



Fremtidens brændstof hedder DME



Fotokredit: Volvo

Når du om nogle år fylder brændstof på din første bil, så er det sandsynligvis hverken benzin eller diesel, som skal i tanken. I dag eksperimenterer man nemlig med bedre og mere miljøvenlige brændstoffer, og et godt bud på fremtidens brændstof er et stof, som kaldes DME. Det er et rent brændstof, som forurener mindre end de traditionelle brændstoffer. Ud over at være brændstof til biler kan det fx også bruges til opvarmning, madlavning og til produktion af strøm i kraftværker. Det smarte ved DME er, at det ikke behøver at blive fremstillet af fossile brændstoffer, men kan fremstilles ud fra affald fx fra papirindustrien.

Dagens forbrug

11 millioner tons olie og 15 millioner tons kul. Så meget olie og kul bruger vi mennesker hver dag. Vi bruger det blandt andet som brændstoffer til at lave strøm og varme, og til at producere andre brændstoffer, fx benzin og diesel. Som udgangspunkt er det en god måde at udnytte jordens energiressourcer på, fordi der er bundet store mængder kemisk energi i olie og kul, og vi er i stand til at udnytte energien effektivt.

Men der er en række ulemper ved kun at bruge kul og olie som energikilder. For det første ved vi, at depoterne med kul og olie en dag vil slippe op. De kendte kul- og oliereserver er i dag på henholdsvis 850 og 170 mia. ton. Hvis energiforbruget ikke stiger, så svarer det til 40 års forbrug af olie og til 150 års forbrug af kul. Realistisk har vi dog ressourcer til flere år, fordi vi også skal lægge en stor portion olie og kul til, som det i dag er for dyrt eller for vanskeligt at få adgang til, eller som vi endnu ikke har kendskab til.

Et andet problem er, at vi forurener, når vi brænder kul, olie, benzin og diesel af. Forbrændingen forurener ved at omdanne brændstoffet til CO_2 , som sandsynligvis er skyld i global opvarmning. Desuden forurener det traditionelle brændstof, idet det omdannes til en række forskellige stoffer, som er sundhedsskadelige for os. En tredje ulempe ved kul og olie er, at kun en mindre gruppe lande ejer depoterne. Det kan skabe politisk ustabilitet, hvis hele klodens befolkning er afhængige af nogle få energikilder, som kun en mindre gruppe lande har kontrol over.

Det gode brændstof

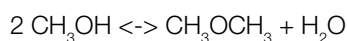
Derfor leder forskere verden over efter alternative energikilder. I dag bruger vi fx også naturgas, kernekraft, vind og solenergi, som hver har sine fordele og ulemper. En anden strategi er at lede efter alternative brændstoffer. Et godt brændstof er et som:

- ikke forurener, eller i hvert fald forurener mindre end de traditionelle brændstoffer.
- kan fremstilles fra mange forskellige energikilder. Jo flere kilder der er til brændstoffet, jo bedre. Ud over at fremstille brændstoffet fra kul og olie, skal fremtidens brændstof helst kunne fremstilles fra fx biomasse, affald, landbrugsprodukter og naturgas.
- har mange anvendelser. Det kan være besværligt, hvis man i fremtiden skal bruge mange forskellige brændstoffer, og særligt hvis brændstofferne skal behandles og transporteres på forskellige måder. Man kan mene, at det allerede er besværligt nok i dag, hvor man kan køre på forskellige typer af benzin og diesel. Det vil derfor være en fordel, hvis det nye brændstof ikke kun skal bruges til en ting, fx til én type motor, men kan bruges til mange forskellige formål, såsom i biler, til opvarmning, til madlavning, i kraftværker mm.
- er praktisk anvendeligt. Det skal være let at opbevare og transportere. Det skal være let at indføre en infrastruktur til brændstoffet, og helst vil man bruge den gamle infrastruktur til det nye brændstof.
- ikke er for farligt. Det må ikke være meget giftigt, kræftfremkaldende, radioaktivt eller på anden måde skadeligt for brugerne.
- er økonomisk. Det skal helst ikke være dyrere og må meget gerne være billigere at fremstille, opbevare og transportere end de traditionelle brændstoffer.

