

Napier & Son Ltd. blev etableret allerede 1808 i England og udviklede i perioden 1915 til 1955 nogle af de mest fantastiske flyvemaskine stempel-motorer. Napier Lion W12 kom i produktion i 1918 og revolutionerede industrien med uhørt rolig gang (smoothness), usædvanlig godt vægtforhold og holdbarhed. Andre kendte er den stående H-16 Rapier, modstempel Diesel-motoren Delta-24, den liggende H-24 Sabre Otto-motor med sleeve-ventiler, og Nomad Diesel bokser.

BILLED-tekst- Napier Lion opbygget med 3 rækker af 4 cylindre med indbyrdes 60° vinkel på fælles meget kort smedet krumtap monteret i rullelejer. 6 overliggende knastaksler og 48 ventiler. Slagvolumen på 24 liter, kompression i 1927 så højt som 10:1 der med trykladning 5 år senere gav 1.100 kW. Men en vægt på ~500 kg og specifikt forbrug på 198 g/kW/t på en Benzol/Alkohol blanding var dette verdens mest effektive Otto-motor og uhyre populær i 20erne.

BILLED-tekst- Efter 5 års udviklingsarbejder blev Sabre frigivet i 1941. En 2x12 cylindret vandkølet fire-takt Otto-motor med 2 krumtappe, sleeve-ventiler, 36,7 liter slagvolumen og vægt på 1.150 kg. Kontinuerlig effekt ~2.000 kW/3.850 o/m med kortvarig overbelastning på fantastiske >3.500 kW/4.200 o/m med BMEP på 3.050 kPa ved 300 kPa ladetryk. Med den overordentligt driftsikre motor i en Hawker Tempest jager kunne den uden problem i 1.500 meters højde, som det eneste fly i verden, indhente den tyske V-1 bombe i efteråret 1944. Den erfarne pilot kunne med katastrofale følger for V-1 bringe dens gyroskop ud af balance ved at flyve foran eller skubbe til "Buss Bombs" vinger!!

BILLED-tekst- Den sidste Napier blev en 12 cylindret, 41,1 liters volumen, to-takt bokser Diesel-motor med vægt på ~1.600 kg. Trykladet til 830 kPa af en 12 trins aksial kompressor drevet af en tre-trins compound aksial turbine over en Baird kobling mekanisk koblet til krumtappen. Under start kunne den med vandindsprøjtning tåle overbelastning til 3.110 kW/2.050 o/m svarende til BMEP på ikke mindre end 1.330 kPa. Kontinuerligt 1.700 kW/1.900 o/m med et for den tid usædvanlig lavt specifikt forbrug på 218 g/kW/t.

BILLED-tekst- Napier Nomad NNM8 med afterburner og intercooler vejede 80 kg mere og det ypperste indenfor aero-stempel-motore med kontinuerligt 2.110 kW/1.900 o/m. Den ekstra brænder påvirkede både partikel og HC emissions udslippet positivt. Nomad var færdig først i 1950erne og blev noget overraskende overhalet af jetmotoren med betydelig dårligere økonomi. Vægt/effekt forholdet var så lavt som 375 gram/kW der gjorde den lettere end de fleste Otto-motore.

Naturgas udvindes i Danmark fra borer i Nordsøen og transporteres gennem en 217 km lang stålørledning under 800 kPa tryk til fastlandet. I 1995 blev der produceret $5,16 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Typisk sammensætning	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄ Methan	Ethylen Ethan	Hydrogensulfid
1896 Amerika	0,35	0,3	8	80	10	
1996 Nordsøen				90	5	~0,1%

Med *oktantal* >130 er naturgas et udmærket drivmiddel for gnisttændingsmotorer.

Specifikation 1996	Energi MJ/kg	Energi MJ/m ³	Kogepunkt ved 101,3 kPa	Densitet ved 0°C og 101,3 kPa	Teoretisk luft behov kg/kg
CH ₄ - C ₂ H ₆	47,7		÷162	~0.83 kg/m ³	

CNG betyder Compressed Natural Gas og bør ikke sammenlignes med Biogas, der skabes ved en biologisk gæringsproces. Naturgas har kun 0,8 promille af Benzins energitæthed og skal for rimelig opbevaring klemmes på tanke ved tryk >200 Bar, der øger gassens vægtfylde med en faktor 175 til 140 g/liter (140 kg/m³). Energitætheden i 1 m³/0,83 kg naturgas er ~39 MJ og svarer nogenlunde til en liter diesellole/Benzin. CNG er altid på gasfase, da det kræver konstante temperaturer _{162°C} for at holde naturgas flydende som LNG. Med et tankvolumen i området af 250 kg, opnås en aktionsradius for en bus i området af 250-300 km.

