost 70 % !!!)

lze očekávat pokles vlivu dopravy (↓ pod 10 %)

CO₂

*omezení spotřeby paliva o 35 % oproti r. 1995 ; cíl 140 g CO₂/km
(spotřeba 5,3 – 5,5 l /100 km) (r. 2000 → mob. zdroje 20 %)*

EMISE ZE SPALOVACÍCH MOTORŮ



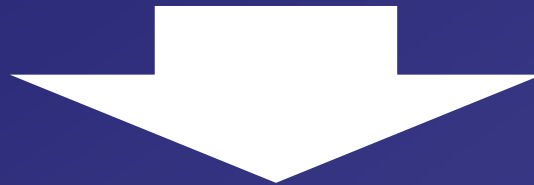
- ☞ **přímo limitované složky emisí (základní emise)**
CO, CH, NO_x, částice
- ☞ **nepřímo limitované složky emisí (limitováno spotřebou a složením paliva)**
Pb, SO₂, CO₂
- ☞ **těkavé organické složky emisí (příprava limitů)**
benzen, formaldehyd, 1,3-butadien, akrolein
- ☞ **netěkavé organické složky emisí (speciální analýza)**
PAH, nitro-PAH, vyšší aldehydy



SNIŽOVÁNÍ NEGATIVNÍCH VLIVŮ PROVOZU MOTOROVÝCH VOZIDEL NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

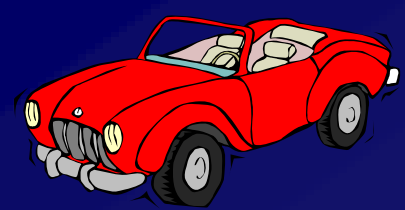
zpřísnění emisních limitů NO_x, HC, PM + omezování emisí CO₂

- *obtížná modifikace parametrů spalovacího procesu*
- *rozvoj technologií spalování chudých směsí („lean burn“)*
- *problém účinnosti katalytických konvertorů výfukových plynů v oxidační atmosféře*
- *problematika tzv. studených startů*



úprava paliva, DeNOx kat., EGR, lapače částic, elektronické systémy řízení, kat. systémy pro minimalizaci škodlivin při studených startech

plnění emisních limitů EURO 4 (2005) a EURO 5 (2008)



EMISNÍ LIMITY PRO OS. AUTOMOBILY (g/km)



benzín

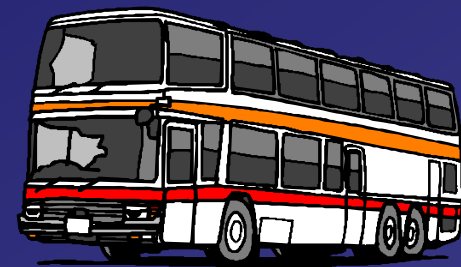
Limit	Platnost	CO	HC	NO _x	HC+NO _x	PM
Euro I	1992	2,72	-	-	0,97	-
Euro II	1996	2,2	-	-	0,5	-
Euro III	2000	2,30	0,20	0,15	-	-
Euro IV	2005	1,0	0,1	0,08	-	-
Euro V	2008	1,0	0,075	0,06	-	0,005(DI)

diesel

Limit	Platnost	CO	HC	NO _x	HC+NO _x	PM
Euro I	1992	2,72	-	-	0,97	0,14
Euro II	1996	1,0	-	-	0,7/0,9	0,08/0,10
Euro III	2000	0,64	-	0,50	0,56	0,05
Euro IV	2005	0,50	-	0,25	0,30	0,025
Euro V	2008	0,50	-	0,20	0,25	0,005



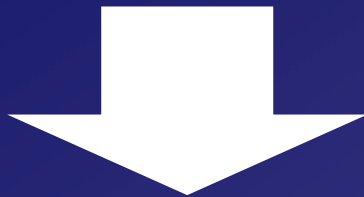
EMISNÍ LIMITY PRO (HD) VZNĚTOVÉ MOTORY (g/kWh)