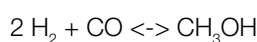
DME – et bud på fremtidens brændstof

Et godt bud på et af fremtidens brændstoffer er DME. Stoffet er ikke en ny opfindelse, men har været kendt siden 1800-tallet. Indtil nu er stoffet blevet brugt til mange forskellige ting – som opløsningsmiddel og som drivmiddel i spraydåser. Det nye er, at man har opdaget, at DME er et godt brændstof. Allerede i dag bruges det til madlavning og opvarmning eksempelvis i Kina, hvor man ikke har direkte adgang til olie, og hvor infrastrukturen nogle steder ikke er god. Her er det en stor fordel at have et brændstof som DME, fordi det let kan transporteres i gasflasker. DME kan også bruges i større skala i kraftværker eller i brændselsceller til at lave strøm og varme. Det nyeste er at bruge DME som brændstof i biler. Volvo afprøver nu DME på lastbiler.

DME kan fremstilles ud fra mange forskellige energikilder. Det meste DME fremstilles i dag ud fra metanol, som er produceret ud fra metan fra naturgas. Den kemiske reaktion fra metanol til DME ser sådan ud:



DME kan også fremstilles ud fra syntesegas, som er en blanding af H_2 (brint) og CO (carbonmonooxid). Det sker ved først at lave metanol ud af syntesegassen:



og derefter fremstille DME ud fra metanolen. Det er smart, fordi syntesegassen kan fremstilles ved forgasning af næsten alt, hvad der indeholder kul- og brintatomer, dvs. biomasse, affald, landbrugsprodukter, naturgas og kul. Et godt eksempel er Volvos lastbilprojekt. Her fremstilles syntesegassen ud fra et affaldsprodukt fra de svenske papirfabrikker, som kaldes sortlud. Man regner med, at DME produceret fra den svenske sortlud alene vil kunne erstatte en fjerdedel af al benzin og diesel i Sverige (læs mere i artikel fra Børsen).

Mindre forurening

Når diesel eller benzin brændes af i bilens motor, så dannes der en række stoffer, som er giftige for os. De giftige stoffer er

- CO som kan binde sig til kroppens røde blodlegemer og forhindre dem i at transportere ilt. Før de effektive bilkatalysators dage var det CO-forgiftning man døde af, hvis man forsøgte at begå selvmord ved at lade sig forgifte af udstødningsgas fra bilen.
- NOx (NO og NO₂) som i sollys bliver omdannet til den smog, der tydeligt kunne ses i vestlige storbyer før indførelsen af bilkatalysatoren. Smoggen kan skade lungevævet og kan forurene jorden, hvis den omdannes til syreregn.
- HC (kulbrinter), som er rester af diesel og benzin, som ikke er blevet fuldstændig afbrændt. Det er bl.a. kulbrinterne, vi kan lugte, når en lastbil kører forbi. Kulbrinterne kan ligesom NOx danne smog, og man regner med, at kulbrinterne er kræftfremkaldende.
- sod som er det, vi kan se komme ud af udstødningen på de store dieselmotorer. Soden består af partikler, der er så små, at de kan trænge ind i kroppen, uden at den kan forsvare sig mod dem. Man regner med, at dieselsod forårsager astma, kronisk bronkitis og lungekræft.
- en række andre sundhedsskadelige stoffer der kommer fra urenheder i benzinen og dieselen, fx svovl.

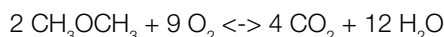
Heldigvis findes der i dag effektive katalysatorer, som kan omdanne de giftige stoffer. Særligt benzinbilerne har fået en temmelig ren udstødning, og katalysatorerne til dieselmotorer bliver hele tiden bedre.

DME er renere end benzin og diesel. Det indeholder ingen svovl og er ikke kræftfremkaldende. Der dannes heller ikke sod, når DME brændes af. Faktisk bruger man DME som brændstof, når man skal fremstille glas, som skal være helt fri for sodpartikler.