ANG, Absorbed Natural Gas er et koncept for opmagasinering af 150 volumer gas i et volumen porøst materiale ved et relativt lavt tryk på ~35 Bar.

Sammenligning af energitæthed mellem forskellige drivmidler - MJ/liter									
LNG	CNG ved _{100°C}			LPG	ANG - 35 Bar		Methanol	Diesel	Batteri EL
	20 Bar	100 Bar	200 Bar		10 Bar	Nutidig			
23	0,8	3,8	7,6	29	3,8	~6	13	37	0,2-0,3

Fleere Diesel-motor producenter tilbyder konverterede Diesel-motorer beregnet for kommercielle busser og lastbiler.

Naturgas emission fra en amerikansk Dodge Dakota pickup med V8 5,2 liter Otto-motor målt af EPA i 1994.

Emission - g/km	CO	HC	CH ₄	NO _x
CNG drift motor udslip	8,1	0,92	0,86	1,43
CNG drift med 3WC	0,5	0,17	0,17	0,12

Konventionelt styringsystem som leveret f.eks. af Mesa.

Naturgas - elektronisk indsprøjtning - med closed-loop styring..... for automotive køretøjer hører til det senest udviklede. CFI Systems Inc. i Canada fremstiller et system udviklet af Ortech ligeledes i Canada. Det micro-processor baserede system kan tilpasse sig forskellige kørsels mønstre med adaptiv hukommelse. Kan sættes op som bi-fuel eller mono-fuel. Konceptet arbejder efter speed-density princippet uden Lambda sensor og baserer beregninger på temperatur og tryk på både luft og naturgas. Følgende standard sensorer danner basis for data-input: Manifold Absolute Pressure - MAP, Barometric Absolute Pressure - BAP, Fuel Absolute Pressure - FAP, Fuel Regulated Temperature - FRT, Intake Air Temperature - IAT, Manifold Skin Temperature - MST og omdrejninger. Udmåling (metering) af gas mængden foretages af en styringsblok med 7 ventiler hvor den største flower 10 gange mere end den mindste. Respons tiden er bedre end 3/1000 sekund. Regulerings forholdet er 150:1 hvorfor systemet kan regulere mellem 35 og 240 kW.

Emission - g/km	CO	HC	CH ₄	NO _x

Konceptet er certificeret til en lang række motorer af CARb for LEV standar, f.eks. også på Detroit Diesel serie 50 til gnisttænding konverteret Diesel-motor. Se også LPG - elektronisk indsprøjtning.

Naturgas konverterings systemet kommer fra f.eks. Mesa Environmental Inc. og OHG Inc. i USA. Ved en *emissions sammenligning* er CNG identisk med LPG hvilket typisk betyder samme CO₂ udslip som en Diesel-motor. Alt andet er stort set betydeligt reduceret også støj, dog ikke motor effekt. Motoren kan sættes til at køre magert for yderligere at sænke NO_x emission, hvilket kan give problemer med forøget HC udslip. En oxiderende katalysator kan være nødvendigt for at holde HC emissionerne nede. *Naturgas elektronisk indsprøjtning* leveres af ganske få som f.eks. CFI i Canada og Koltec i Holland.

Naturgas køretøjer - CNG - Et par indenlandske busselskaber udførte over en periode fra 1989 sammen med leverandørerne omfattende forsøg med nogle busser ombygget for naturgas drift. Resultaterne var mindre heldige grundet den helt nye teknik. Fra 1994 til udgangen af 1996 er der i Vejle gennemført forsøg med en fabriksopbygget ny bus på naturgas. Motoren ??? er udviklet til at køre Lean-burn ??? af hvem ???. Indkøringen har været besværliggjort af en olie ?? Udfældning fra gassen. Bortset fra denne besværlighed fungerer bussen udmærket. Fra 1997 planlægges der i Odense indsættelse af 4 by-busser ombygget til CNG og DME..... hvilke ???

World wide kører i 1996 mere end 930.000 køretøjer på naturgas: 245.000 i Italien, 315.000 i Rusland, 265.000 i Argentina, 43.000 i New Zealand, 36.000 i Canada, 30.000 i USA, 6.300 i Brasilien og 50 i Sverige. - SØJLEDIAGRAM. Sammenlagt har disse køretøjer tilbagelagt over 450 x10⁶ kilometer uden betydelige uheld af nogen art. I New York kører omkring 300 Chevrolet Caprice Yellow Cab ud af i alt 8.000 ombygget til naturgas. En lille mærkat på bagklappen afslører dette.

