

Nr. 5-2008 Den rene os

Fag: Kemi A/B

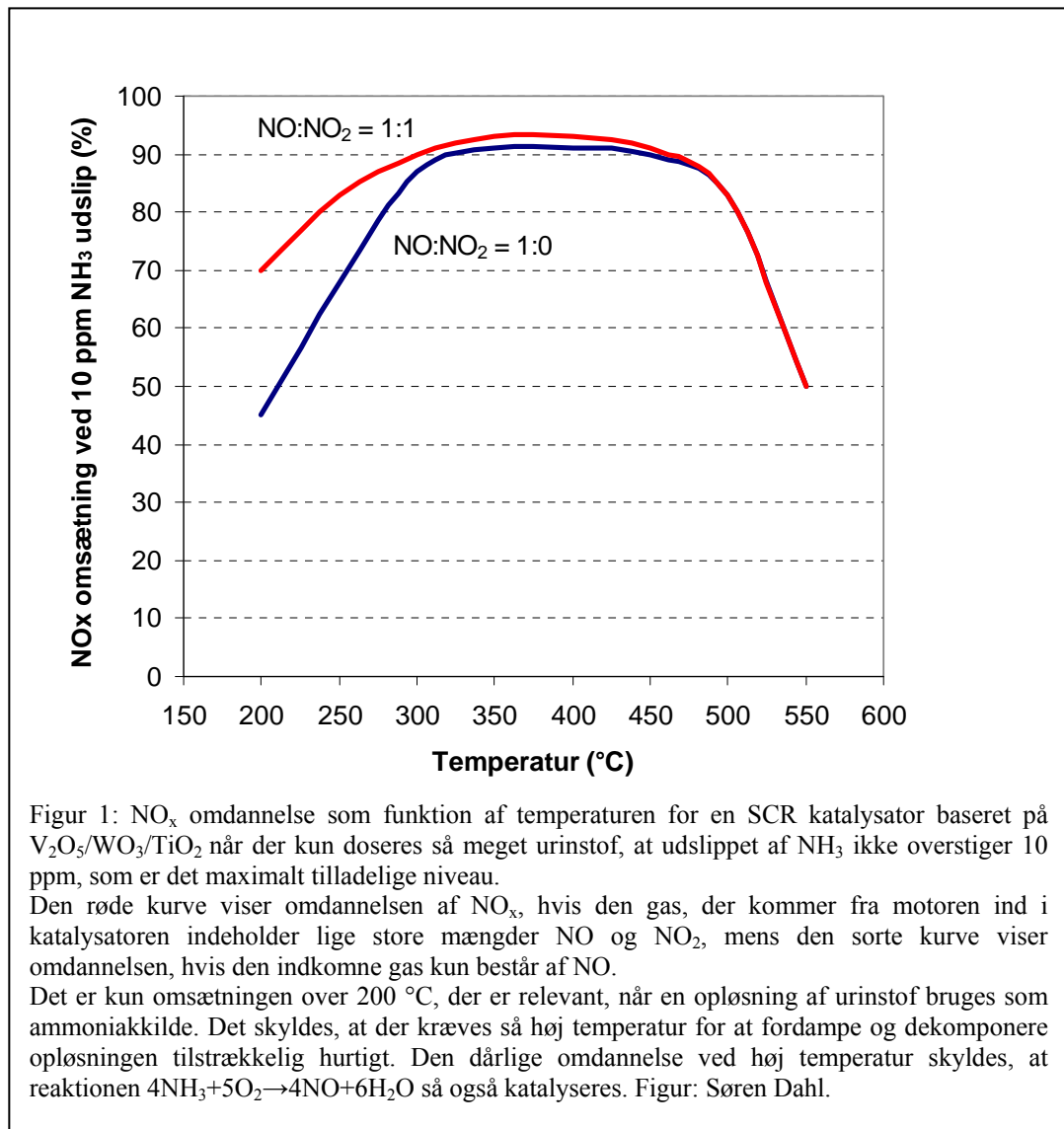
Udarbejdet af: Michael Bjerring Christiansen, Århus Statsgymnasium, februar 2009

Spørgsmål til artiklen

1. Hvilke fordele er der ved dieselmotorer i forhold til benzinmotorer?
2. Hvilke skadelige stoffer findes i udstødningsskænderne fra benzin- og dieselmotorer?
3. Hvorfor nedsætter et partikelfilter dieselmotorens effektivitet?
4. Hvilke skadelige stoffer fjernes ved selektiv katalyse og i hvilket omfang?
5. Hvorfor er det vigtigt, at den katalytiske reaktion er selektiv?
6. Hvilken løsning anvendes i dag på mange europæiske lastbiler for at reducere udledningen af skadelige stoffer, og hvorfor bruges en anden løsning for personbiler?