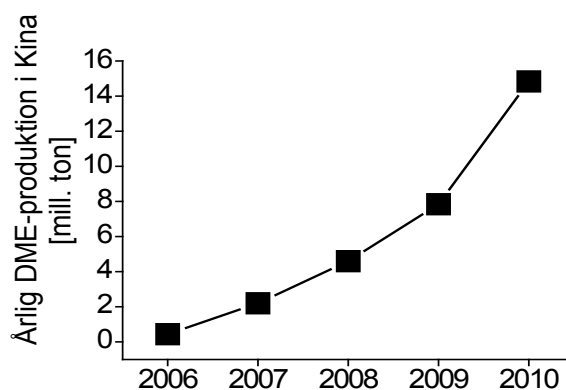
Nogle kokke foretrækker DME i stedet for almindeligt flaskegas, fordi det ikke soder. Når DME brændes af, er også mængden af CO, NOx og HC væsentligt lavere end fra benzin og diesel (se: Test af DME-bus). Det er derfor, at DME kan bruges som gas i køkkenet og til opvarmning af huse, som man ser det mange steder i Kina. Hvis man brugte benzin eller diesel i køkkenet, ville man hurtigt ødelægge både maden og sit helbred.

Benzin- og dieselmotorer udstøder foruden de giftige udstødningsgasser også CO₂ (kuldioxid). CO₂ er hverken giftigt for planter, mennesker eller andre dyr. Vi kender CO₂ som boblerne i øl eller sodavand, og vi producerer selv CO₂ i kroppen, når vi forbrænder den energi, vi indtager. CO₂ er med til at skabe et lunt klima, fordi gassen lægger sig omkring kloden som en dyne, der holder på varmen. Det er den effekt, vi kalder drivhuseffekten. Som udgangspunkt er drivhuseffekten en god ting. Uden den ville gennemsnitstemperaturen på jorden være ca. 30 grader lavere! Men noget tyder på, at vi mennesker i løbet af de sidste 150 år har været skyld i en global opvarmning, fordi vi producerer ekstra meget CO₂, når vi brænder fossile brændstoffer af. Derfor ønsker man i dag at minimere udslippet af CO₂, og der er derfor stor interesse for brændstoffer, som ikke producerer CO₂.

Når DME brændes af, sker denne reaktion:



Der dannes altså CO₂, og på den måde forurener DME ligesom benzin og diesel. Til gengæld kan motorer, der kører på DME, udnytte brændstoffet mere effektivt, og det betyder, at bilen producerer mindre CO₂ pr. kørt kilometer (se artikel fra Udenrigsministeriets hjemmeside). Det hjælper altså på CO₂-regnskabet, hvis man kører på DME, men det løser ikke CO₂-problemet.



DME-produktion i Kina indtil nu og forventet produktion frem til 2010. Kilde: Artikel: Reuters fredag den 8. august 2008

Kilder:
International DME association: www.aboutdme.org
Haldor Topsøe: www.topsoe.com/site.nsf/vALLWEBCID/BBNN-5PFHWX?open&returnid=KVOO-5MQMAA
BP statistical Review of World Energy 2008: www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622
EU, Refuel road map: www.refuel.eu/biofuels/bio-dme/

Hønen og ægget

Ud over at det er et problem, at DME forurener ved at udlede CO₂, så er det altid problematisk at indføre nye brændstoffer, også selvom de er bedre end de gamle. Selvom det burde være let at indføre DME som brændstof til biler, så skal man dog lave nye opbevaringstanke, nye moduler til tankstationer og specielle DME-tanke på bilerne. Det er ret enkelt at bygge motorerne om, så de kan forbrænde DME i stedet for diesel, men det er en stor mundfuld, hvis det skal ske på millioner af biler i hele Europa. Og det er netop nødvendigt at indføre DME-systemet i meget store områder på én gang. For hvem vil købe en bil, som kun kan tankes i Sverige? Det er der selvfølgelig ikke mange der vil, når man kan købe en bil, som kan tankes i hele verden.

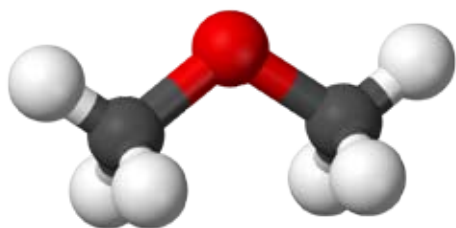
For at man kan få brugere til DME-bilerne, kræver det, at man har alle de praktiske løsninger på plads. Omvendt kan man spørge: Hvilke firmaer vil satse på at indføre en helt ny bilpark med tilhørende tank- og transportsystemer, hvis der ikke er nogen brugere? Vi har altså en problematik, der minder om hønen og ægget: Vi skal have brugerne for at få systemet, og vi skal have systemet for at få brugerne. Det er ofte den type problemer, der spænder ben for ellers gode løsninger på energi- og miljøproblemer.