Visse steder i Kina kan man ikke skaffe CNG tryktanke og bygger da meget praktisk en 2 meter høj tagbagagebærer på hele taget af den lokale bybus indeholdende en gummisæk opblæst med 30-40 m³ naturgas. Det ses herved ganske enkelt, når "tanken er tom" efter 120-150 km kørsel. FIGUR

IANGV, International Association for Natural Gas Vehicles, spår en stigning i CNG drevne køretøjer fra de nuværende 1 mio til 3 mio over de næste 10 år world-wide.

Naturgas personbiler - CNG - kan fra 1996 leveres af BMW i model 316 og 518 for en merpris af 7.000 DM og kun i Stuttgart området. Brændstofforbruget er identisk med kørsel på Benzin, men CO₂ udslippet er reduceret 20%, og HC er reduceret 80%. Den væsentligste begrænsning er den manglende tankfyldnings infrastruktur. Et betydeligt udviklingsarbejde er lagt i robot-tankstandere, der eliminerer ethvert spild, øger sikkerheden og er en behagelighed. Robot-fyldning ses som et betydeligt step mod brug af LNG og Hydrogen i begyndelsen af næste århundrede. Drivmidler der kræver en helt anden form for sikkerhed end kendt i dag på vores tankstationer. BILLED nr ??

Naturgas-motorer - Ford, Peugeot og Continental, m. fl. fremstiller CNG motorer i effektklassen 30-73 HK, Perkins Phaser motorer i effektklassen 156 kW og Cummins L10G i effektklassen 180 kW. Middelstore stempelmotorer 100-500 kW fremstilles af Iveco-Aifo, MAN, Caterpillar, Deutz, Scania, John Deere og TMW. De helt store kraftvarmeanlæg baseret på stempelmotorer leveres af Frichs, Jenbacher, Waukesha, Ulstein Bergen, Cooper-Bessemer og Wätsilä. Her opnås typisk en 35-40% elektrisk total virkningsgrad, 50-55% til fjernvarme og resten i varmetab. BILLED

Nelson Inc. i Wisconsin, USA, er en større amerikansk producent af lyddæmper systemer til motorer. For 20 år siden lanceredes et krumtaphus ventilations systems for maine og stationære maskiner. Især i kompakte motorrum opnåedes gennem langt mindre olietåger et bedre miljø, mindre olie i lokalet og længere luftfilter levetid. Siden markedsført olietåge/gas separation på 50-2.000 kW motorer for at eliminere krumtaphus emission. 99% af olietågerne separeres og returneres som væske til oliereservoir, og den "rene gas" sendes til indsugningssystemet.

Olietåge dråbestørrelsen ligger gerne i området 0,1-10 mm. EcoVent Recirculator dimensioneres efter "blow by" og ligger i området fra 120-720 liter/min, men kan udmærket monteres dobbelt. Dansk importør er Actec tlf: 56217196. BILLED nr ??

NewPack® er et af forfatteren udviklet koncept af indpakkings-materialer til erstatning for de af 3M udviklede *Interam*® måtter, med lignende ekspanderende egenskaber for mere kosteffektiv anvendelse. Den interessante egenskab ved produktet er, at på grund af Vermiculite indholdet udvider NewPack sig under opvarmning. Herved presses keramikken "forsigtigt" fast inden i metal containeren. FIGUR

Nextel® Cartridge som Diesel partikelfiltre, er opbygget ved kryds vikling af *Nextel keramisk* tråd i lagtykkelser af 15 mm på et perforeret stål rør ~Ø30 mm i længder mellem 300 og 600 mm. Modtryksopbygningen er set i forhold til WFF noget anderledes og hurtigere. Det er ikke muligt med en cartridge, patron at designe systemer med samme kompakte størrelse og lave udstødningsgas modtryk som med et WFF monolith. En Cartridge har større afhængighed af en sod-kage for høje filtreringstal end et WFF. I kraft af systemets natur er en Cartridge meget tolerant overfor mekaniske vibrationer og thermale chok.

I Rumænien har der siden 1994 kørt 15 RABA-MAN bybusser med Cartridge baserede systemer og SAT/Ferrocene *dieselolie additiv* med udmærket resultat. BILLED

Ernst har solgt et par hundrede systemer til kommunale lastbiler i Tyskland. BILLED nr. ??