Uddybende opgaver og spørgsmål

7. En katalysator kan sammenlignes med en svamp, som har et meget stort overfladeareal i forhold til volumen, fordi den er så porøs. Beregn det specifikke overfladeareal i enheden m^2/g af en 1 cm^3 stor terning af titan(IV)oxid, som har en massefylde på $4,23 \text{ g/cm}^3$.
8. Beregn, hvor mange plader man kan lave af samme terning titan(IV)oxid, hvis den skæres op i lag, der er 5 nm tykke. Beregn det totale overfladeareal og dernæst det specifikke overfladeareal af den opskårne terning titan(IV)oxid og sammenlign med artiklens oplysninger.
9. Afstanden mellem ionerne i titan(IV)oxid er rundt regnet $0,2 \text{ nm}$. Hvor tykt er laget i *antal ioner* i en plade, der er 5 nm tyk?
10. Opskriv og afstem den anden selektive katalytiske reaktion, som foregår i en SCR-katalysator mellem NO_2 og NH_3 , når de eneste produkter er dinitrogen og vand. Reaktionen forløber uden tilstedeværelse af dioxygen.



11. Ved hvilke temperaturer er SCR katalysatoren vist i Figur 1 mest effektiv og hvor effektiv er den der? Katalysatorens temperatur kan ligge mellem 25-550 °C, men ligger ved normal kørsel typisk i intervallet 300-450 °C. Er det hensigtsmæssigt, og hvilke problemer kan det give, hvis lastbilen har mange stop undervejs?
12. Er SCR katalysatoren mest effektiv til at omdanne NO eller NO_2 og i hvilket temperaturinterval har det størst betydning.
13. Ca. 90 % af NO_x gasserne fra motoren udgøres af NO svarende stort set til den sorte linje i Figur 1. Hvor meget kan omdannelsen af NO_x øges i *procent* ved henholdsvis 200, 250 og 300 °C, hvis der i gasserne fra motoren er lige store mængder NO og NO_2 . (NO_2 mængden kan øges ved at placere en oxidationskatalysator foran SCR katalysatoren, hvorved NO oxideres til NO_2 .)
14. En moderne lastbilmotors nyttevirkning er 35% under drift. Beregn, hvor meget diesel i g/kWh nyttiggjort energi en sådan lastbil bruger. Dieselolies brændværdi kan sættes til 12 kWh/kg.

- Undervisningsmateriale til udvalgte artikler fra tidsskriftet *Aktuel Naturvidenskab* •
- Se mere på www.aktuelnaturvidenskab.dk •

15. Udledningen af NO_x fra en moderne lastbilmotor er typisk 4 g/kWh. Vi antager nu, at den eneste reaktion, der foregår i katalysatoren, er reaktionen mellem NO og NH_3 , som står afstemt i artiklen. Beregn, hvor meget urinstof der skal bruges per kWh for at bringe NO_x udledningen ned, så den opfylder de kommende krav på 0,4 g/kWh.
16. I artiklen er en tabel over nuværende og fremtidige krav til udledningen af NO_x for diesel-personbiler angivet i g/km, mens kravene for lastbiler er angivet i g/kWh. For at kunne sammenligne tallene skal kravene for lastbilerne omregnes til g/km.
En moderne lastbilmotors nyttevirkning er 35% under drift. Dieselolies brændværdi kan sættes til 10,5 kWh/L og en typisk 35 ton lastbil kører i gennemsnit 2,6 km/L. Beregn med disse tal den maksimalt tilladte udledning af NO_x i g/km med både de nuværende og fremtidige krav.
17. Sammenlign de fundne tal for lastbilerne med tallene for personbiler og kommenter forskellene. Hvorfor må lastbiler mon udlede mere NO_x per kilometer end personbiler?

Perspektiverende opgaver og spørgsmål

18. Rundt omkring på tankstationer i hele Europa kan man nu tanke AdBlue (se billedet herunder). Undersøg via internettet hvad AdBlue er for et stof, og hvad det bruges til.



Ref: http://www.air1.info/sp/news_media/press_releases/2006_07/minibulk_installation_spain_sp.html

19. Katalysatorer kan som følge af deres opbygning udsende katalysatormateriale i form af nanopartikler, som kan være potentielt skadelige. Undersøg, hvilken viden man har om de mulige skadevirkninger fra nanopartikler (kapitel 16 i *Nanoteknologiske Horisonter* kan være et godt sted at starte, se referencelisten).