Limit	Platnost	CO	HC	NO _x	PM
Euro I	1992	4,5	1,1	8,0	0,612 / 0,36
Euro II	1996	4,0	1,1	7,0	0,25
	1998	4,0	1,1	7,0	0,15
Euro III	(1999)	1,5	0,25	2,0	0,02
	2000	2,1	0,66	5,0	0,10(0,13)
Euro IV	2005	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro V	2008	1,5	0,46	2,0	0,02



VLIV PALIVA NA EMISE ŠKODLIVIN Z PROVOZU MOTOROVÝCH VOZIDEL (PROGRAM EPEFE)



- **vlastnosti paliva mohou ovlivnit emise škodlivin**
- **vliv vozidla na emise je zhruba 6x větší než vliv paliva**
- **změna složení paliva vždy nemusí přinést obecně pozitivní výsledek při minimalizaci emisí škodlivin**
- **změna složení paliva bez současné změny v technických parametrech vozidlového parku přináší zcela minimální efekt**



REFORMULOVANÁ MOTOROVÁ PALIVA

snižování obsahu S: 1500 ppm (1992) → 500 → 350 → 50 → 10 ppm (2009)

benzín – ↘ SO_2 , funkce zařízení na úpravu spalin

diesel – ↘ SO_2 , částice, PAU, funkce zařízení na úpravu spalin

snižování obsahu aromátů:

benzín – ↘ *aromáty, benzen*

diesel – ↘ *částice, PAU*

snižování těkavosti benzinů (tlaku par) – ↘ VOC

snižování konce dest. křivky:

benzín – ↘ *CO, HC*

diesel – ↘ *částice*

přídavek kyslíkaté složky:

benzín – ↘ *HC, CO (NO_x, CO₂ – biopaliva)*

diesel – ↘ *částice, PAU, (SO₂, CO₂, – biopaliva)*





REFORMULOVANÁ MOTOROVÁ PALIVA

Úprava rafinérských technologií → nárůst investic a provozních nákladů, pokles produkce – intenzifikace výroby

Klíčový proces = DESULFURACE (DEAROMATIZACE) PALIV
nárůst spotřeby vodíku = nárůst emisí CO₂ (8 – 15 t CO₂ / t H)
hydrogenace MN → +0,8 % hm. H → +2 % emisí CO₂

EUROPIA/CONCAWE

rel. malý přímý vliv na emise škodlivin (VOC, NO_x, SO₂)

X

ACEA

významný vliv na emise škodlivin (VOC, NO_x)





ALTERNATIVNÍ PLYNNÁ PALIVA

Zkapalněné uhlovodíkové plyny (LPG)

omezené výrobní kapacity (do 5 % hm. vztaženo na ropu)

→ v EU proto nejsou zařazeny mezi významná mot. paliva

nejvíce rozšířená alternativní PH (v ČR cca 300 000 vozidel, 800 ČS)

dobrá infrastruktura (distribuce), dobrá manipulovatelnost

(tankování), **výhodné emisní vlastnosti (nearomatické palivo, nízké emise CO a PM)**

aktuální cena = 14,50 – 15,50 Kč/l

nevýhody → požární rizikovost, problémy s kvalitou (olefiny, S)

Zemní plyn (CNG, LNG)

hlavní alternativní plynné palivo budoucnosti

→ podíl v EU v r. 2010 2 % , v r. 2015 5 % , v r. 2020 10 %

palivo pro městské aglomerace (MHD, taxi, zásobování)

nutný rozvoj infrastruktury (v ČR 7 plnicích stanic)

výborné emisní vlastnosti (NMHC, CO, NO_x, PM, hluk),

dobrá požární rizikovost (výbušnost, zápalnost)

aktuální cena = 18,00-20,00 Kč/kg (12,00 – 15,50 Kč/m³)

nevýhody → nízký obj. energ. obsah (časté tankování),
nárůst hmotnosti (tlakové láhve)