Diesel filter - reduktion i %	Modtryk	CO	HC	NO _x	TPM
VW 1,9 AFD - 37 kW / 3.000 o/m	<10 kPa	0	0	ingen	75-90

Da *Mercedes Benz* sidst i 80'erne lancerede deres partikelfilter system med additiv indsprøjtning regenerering, var det baseret på 3M Cartridge princip fremstillet af Mann&Hummel. *Ernst* er stort set den eneste større bruger midt i 90'erne.

En smart feature er den elektrisk opvarmede Cartridge. Perforering af det centrale stålrør sikrer et reduceret tværsnit, der således elektrisk kan agere som varmelegeme ved at påtrykke 12-24 volt og 400-1.000 watt. Da bekviklignen er at opfatte som en isolering, sker opvarmningen på <10 min. Engelhard er stort set den eneste bruger af denne teknologi for deres STX system midt i 90'erne til gaffeltrucks.

I USA har Engelhard oplevet problemer med nedsmeltning af aske akkumuleringer ved ukontrollerede regenereringer. Filterrørene må ikke på noget tidspunkt udsættes for temperaturer over 900°C, hvilket kræver betydelig opmærksomhed i designfasen. Forsøg kørt med *dieselolie additiv* på busser har vist langtidts problemer med askerest i beviklingen under *vedligeholdelse af partikelfilteret*.

I Danmark benyttes STX på et par mindre gaffeltrucks. BILLED ENGTECH

Nextel® keramisk fiber er fremstillet af 3M Inc. i USA og baseret på materialet Aluminium-Bor-Silikat spundet til et fiberbundet. Hvor de specielle materiale egenskaber gør, at tråden beholder sin smidighed også under opvarmning til så høj temperatur som 1200°C. De 10-12 mm tykke fibre spindes til en tråd, der kan sammenlignes med en 1 mm tyk konventionel glasfiber tråd, der dog knækker ved <600°C. Da fibrene er >10 mm tykke, opfattes eventuelle afknækkede stumper ikke som respirable (grænsen er her <5mm). Nextel er desuden velegnet til højtemperatur *isolering* som klæde, bændler, strømpær og til fremstilling af filterposer for højtemperatur filtrering af støv fra industrielle gasser. FIGUR

Newton er en i det metriske system grundenhed for kraft. Een Newton er den kraft som giver massen et kilo accelerationen 1m/s². Opkaldt efter Isaac *Newton*.

Newton, Isaac (1643-1727) en betydelig engelsk matematiker og fysiker der var en af hovedgrundlæggerne bag den klassiske fysik. Opstillede på basis af Galileis og Keplers love tre generelt bevægelseslove samt loven om masse tiltrækning mellem to legemer. BILLED

Newton var overbevist om tilstedeværelsen af en almægtig skaber. Han havde derfor fået en finmekaniker til at fremstille en miniature model af vores solsystem. "En dag da Newton sad og læste i sit studerværelse, hvor den mekaniske model stod på et bord ved siden af ham, trådte hans vantro ven ind. Videnskabsmand som han var, så han straks hvad han havde for sig. Han trådte hen til modellen, drejede håndsvinget og iagttog med utilslørt beundring hvordan himmellegemerne alle bevægede sig i deres relative hastigheder i deres baner. Han trådte et skridt tilbage og udbrød: "Det må jeg sige! En genial indretning! Hvem har lavet den?" "Uden at se op fra bogen svarede Newton: "Ingen!" Den vantro vendte sig hurtigt mod Newton og sagde: "Du forstod åbenbart ikke mit spørgsmål. Jeg spurgte hvem der har lavet den". Nu så Newton op og forsikrede ham højtideligt at ingen havde lavet den, men af denne så højt beundrede stofansamling blot tilfældigt havde antaget den form den nu havde. Den forbløffede vantro svarede ret iltet: "Du må jo tro jeg er en tåbe! Naturligvis er der en som har lavet den, og han er et geni; jeg kunne godt lide at vide hvem det er". Newton lagde sin bog til side, rejste sig og lagde hånden på sin vens skulder: "Den er blot en sølle imitation af et langt mere storslået system hvis love du

kender, og jeg kan ikke overbevise dig om at denne, som kun er et stykke legetøj, ikke er udtænkt eller lavet af nogen; dog hævder du at tro at det storslåede system, som den kun er en model af, er blevet til uden at nogen har udtænkt eller skabt det! Sig mig, ved hvilket ræsonnement kommer du til en så urimelig slutning”
Gengivet ordret fra tidsskriftet Minnesota Technolog, Oktober 1957.