DME i dag og i morgen

I Kina er produktionen af DME stærkt stigende, og man forventer, at stigningen fortsætter de næste år (se figur). Størstedelen bruges i spraydåser, men forbruget til opvarmning og madlavning er stigende. Som nævnt afprøves DME nu i bilmotorer. DME testes også til brændselsceller, og fremtiden vil muligvis byde på DME-drevne kraftværker. DME er en af vejene til at omdanne forskellige typer af affald til brændstof. Det er en måde at få energi fra mange forskellige kilder og ikke bare fra fossile brændstoffer, og samtidig er DME en vej til et renere miljø. DME er dog ikke det eneste bud på fremtidens brændstof. I dag overvejer forskerne og politikerne forskellige muligheder ud over DME, fx ethanol, metanol og brint. Tiden, forskningsresultaterne og den politiske dagsorden vil vise, hvor fremtrædende en plads DME vil få blandt fremtidens brændstoffer.

Hvad er DME?

DME hører til den gruppe stoffer, vi kalder ætere. DME står for dimethylether. Et DME-molekyle består af ni atomer: 2 x C (kulstofatomer), 6 x H (brintatomer) og 1 x O (iltatom). Se DME-molekylets opbygning i figuren.



Ved stuetemperatur er DME en gas, men hvis trykket er over 5 bar, eller hvis temperaturen er under -25°C , så omdannes den til en væske. Det betyder, at man let kan få flydende DME på dåse, ligesom den gas vi kender fra campingturen. Det er en stor fordel, fordi det er lettere at transportere og opbevare væsker end gasser.

	DME-bus Testet i 2001	EU-krav gældende fra 1996	EU-krav gældende fra 2008	EU-krav gældende fra 2013
CO	0,25	4,0	1,5	1,5
NOx	2,99	7,0	2,0	0,4
HC	0,12	1,1	0,46	0,13
Sod	<0,02	0,25	0,02	0,01

Målt i g/kWh

Test af DME-bus

I Danmark har Færdsels- og Miljøstyrelsen sammen med en række firmaer i 2001 testet DME som brændstof på en bus. Her konkluderede man, at motoren kørte mere lydløst, og at effektiviteten af motoren var lige så god som en normal dieselmotor. Testen viste også, at bussen havde en lav udstødning af giftige gasser. I tabellen er målingerne sammenlignet med gamle, nye og fremtidige EU-krav til udstødningsgasserne. På normale benzin- og dieslbiler kan man kun leve op til kravene ved at bruge moderne katalysatorsystemer. DME-bussen lever op til selv de kommende krav i 2013. Kun NOx vil man skulle fjerne med en katalysator eller med justeringer af motoren.

Kilde og forfatter

Søren Bredmose Simonsen, Haldor Topsøe



Dansk teknologi gør affaldsprodukt til grøn diesel

I løbet af få år skal biler og lastbiler køre på miljøvenligt brændstof fra affaldsproduktet sortlud, som stammer fra papirproduktion. Det er visionen i et dansk-svensk projekt, hvor Haldor Topsøe spiller en af hovedrollerne med en teknologi, der er med til at omdanne sortlud til dimethylether (DME), der er et miljøvenligt diesellignende brændstof.

Opførelsen af et pilotanlæg er allerede i gang, og næste år starter produktionen af 5 ton DME pr. dag, som Volvo vil afprøve i sine busser.

Med sortludsprojektet følger Haldor Topsøe endnu en energiløsning til virksomhedens portefølje af katalytiske processer, som giver mere fleksibel og mere miljøvenlig udnyttelse af verdens energiressourcer. I forvejen har den danske højteknologivirksomhed overalt i verden projekter, hvor katalyse er nøglen til at omdanne f.eks. kul og biomasse til syntetisk naturgas og naturgas til bl.a. benzin, diesel, brint og DME.