- Undervisningsmateriale til udvalgte artikler fra tidsskriftet *Aktuel Naturvidenskab* •
- Se mere på www.aktuelnaturvidenskab.dk •

I rapporten *Samfundsøkonomisk analyse af NO_x reduktion* har man lavet en såkaldt cost-benefit analyse (CBA) ved i 2009 at eftermontere SCR-katalysatorer på alle lastbiler fra 1999-2006, se tabellen herunder. Nettonutidsværdien (NPV) ved at gøre dette er opgjort til 222 millioner kr. Værdien af miljøeffekten fremkommer ved en vurdering af de helbredsmæssige fordele for befolkningen, ved at den udsættes for færre skadelige stoffer. Den afledte miljøeffekt skyldes, at katalysatoren også reducerer mængden af uforbrændt brændstof og sodpartikler.

År	Investering og drift mill kr	Miljøeffekt NO _x Tons	Værdi miljøeffekt	
			NO _x mill kr	Afledt Mill kr
2005	0	0	0	0
2006	0	0	0	0
2007	0	0	0	0
2008	0	0	0	0
2009	1203	3481	297	41
2010	123	3279	280	39
2011	116	3074	262	36
2012	108	2865	244	34
2013	101	2652	226	31
2014	93	2436	208	29
2015	85	2216	189	26
2016	76	1992	170	24
2017	68	1765	150	21
2018	59	1534	131	18
2019	51	1299	111	16
2020	42	1060	90	13
2021	34	844	72	10
2022	26	649	55	8
2023	20	480	41	6
2024	16	395	34	5
2025	11	280	24	4
2026	7	193	16	3
2027	5	116	10	2
2028	4	85	7	1
2029	3	64	5	1
2030	2	52	4	1
2031	0	0	0	0
2032	0	0	0	0
2033	0	0	0	0
2034	0	0	0	0
NPV	1462	17342	1478	206
CBA NPV mill.kr.				222
Omkostning mill.kr./år (30 år)				91
Omkostning kr./kg				72

Tabel 13-7 fra rapporten

20. Kontrollér, at tallet på de 222 millioner kr. stemmer og beregn miljøværdien af NO_x reduktionen i kr/kg.
21. Diskutér, om man altid kan værdisætte miljøeffekter, og om nettonutidsværdien (NVP) ved en cost-benefit analyse nødvendigvis altid skal være positiv.

- Undervisningsmateriale til udvalgte artikler fra tidsskriftet Aktuel Naturvidenskab •
 - Se mere på www.aktuelnaturvidenskab.dk •
-

Til læreren

Artiklen kan oplagt indgå i et tværfagligt samarbejde med samfundsfag – eventuelt et AT-forløb. I det tilhørende undervisningsmateriale til heftet Nanoteknologi kan man finde inspiration til forsøg omhandlende katalysatorer.

Enkelte af ovenstående spørgsmål er bearbejdet fra materiale, som artiklens forfatter Søren Dahl, nu Danmarks Tekniske Universitet, tidligere har lavet. Tak til Søren Dahl for hjælp i forbindelse med udarbejdelsen af dette materiale.

Relateret materiale

Erik Pawlik og Sven Erik Lorenzen, Katalysatorkemi, Kemiforlaget, 1993

[Nanoteknologiske Horisonter](#), Danmarks Tekniske Universitet, 2008
(<http://www.nano.dtu.dk/Laerebog.aspx>)

[Nanoteknologi](#) – 12 historier om den nyeste danske nanoforskning, inano, Aarhus Universitetsforlag, 2006. Tilhørende undervisningsmateriale kan findes [her](#).
(<http://www.inano.dk/information/undervisningsmateriale-i-nanoteknologi-til-gymnasiet/gymnasieinfo/>)

Jeppe Vang Lauritsen, Stig Helveg og Flemming Besenbacher, [Katalyse på nanoskala](#), Aktuel Naturvidenskab nr. 1, 2001
(<http://infolink2003.elbo.dk/Naturvidenskab/bruger/Recounter.asp?which=8303>)

Om SCR-katalysatorer

<http://ing.dk/artikel/65209-gennembrud-for-dansk-katalysator-til-bilindustri?highlight=Grundfos>
<http://www.topsoe.com/>
<http://www.climateinds.dk/ressourcerum/transport/katalysator/>

Om de fremtidige krav til lastbiler:

http://www.mst.dk/Luft/Nyheder+luft/2007_08_17_nye+udstoedningsnormer.htm

AdBlue (søgeord: adblue)

<http://www.oliemaeglerne.dk/index.php?act=faq>
<http://shellservice.dk/productdocs/docs/750005.PDF>
<http://chemmate.yara.com/atrionsearch32web/pdf.asp?StreamId=498c4c82494ecf710000&id=498c4c82494fcfcf0001>

Miljø og samfundsøkonomiske konsekvenser af NO_x reduktion

[Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 21 2006, Samfundsøkonomisk analyse af NO_x reduktion](#)