NGK Ltd. er en af Japans største keramiske virksomheder med speciale blandt andet i tændrør af porcelain, keramiske motorkomponenter som turbiner til turboladere og sliddele til knastaksler i SiN (SiliciumNitrid). I skarp konkurrence til Corning fremstiller NGK på en af USAs regering tvungen licens helt identiske keramiske substrater for katalysatorer og dieselfiltre af Cordierite. Årsagen er monopolagtige forhold hvis Corning var på banen samt frygt for leveringsproblemer hvis en af de ganske få fabrikker brændte. NGK Ltd. har flere fabrikker i Japan og een katalysator monolith fabrik i Europa lokaliseret i Belgien.

Nissan gaffeltrucks

.....
.....

Nitrogen er et grundstof, en farveløs, ikke giftig, lugtfri gas, der er tungere end atmosfærisk luft. Nitrogen er formentlig bedre kendt under den gamle danske betegnelse kvælstof.

Symbol	Atomnummer	Atomvægt	Densitet
N	7	14,0067	1,2506

Vores *atmosfære* består af ~78% Nitrogen, meget passende da en højere koncentration af Oxygen ville forårsage betydelig brandfare. Nitrogen kan ikke nære en forbrænding. Faktisk kvæler Nitrogen en forbrænding ved at fortrænge Oxygen, deraf det gamle danske navn. Nitrogen blev opdaget i 1772 af Daniel Rutherford. Navnet stammer af græsk: zoe (liv). Nitrogen indgår i forskellige Nitrogenoxider, No_x.

Nitromethan er fra gruppen Nitro-paraffiner, et såkaldt *High Energy Fuel*, ud af en håndfuld forskellige særdeles farlige drivmidler. Opdaget af H.Kolbe i 1873, men først i 1938 opdagede D.S.McKittrick af det var anvendeligt som et noget voldsomt motorbrændstof tilsætning. Vic Edelbrock prøvede det som en af de første i 1947 en blanding med Nitromethan på racerbiler. I 1957 blev Nitromethan forbudt til race af forskellige organisationer som NHRA (National Hot Rod Association) grundet bekymring over alt for store hastigheder. Siden 1964 hvor det atter blev tilladt har det fuldstændigt ændret den gren af motorsporten til en kolossal pengemaskine.

Specifikation	Energi MJ/kg	Damptryk kPa 37C	Smeltepunkt °C	Kogepunkt °C ved 101,3 kPa	Densitet ved 0°C - 101,3 kPa	Teoretisk luft behov kg/kg
CH ₃ NO ₂	18,1	96,5	÷28	101	1,121 kg/m ³	4,1:1

Nitromethan giver en relativt langsomt forbrænding der dog frigør store mængder kemisk bundet Oxygen der nærer forbrændingen af det i blandingen tilsatte primære drivmiddel, evt. Methanol. Da Nitromethan desuden har lavt Oktantal duer det ikke alene som drivmiddel, men må tilsættes et primært brændstof. Nitromethane er meget korrosivt og skal for længere tid opbevares i glasbeholdere. Karburatorer, motor, slanger der kommer i kontakt med Nitromethan skal renses, skylles efter de få minutters brug til race. Fremstilles af Sonoco og Angus i USA og koster en faktor 8 mere end Benzin. BILLED

Se desuden Race-motor drivmiddel sammensætning, dragster, traktor-pulling og Go-karts.

Nitrogenoxid - (gammelt dansk Kvælstofilte), en lugtfri og ikke giftig gas.

Specifikation	Energi MJ/kg	Damptryk kPa 37C	Smeltepunkt °C	Kogepunkt °C ved 101,3 kPa	Densitet ved 0°C - 101,3 kPa
NO	0		÷164	÷152	kg/m ³

NO_x *emission* i byer skabes primært som en oxidation af Nitrogen til NO, der siden oxideres til NO₂ under forbrug af O₃. Dette sker i løbet af minutter efter emissionen fra en forbrænding. Der opstår en steady state tilstand mellem O₃, NO₂ og NO, defineret ved ligevægten: O₃ + NO = NO₂ + O₂. Solindstråling og Ozon indholdet er den væsentligste faktor for oxidation af NO til NO₂. På vores breddegrader er NO til NO₂ konvertering derfor væsentlig langsommere end i syd Europa. Solindstrålingen er i øvrigt maksimalt 1.400 W/m² ved ækvator og i Danmark i området 700 Watt om sommeren og svinger mellem 10-400 W efterår og vinter.