ALTERNATIVNÍ PLYNNÁ PALIVA

Bioplyn

omezená produkce, sezónní záležitost (letní měsíce), nutnost čištění (vysoký obsah CO_2 , sirných látek, vody)
místní použití pro energetické účely (výroba tepla) nebo stacionární motory (kogenerační jednotky)



Vodík

není považován za alt. palivo, ale pouze formu energie
→ podíl v EU v r. 2015 2 %, v r. 2020 5 %

palivo pro zážehové motory (**produkce emisí NO_x** , nespáleného mazacího oleje) nebo pro palivové články (rozšíření okolo r. 2010)
nevýhody → nízký energ. obsah (objemově 30 % obsahu CNG), manipulace a distribuce (výbušnost)

Vysoká energetická náročnost výroby vodíku – elektrolýza vody
el. energie z fosilních paliv = vysoká produkce CO_2
nutná el. energie z obnovitelných zdrojů (solární, vítr, voda)
1 GWh alter. el. energie → úspora 1000 t CO_2 z uhelné el.
úspora 300 t CO_2 z úspory benzínu
při zavedení vodíkového pohonu





BIOPALIVA (směrnice 2003/30/EC)

výroba motorových paliv ze zemědělské nadprodukce:

*estery rostlinných olejů (MEŘO), bio-etanol, ETBE (podíl 45 %),
bio-metanol, bio-dimetyléter*

čistá forma nebo ve směsi s ropnými produkty

plán EU → podíl v r. 2005 2 % >> meziročně 0,75 % >> r. 2010 5,75 % (3,5 %)

hlavní argumenty EU pro rozšíření biopaliv:

- * *snížení závislosti na dovozech ropy,*
- * *pomoc zemědělství, udržení kulturního rázu krajiny,*
- * *udržení zaměstnanosti (náhrada spotřeby 1 % ropných paliv v EU vytvoří 45 tis. – 75 tis. nových pracovních míst),*
- * *snížení emisí CO₂,*

nevýhody → dražší než produkce ropných paliv – dotační politika

cena ropy 20 USD / barel → cca 350 EUR / 1000 l

cena ropy >50 USD / barel → cca <50 EUR / 1000 l



Realizace směrnice EU v podmínkách ČR

1) možnosti použití biopaliv v ČR

MEŘO

5 % obj. v klasické NM – běžná distribuce (4,6 % e.o.)

směsná nafta = 30 % obj. v klasické NM – oddělená distribuce (28 % e.o.)

bionafta (100 % MEŘO) – oddělená distribuce

Bioetanol

5 % obj. (10 % obj.) v klasickém BA – běžná distribuce (3,3 % e.o. ; 6,7 % e.o.)

15 % obj ve formě ETBE (45 % hm. EtOH) – běžná distribuce (4,2 % e.o.)

5 % obj. bioEtOH + 5,5 % obj. ETBE v klas. BA – běžná distrib. (4,8 % e.o.)

85 % obj. bioEtOH + 15 % obj. uhlovodíků – oddělená distribuce

(bioEtOH ve směsi s NM, případně čistý bioEtOH – oddělená distribuce)