»Katalysen giver en enorm fleksibilitet i energinettet, og det gør, at vi derigennem kan få en meget bedre udnyttelse af de fossile brændstoffer, samtidig med at der er et stort potentiale

for at udnytte forskellige former for biomasse på en bedre måde,« siger Jens Rostrup-Nielsen, direktør for Haldor Topsøes klimaaktiviteter.

På pilotanlægget i Sverige, er det svenske Chemrec, der forgasser sortlud til en syntesegas, som Topsøe omdanner til DME. Derefter skal DME demonstreres i Volvo-køretøjer.

Flere bilproducenter eksperimenterer med DME som brændstof – bl.a. Volvo, som tidligere har udpeget DME som det foretrukne brændstof til at erstatte den diesel, vi bruger i dag.

Udfordringen

Sortlud er blot en af de affalds- eller biomasseformer, som i fremtiden vil kunne omdannes til syntetiske brændsler. Udfordringen er først og fremmest at udvikle forgasningsteknologien, der omdanner biomassen eller affaldsfraktionen til en syntesegas.

»For os vil det være uproblematisk at omdanne syntesegasen til forskellige energikilder. Det, vi mangler, er forgasningsteknologi, som er pålidelig og klar til opskalering. Når vi har den, ligger der et kæmpe poten-

tiale,« siger Jens Rostrup-Nielsen.

Ind til da kan Topsøe gøre en betydelig klimamæssig indsats ved at bruge katalyse til at sikre den bedste udnyttelse af de fossile brændstoffer.

F.eks. er det katalyse fra Topsøe, der sikrer, at man udnytter den naturgas, der kommer med op fra oliefelterne i Nigeria.

»Over en halv pct. af verdens naturgas brændes af, fordi den ikke kan transporteres, når den kommer op sammen med olie i oliefelterne. Med katalysen kan den omdannes til f.eks. metanol eller syntetisk diesel, som nemt kan transporteres,« siger Jens Rostrup-Nielsen.

I Kina og USA er Topsøes teknologi bl.a. med til at sikre, at kulkraftværkerne kan placeres tæt ved kulminerne, i stedet for at man fragter kul tusindvis af kilometer. Kul omdannes til syntesegas, som nemt omdannes til flydende brændstoffer eller syntetisk naturgas, som i stedet transporteres til de store byer via gasledninger.

»Det er virkelig et marked, der batter. Mange steder i verden er der stort behov for en fleksibel udnyttelse af energikilderne,« siger Jens Rostrup-Nielsen. jam

Reuters fredag den 8. august 2008

<http://www.reuters.com/article/pressRelease/idUS140041+08-Aug-2008+BW20080808>

China Domestic Production of Dimethyl Ether is Expected to Reach 4.36 Million Tons...

China's current energy resources are typified by a huge resource of coal, but a shortage of gas and oil. The total reserves of petroleum and natural gas amounted to 15.5 billion barrels and 1.88 trillion cubic meters by the end of 2007, accounting for only 1.3 per cent and 1.1 per cent of the world's total reserves. The verified reserves of coal amounted to 114.5 billion tons, accounting for 13.5 per cent of the world's total coal reserves.

The shortage of natural gas and petroleum in China indicates the important role that the coal chemical industry will play in China's chemical energy market. Coal gasification, which has many sub-products and uses, is the core activity of the coal chemical industry. In effect, coal gasification synthesizes methanol and synthetic ammonia. In the industry chain of coal-based alcohol ether, methanol and organic chemical materials are the most important products as they produce formaldehyde, DMF, Amine, synthetic rubber, acetic acid, dimethyl ether etc.

With the recognition of methanol and dimethyl ether (DME) as new alternative energy resources, the development of coal-based alcohol ether is expected to increase rapidly in the coming years. Recently issued policies to support the development of coal-based alcohol ether are also expected to have a positive impact on the industry.

In 2007 10.76 million tons of methanol were produced in China, an increase of 42 per cent annually; consumption of methanol was registered at 11.05 million tons, an increase of 30 per cent annually. Therefore, the additional production of methanol in 2007 was 4.45 million tons. However, the actual output was 3.2 million tons, while the rate of output was 72 per cent. Based on these statistics, in 2008 the additional output of methanol in China is expected to reach 4.2 million tons, while the output of methanol will exceed demand by 2 million tons.