N₂O - se Dinitrogenoxid

NO - se Nitrogenoxid

NO₂ er en forkortelse for Nitrogendioxid. Det er en rødbrun gas med en stikkende og karakteristisk lugt. NO₂ er uhyre farlig for mennesket ved blandt andet at nedbryde lungevævet, pga. dannelse af nitrat, nitrit, HNO₂ (salpetersyrling) og HNO₃ (salpetersyre) i lungerne. Optræder både som gas og væske da kogepunktet er så lavt

som 22°C. I atmosfæren opstår der efter emission fra forbrænding af fossilt brændstof lynhurtigt en steady state tilstand mellem O₃, NO₂ og NO. Se desuden NO_x.

NoTox® Diesel Filter substrater er dansk udviklet af Stobbe Engineering A/S i perioden 1986 til 1997.

NoTox A/S i Hedehusene fremstiller porøse keramiske produkter til separation af partikler fra varme gasser baseret på Silicium Carbide og optræder på markedet som *System Producent*.

NO_x er en forkortelse for Nitrogenoxider, det vil sige kemiske forbindelser mellem den atmosfæriske lufts indhold af Oxygen og Nitrogen. Menneskeskabt NO_x opstår som følge af en forbrænding ved temperaturer over 1.300°C hvor reaktionen starter voldsomt. NO_x har en central rolle for den fotokemiske aktivitet i troposfæren, dvs. de nederste ca. 8-18 km af atmosfæren. NO_x bevirker, at der forløber kædereaktioner, hvor OH gendannes og produceres ved en samtidig dannelse af Ozon. NO_x reduceres i atmosfæren ved reaktion af NO₂ med OH under dannelse af salpetersyre, HNO₃, der deponeres med nedbøren gennem reaktionen NO₂ + OH = HNO₃ på jordoverfladen.

NO_x emission fra danske kraftværker er stort set ens set over de sidste 20 år, med 71 x10³ ton i 1977 over 120 x10³ ton i 1986 til 73x10³ ton i 1995. Den faktiske reduktionen er sket på trods af stigende energiforbrug og skyldes en kombination af øget anvendelse af specielle brændersystemer og effektiv røggasrensning.

NO_x emission fra stempelmotorer er grundlæggende således, at en Otto-motor udsender omkring 4 gange så meget som en tilsvarende Diesel-motor. Når Otto-motoren kombineres med en 3-vejs katalysator, reduceres NO_x emissionen til et niveau på omkring 2/3 af emissionen for en Diesel-motor. Sammensætningen fra Diesel-motorer er i store træk således, at indtil 10% af det totale NO_x er NO₂, og mere end 90% er NO. I naturen oxiderer NO iøvrigt til NO₂ dog i løbet af typisk 5-60 minutter, bestemt af den aktuelle Ozon koncentration blandt andet ved reaktionen NO+O₃ = NO₂. Koncentration af Ozon svinger i Danmark svinger mellem 10-100 ppb med et gennemsnit på 40 ppb i byområder typisk ved jordoverfladen.

Det er ikke motor teknisk muligt at reducere NO_x emissionen til under 5 g/kW/t for tunge køretøjer, som foreslået i USA, uden drastiske ændringer som montering af partikelfilter i kombination med EGR. Eller for mange år helt urealistisk *NO_x selektiv katalytisk reduktion* for Diesel-motorer.

Kun på automobiler og varevogne er der p.t. originalt monteret EGR. Indførelse af katalysatorer og EGR efter Otto-motorer på personbiler har reduceret udslipper till ?? 1965.

..... til i 1996 gennem SCS ???

SKEMA - SKEMA Otto -LPG gaffeltrucks -lastbiler --- etc..

NO_x emission i naturen foregår i forbindelse med forskellige biologiske processer og forrådnelse. Denne er af samme størrelsesorden som den menneskeskabte NO_x emission.

NO_x formation i en Diesel-motor foregår i forbrændingskammeret, hvor der lokalt forekommer temperatur- og tryk-spidser, der danner grundlag for de kemiske reaktioner, blandt andet som følge af in-homogen blanding af brændstof og luft. Anvendelsen af *ladeluftkøling* har på sin vis en dobbelt effekt. Ud over at øge effekten på grund af den større massefylde i luften opnås samtidigt en lidt lavere forbrændingstemperatur, der reducerer dannelsen af NO_x i motoren. Se også EGR. mere materiale kommer.....