Realizace směrnice EU v podmínkách ČR

2) omezení spojená s použitím biopaliv

MEŘO

špatná skladovatelnost → okamžitá spotřeba, nesmí do produktovodu

detergentní vlastnosti → vymývání nečistot, ucpávání, zanášení

agresivita vůči konstrukčním materiálům → koroze, plasty, laky

horší termo-oxidační stabilita → tvorba úsad a laků ve spalovacím prostoru

Bioetanol

špatná skladovatelnost → okamžitá spotřeba, nesmí do produktovodu

detergentní vlastnosti → vymývání nečistot, ucpávání, zanášení

agresivita vůči konstrukčním materiálům → koroze, plasty, laky

vnímavost k vodě → rozsazování BA na dvě fáze → zamezení přístupu H₂O

azeotrop s uhlovodíky → zvyšování tlaku par → úprava složení BA

TVORBA ČÁSTIC PŘI PROVOZU AUTOMOBILŮ SE VZNĚTOVÝMI MOTORY

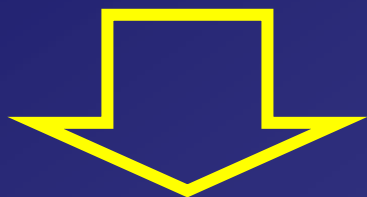


vysokotlaký vstřik paliva

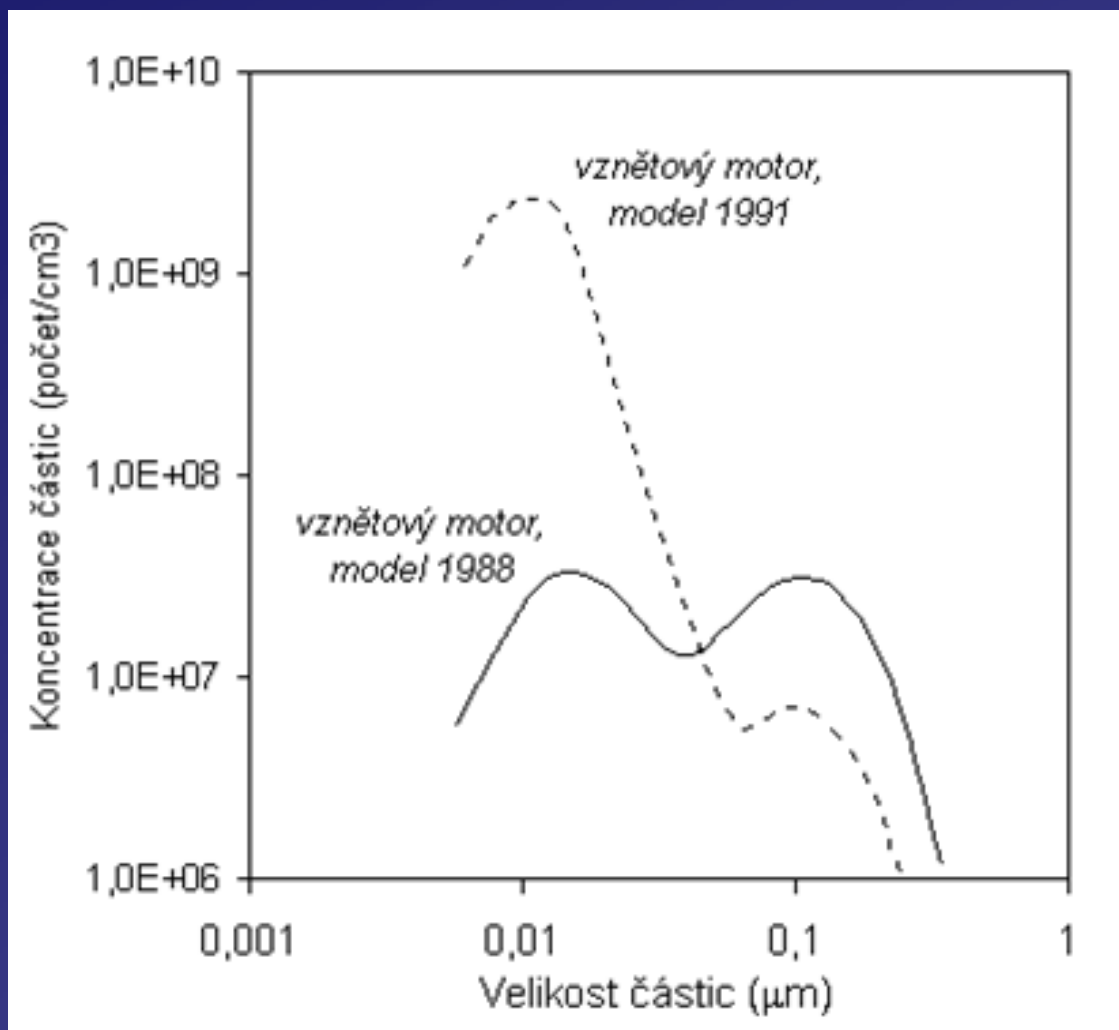
(>100 MPa)