Furthermore, the demands of MH15 and its downstream products

will increase China's consumption of methanol, and the annual average growth rate is expected to reach 16.6 per cent between 2008 and 2012. There is potential for the domestic methanol market to be oversupplied in 2008, but the impact of rising natural gas prices, the increasing price of coal in the Chinese market and the demands of MH15 following the introduction of new standards of MH15, are all factors expected to sustain high methanol prices in the domestic market.

From July 1st, 2008, China's VAT of dimethyl ether reduced from 17 percent to 13 per cent, which is indicative of the State Council's recognition of dimethyl ether as an alternative energy resource. China's domestic production of dimethyl ether reached 445,000 tons in 2006. This jumped to 2.2 million tons in 2007, an increase of 394 per cent. Estimated figures for 2008-2010 are projected at 4.36 million tons for 2008, 7.84 million tons in 2009 and 14.84 million tons in 2010.

The current dimethyl-ether production capacity is approximately five million tons. This capacity could replace that of civil gas, while other planned projects will see the use of dimethyl-ether production as a substitute for diesel oil. Overall, it is forecasted that the supply and demand of the dimethyl-ether industry in China will be relatively equal from 2008 to 2010.

The development growth rates of Acetic acid are expected to remain unchanged in the next three years. The average annual growth ratio of consumption is estimated to remain at 14 per cent, while the average price of acetic acid will remain at over 6,500 yuan/ton in 2008.

Fra Udenrigsministeriets hjemmeside

<http://www.investindenmark.dk/visNyhed.asp?artikelID=17429>

DTU's dimethyl ether-fuelled car powers to victory in Shell Eco-marathon (2007.05.15)

The Technical University of Denmark's entry in the Urban-Concept class wins three category awards at the 2007 Shell European Eco-marathon in Nogaro, France

As reported previously on this website, a research team at the Technical University of Denmark (DTU) has built an internal combustion engine designed to run on dimethyl ether (DME), a compression-ignition fuel which can be produced from biomass and which is significantly more environmentally friendly than conventional diesel.

Last weekend at Shell's annual European Eco-marathon, the DME engine emphatically showed its potential by powering DTU's prototype car to victory in the UrbanConcept competition,

which required the competing vehicles to stop and start three times during 14 circuits of the Nogaro track. Not only did the car achieve the highest fuel efficiency (equivalent to 306 kilometres per litre), it also won the climate friendliness award for the lowest CO₂ emission as well as the prize for the best alternative fuel to diesel. The DTU entry had the additional distinction of being the only DME-powered car in the entire event.

The competition victory provides excellent proof of DME's credentials as a fuel for the future. Besides being relatively inexpensive to produce from biomass, coal and natural gas, it also burns smokelessly and produces less NO_x and CO₂ than conventional diesel. A European study has shown that compared on a kilowatt-hour basis with conventional diesel engines, DME powered engines produce almost 30 times less CO₂. DME powered engines also run more quietly.

The news was reported by Ingeniøren (The Engineer).

The Shell Eco Marathon Team from DTU 2004.



Opgaver

Modeller for DME produktion i Kina

Relevant for fagene: matematik og samfundsfag

I grupper skal eleverne lave simple modeller for, hvordan DME-produktionen vil udvikle sig i Kina de kommende år. De skal desuden diskutere pålideligheden af modellerne. Til opgaven bruges regnearket **Modeller_for_Kinas_DMEproduktion.xls** hvor der også er vejledning til, hvordan opgaven skal løses.