Dannelse af NO i en forbrændingsmotor kræver to betingelser. For det første skal der være tilstrækkelig Oxygen til stede. For det andet skal temperaturen være tilstrækkelig høj. Flammtemperaturer er afhængig af forbrændingsprocessen og motordesign. I forbrændingsmotorer kan man normalt sige, at temperaturen skal være højere end 1800°C, for at NO dannelsen bliver væsentlig. Denne temperatur opnås i stempelmotorer kun i en kort tid efter, at forbrændingen er sket. D.v.s. at NO dannelsen kun sker i forbrændingsprodukterne, lige efter brændstoffet forbrændes. For at begrænse NO dannelsen fra motoren skal man justere forbrændingsbetingelserne således, at temperaturen under forbrændingen sænkes. Dette resulterer i lavere virkningsgrad og en forøget partikel udslip i motorer, der kører på dieselolie.

I praksis har lovgivning og den teknologiske udvikling medført, at NO_x emission fra tunge Diesel-motorer til lastbiler er reduceret fra 16 g/kW/t i 1965 til 6-8 g/kW/t i 1995 ved motor forbedringer og montering af udstyr som *ladeluftkøling*. Det er ikke muligt at reducere NO_x emissionen under 5 g/kW/t for tunge køretøjer, som foreslået i USA, uden drastiske ændringer som montering af partikelfilter i kombination med EGR.

NO_x formation i forbrændingsanlæg med stationære forhold stiger NO_x formationen voldsomt over ~1.400°C hvorfor der gennem søges mod

.....

NO_x formation i en Otto-motor er meget afhængig af luftoverskudstallet, λ = Lambda, der angiver blandingsforholdet mellem brændstof og luft. NO_x opstår, fordi en lille smule af luftens indhold af Nitrogen oxideres ved de høje temperaturer, der opstår ved forbrændingen via følgende reaktion: N₂ + O₂ = 2 NO
NO_x formation er favoriseret ved høj temperatur og tilstedeværelse af Oxygen.

Disse to betingelser kan bruges til at forklare NO dannelsens afhængighed af brændstof/luft forholdet i Otto-motorer. Ved lille luftoverskudstal findes der ikke megen Oxygen i forbrændingsprodukterne. Derfor er NO emissionen relativt lav for fede blandinger. Når luftoverskudstallet (Lambda) stiger, så stiger Oxygen indholdet i forbrændingsprodukterne med en stigning i NO emissionen til følge.

NO_x katalytisk reduktion på Diesel-motorer kan ikke umiddelbart lade sig gøre da motoren arbejder med et Oxygen overskud til enhver tid. Svarende til Lambda til enhver tid >1,5. *NO_x selektiv katalytisk reduktion* er den eneste og for mange år ikke tilgængelig teknologi der måske kan løse dette problem.

NO_x katalytisk reduktion på Otto-motorer sker med meget fin virkningsgrad i en 3-vejs katalysator. Den væsentligste årsag er at motor princippet med fordel elektronisk styres til et minimum af Oxygen i udstødningsgassen, Lambda er til enhver tid 1,00. Se reduktions katalysator og automobil katalysator.

NO_x katalytisk reduktion på Otto-motorer med med Lambda >1 kræver speciel teknik. Mitsubishi har på de seneste persombiler med Gdi, Direkte Benzin Indsprøjtning mulighed for at lade motoren arbejde magert, hvorfor NO_x reduktion ad vanlig vis er udelukket. I Japan forsynes bilerne da med en til motoren meget tæt koblet Iridium coated monolith der på basis af de ~38 ppm Svovl i Benzinen kan reducere NO_x. Da vi i Vesteuropa typisk har Svovl i Benzinen >200 ppm er køretøjet hertil forsynet med en modificeret katalysator med stort set ingen NO_x reduktion.

NO_x mekanisk reduktion på Otto-motorer sker i praksis på flere måder: *Exhaust Gas Recirculation, ladeluftkøling* og motorstyring med Lambda sensor. Alternativt med vandindsprøjtning.

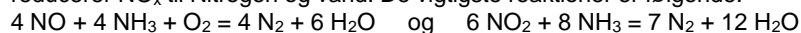
NO_x mekanisk reduktion på Diesel-motorer kan ske på flere måder: *Exhaust Gas Recirculation, ladeluftkøling, indsprøjtningstidspunkt forsinkelse* og på stationære motorer med *vandindsprøjtning* og brændstof som en *vand/olie-emulsion*.

NO_x reduktion er ikke muligt på luftoverskudsmotorer uden tilskud af et reduktions middel som urea, en vandig opløsning af amoniak. Her senest kendt som Ad Blue i Haldor Topsøe A/S regi. Gennem forsøg udført af Adratra i England er der opnået banegrydende resultater i fuldstændig reduktion (omkring 10%) af NO₂ baseret på:

- en StobbeDPF fra LiqTech
- en ikke-ædelmetal baseret oxidations katalysator from Topsøe
- dieselolie additiv fra Octel

Senest præsenteret på VERT conference I Zürich September 2003.