snížení celkových
emisí částic

**zvýšení koncentrace
ultrajemných částic**



**zdravotní rizikovost
problematická detekce**



LAPAČE ČÁSTIC PRO VZNĚTOVÉ MOTORY



splnění emisních limitů EURO 4 a EURO 5



NV 0,02 g/kWh

OA 0,025 g/km

lapač + aditiva s katalytickými účinky

- organokovové sloučeniny (Cu, Co, Ce, Fe) ; aditiva do MN
- kov v nejvyšším oxid. mocenství zabudován do jádra částice
- oxidace HC v částici zachycené v lapači při teplotách cca 300°C
- ohřev spalin řízeným spalováním paliva (popel)

lapač s katalyticky aktivní vrstvou

- katalyticky aktivní kov je nanesen na filtrační vrstvu
- žádný popel
- snadná údržba

lapač s kontinuální regenerací (lapač + předřazený katalyzátor)

- katalytická konverze $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ (Pt)
- kontinuální oxidace částic v lapači při teplotě 200°C ; $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$
- nízkosírné palivo (<50 ppm)
- nutná vysoká koncentrace NO_x

TVORBA NO_x PŘI PROVOZU VZNĚTOVÝCH MOTORŮ

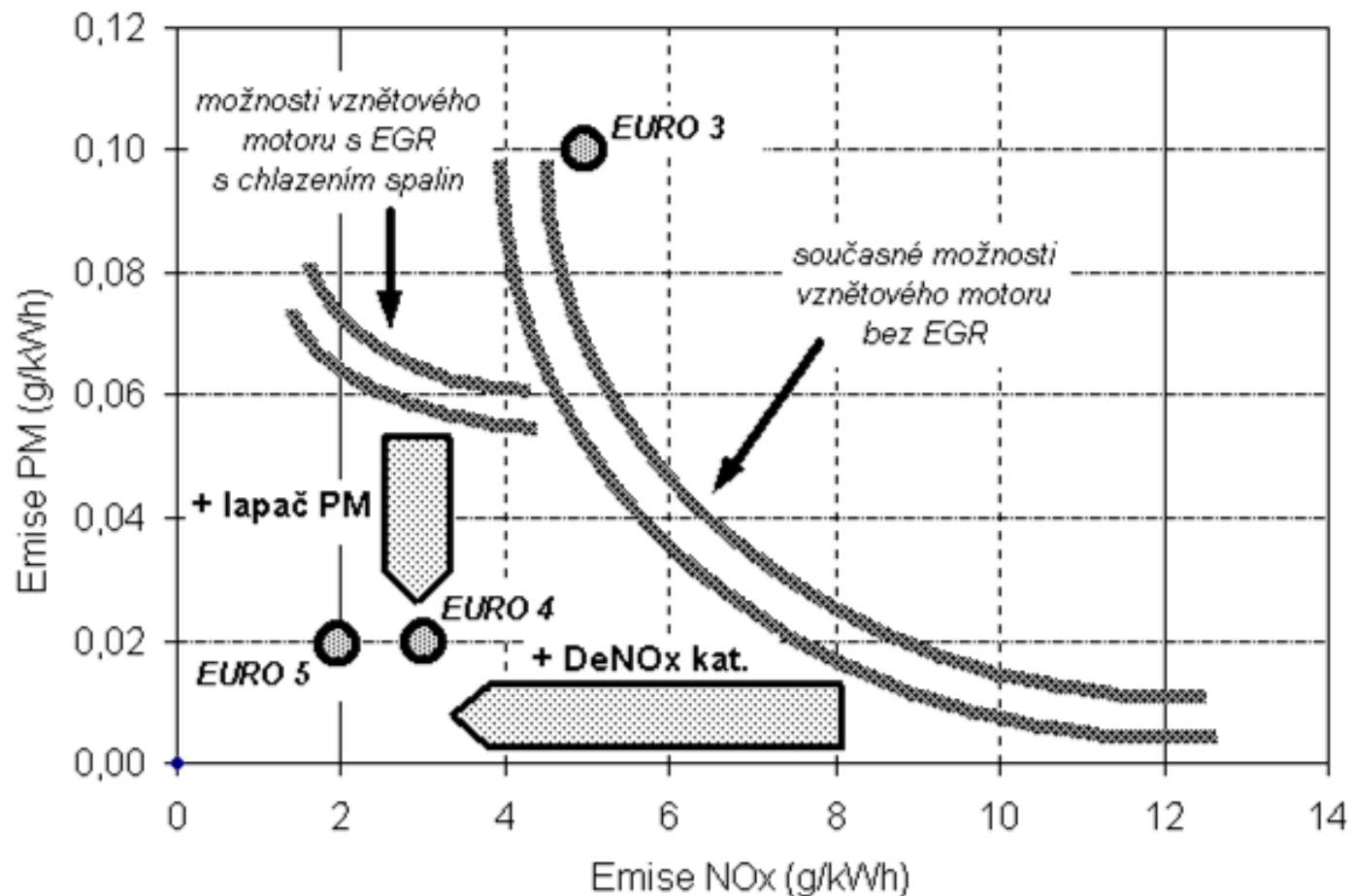


Plnění emisních limitů:

EURO 4
(3,5 g/kWh)

EURO 5
(2 g/kWh)

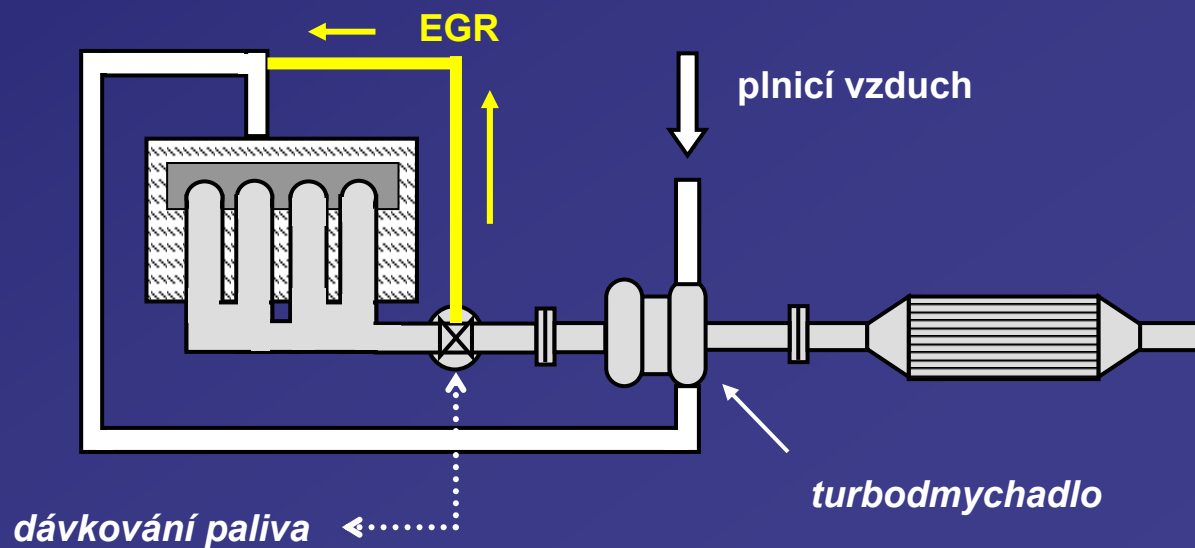
systemy EGR,
DeNOx katal.