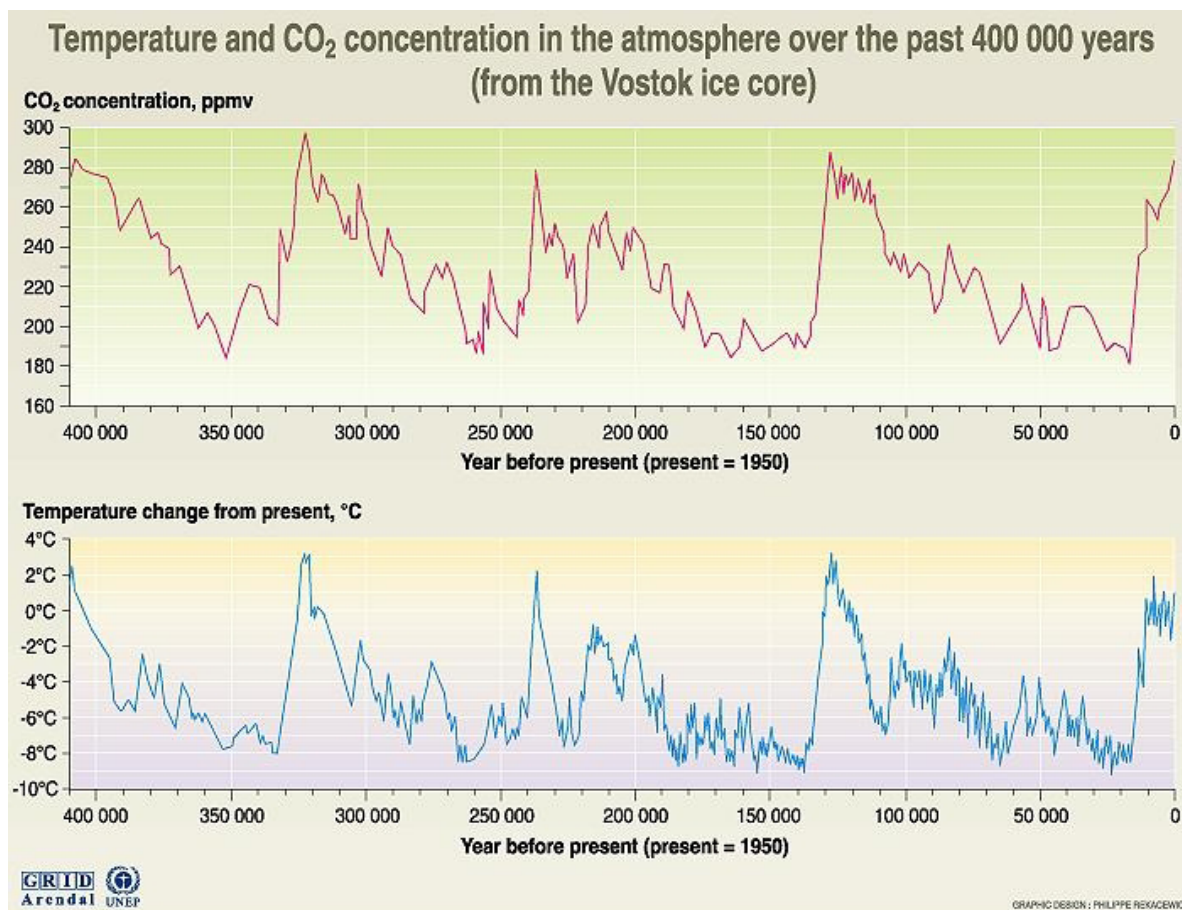
Diskussionsspil – emne: DME og forurening

Relevant for fagene: kemi, samfundsfag, biologi

Eleverne deles op i mindre grupper (4-6 personer) for at diskutere, hvad forurening er med udgangspunkt i spørgsmål fra spillekort. Spillekortene kan printes fra DME-siden på nettet. Kortene indeholder et spørgsmål plus nogle faglige ledetråde til diskussionen. Eleverne skiftes til at læse et kort op. Først læses spørgsmålet op, og diskussionen starter. Ledetrådene gives en efter en, når diskussionen går i stå. Det er en del af spillet, at eleverne skal regne ud, hvordan oplysningerne i ledetrådene kan indgå i diskussionen.

Spillekortene:

1. Er drivhusgassen CO_2 noget, som gavner eller skader miljøet? (Bliv først enige i gruppen om, hvad drivhuseffekten er, og hvad der forårsager den)
 - Ledetråd nr. 1: Planeten Mars ligner på mange måder jorden, men den har kun en lille mængde drivhusgas i atmosfæren. På Mars er gennemsnitstemperaturen ca. -60°C . Venus ligner også jorden, men den har en tyk atmosfære af drivhusgasser. På Venus er gennemsnitstemperaturen 460°C .
 - Ledetråd nr. 2: Planter har brug for CO_2 for at kunne vokse. De optager kulstoffet fra CO_2 i den proces, som kaldes fotosyntese.
 - Ledetråd nr. 3: Grafen viser målinger af temperatur og CO_2 i atmosfæren de sidste 400.000 år. I dag er der ca. 370 ppm CO_2 i atmosfæren.