NO_x selektiv katalytisk reduktion for stationære anlæg foregår med stor effektivitet (80-90%) ved en process kendt som SCR, Selectiv Catalytic Reduction, introduceret af Mitsubishi i Japan i 1960erne. I den 350-420°C varme gas introduceres der Ammoniak - NH₃, som opblandes, fordampes og passerer en katalytisk aktiv monolith, der reducerer NO_x til Nitrogen og vand. De vigtigste reaktioner er følgende:



Et væsentligt driftsparameter er katalysator levetiden som, afhængig af anlæggets placering i procesforløbet, normalt er på 4-6 år. SCR foregår lige fint på gasser fra stationære Diesel- og Otto-motorer (med luftoverskud), gasturbiner, forbrændingsanlæg, kraftvarmeanlæg eller maritime anlæg. Udenfor meget velkontrollerede kraftværksområder er Ammoniak alt for farligt at anvende, hvorfor der benyttes en (normalt 40%) Urea/vand opløsning - (NH₂)CO₂ med en pris omkring 3.800 kroner/ton granulat. Ammoniak koster <2.500 kroner/ton i flydende form. Udgiften til NO_x reduktion med SCR teknikken afhænger af flere faktorer, deriblandt den ønskede rensningseffektivitet, der relaterer til reaktantforbrug i området af 22 kg/MWh Urea eller 5 kg/MWh Ammoniak. I Miljøstyrelsens handlingsplan fra 1987 blev der regnet med en driftsomkostning på ca. 3,5 øre/KWh (35 kroner/MWh) ved en NO_x reduktion fra 280 mg/MJ til 56 mg/MJ.

Skema viser balance mellem virkningsgrad, reaktor størrelse og Ammoniak tabet efter katalysatoren (NH₃ slip normalt 5-10 ppm). NHSV er et udtryk for katalysator størrelsen. FIGUR nr ?? HTAS fra B&W blad side 12

Det for stationære forhold ofte meget store katalysatormodul er sammensat af mange mindre blokke efter 3 principper: 1. Extruderede keramiske monolith blokke på 150x150 mm i tværsnit og 500 mm længde med relativt store kanaler fra f.eks. *HUG, NGK, Siemens* og *Hüls* med i området af 16-30 cpsi (cells per square inch). 2. Tape-casted korrigerede keramiske folie moduler på 1/8 m³ fra *Haldor Topsøe*. 3. Preformede metal tyndplade moduler fra *Siemens, Hüls* og andre. FIGUR Det katalytisk aktive materiale kan være pålagt eller indstøbt og er ofte sammensat af Vanadium, Titan og Wolfram oxider. Se Færgefart, Denox og Marine Diesel-motor emission.

NO_x selektiv katalytisk reduktion for køretøjer med Diesel-motorer er en uhyre svær teknologi, hvor der kræves meget avanceret styring for transient kørsel. Monolithen er baseret på *Zeoliter* hvormed der kan nås 90-95% konvertering ved 350°C. Nyligt udførte forsøg på Siemens anlæg af Mercedes, IVECO og MAN viser, at der skal bruges ~5 cm³/km Urea svarende til 250 liter opløsning medbragt i en rustfri ståltank for 5.000 km ved exportkørsel. Priser for 250 liter Urea er omkring 1.000 kroner. Urea har iøvrigt et frysepunkt på ,11°C, der kan volde problemer ved udendørs anvendelse. Kun *Siemens* forsøger sig med forsigtig markedsføring af ret kostbare anlæg med avanceret styring.

NO_x selektiv ikke katalytisk reduktion - SNR - kan gennemføres i temperatur området 900-1000°C. Den forløber som reduktion af NO_x ved SCR processen dog ved den dobbelte temperatur. Den opnåelige reduktion af NO_x er meget afhængig af den temperatur, hvorved NH₃ doseres, idet den doserede NH₃ ikke omsættes ved temperaturer <900 °C, medens NH₃ oxideres til blandt andet NO₂ ved >1000 °C. I Danmark er der installeret et fuldskala anlæg på Vendsyssel værket, hvor der i gennemsnit er opnået en reduktion af NO_x på mere end 60% ved et samtidigt NH₃ udslip på 15 ppm. Sammenlignet med SCR processen er SNR processen væsentlig billigere, da anlægget ikke

indeholder en katalysator, men det er ikke muligt at opnå en tilsvarende høj rensningseffektivitet.