SYSTÉMY RECIRKULACE SPALIN (EGR)



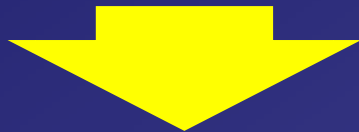
- řešení pro snížení emisí NO_x pro vznětové motory i benzinové motory
- řízené dávkování části spalin (0 – 25 % hm.) do plnicího vzduchu
 - malé zatížení motoru - dávkování většího množství spalin*
 - velké zatížení motoru - dávkování malého množství spalin*
- vliv EGR na spalovací proces:
 - a) snížení obsahu kyslíku ve spalované směsi při zachování stejného objemu plynů
 - b) snížení lokálních (špičkových) teplot ve spalovacím prostoru
- tendence k tvorbě PM
 - nutno zařadit lapač částic*
- použití mezichladiče





DeNO_x KATALYZÁTORY SE SELEKTIVNÍ REDUKCÍ (SCR)

- základní požadavek → **REDUKČNÍ SCHOPNOST V OXIDAČNÍM PROSTŘEDÍ**
- systém selektivní katalytické redukce NO_x pomocí vhodných redukčních činidel
- přesné dávkování redukčního činidla do spalin na výstupu z motoru (řízený dostřík paliva), **hledání vhodného katalyzátoru → vliv teploty a složení spalin na funkci katalyzátoru** (kat. Cu-ZSM-5 ; kat. na bázi platinových kovů)
- systém AdBlue® = vodný roztok **močoviny** 32,5 % hm, který je k dispozici v běžné distribuční síti čerpacích stanic, cena odpovídá ceně motorové nafty (ČS OMV), spotřeba cca 5 % objemu spotřebované nafty (až o 7 % nižší spotřeba paliva)
- EU udává vícenáklady 600 EUR / 100 000 km



účinnost SCR cca 65 % → emisní limit EURO 4

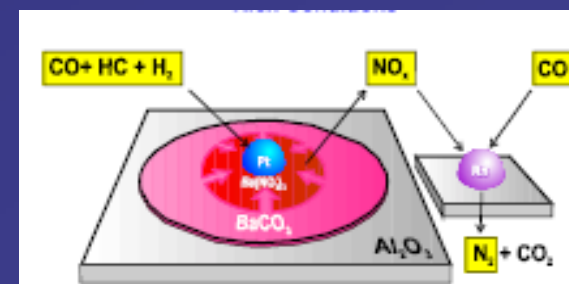
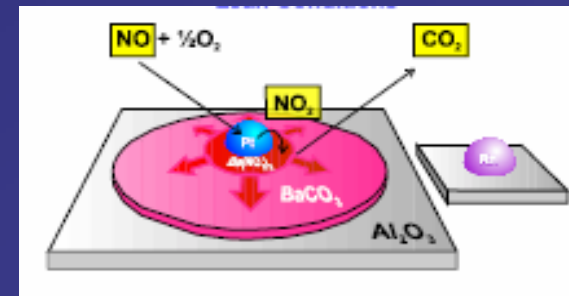
účinnost SCR cca 85 % → emisní limit EURO 5



DeNO_x KATALYZÁTORY S TZV. LAPAČEM NO_x



- princip oxidace NO_x → NO₂ (Pt) a sorpce na nosič s aktivní vrstvou na bázi Ba
- desorpce NO_x v redukčním prostředí a následná redukce na Rh → přechodné obohacení spalované směsi
- vysoká citlivost na obsah S v palivu
 - 5 ppm S → účinnost 90 %
 - 30 ppm S → účinnost 20 %





DĚKUJI ZA POZORNOST