Source: J.R. Petit, J. Jouzel, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica, Nature 399 (3/June), pp 429-436, 1999.

2. Hvordan påvirker benzin og diesel miljøet?

- Ledetråde nr. 1: Benzin og diesel indeholder kulstof. Når materialer, der indeholder kulstof, brændes af, så dannes der en kemisk forbindelse mellem C (kul) og O (ilt). Produktet er enten CO eller CO₂.
- Ledetråde nr. 2: Forbrænding af benzin og diesel i en bil sker sjældent fuldstændigt, og bilen udstøder HC (kulbrinter). Derudover dannes der NO_x (NO og NO₂). Både HC og NO_x er med til at danne smog, som kan ses over visse store byer.
- Ledetråde nr. 3: En dieselmotor kan køre længere på literen end en benzinmotor. Det betyder, at den udleder mindre CO₂ end benzinmotoren per kørt kilometer. Til gengæld soder dieselmotoren mere end benzinmotoren.

3. Hvordan påvirker DME miljøet?

- Ledetråde nr. 1: Molekyleformlen for DME er CH₃OCH₃. DME indeholder altså kulstof.
- Ledetråde nr. 2: Sodpartikler er primært opbygget af kulstof. For at bygge en sodpartikel må man tage udgangspunkt i molekyler med C-C-bindinger.
- Ledetråde nr. 3: Så vidt man ved, er DME ikke kræftfremkaldende.

4. Hvad er fordelene ved DME?

- Ledetråde nr. 1: Det forurener mindre end benzin og diesel.
- Ledetråde nr. 2: DME kan anvendes som kølemiddel, som drivmiddel i spraydåser, som opløsningsmiddel, som medium for kemiske reaktioner, som brændstof i svejseapparater, i biler, i brændselsceller, i kraftværker, til madlavning, til opvarmning og til produktion af ultra-rent glas.
- Ledetråde nr. 3: DME kan fremstilles fra syntesegas. Syntesegas kan fremstilles fra biomasse, affald, landbrugsprodukter, naturgas og kul.

5. Hvad er ulemperne ved DME?

- Ledetråde nr. 1: $2 \text{CH}_3\text{OCH}_3 + 9 \text{O}_2 \leftrightarrow 4 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O}$
- Ledetråde nr. 2: Overgangen mellem gamle og nye brændstoffer er besværlig og kostbar. Fx skal bilmotorerne ændres til at bruge DME, der skal indføres ekstra tankmoduler på tankstationer til DME, og der skal være en stabil leverance af DME, for at man kan få brugere.
- Ledetråde nr. 3: DME er forholdsvis sikkert i forhold til andre gasser, men det er dog eksplosivt. Det er ikke sundt at indånde i større mængder.

Præsentation/skriftlig opgave: Kemien i naturen

Relevant for fagene: biologi og kemi

Eleverne arbejder enkelt- eller gruppevis med følgende opgave, som enten kan afleveres som skriftlig opgave eller som powerpoint præsentation for klassen.

Vælg et af de stoffer som dannes i en motor der kører på benzin, diesel eller DME. Beskriv hvordan stoffet samvirker med naturen. Der lægges vægt på, at forstå påvirkningen af naturen fra stoffet på molekyleneiveau. Naturen skal her både forstås som planter, mennesker og dyr.

Skriv en artikel om DME

Relevant for fagene: dansk, samfundsfag, kemi, fysik

Eleverne arbejder enkelt- eller gruppevis med følgende opgave, der afleveres som skriftlig opgave.

Skriv en artikel om DTU's deltagelse i Shells European Eco-marathon. Artiklen fra Udenrigsministeriets hjemmeside er fra sidste år. Skriv om, hvordan det gik DTU i år med særligt fokus på DME's rolle i DTU's projekt. Brug internettet til research og kontakt evt. relevante folk på DTU til interview. Husk at leve op til reglerne for hvordan en artikel vinkles og bygges op (rådfør jer evt. med dansklæreren).