

Fra sort til gul energi



Vedvarende energi kaldes i daglig tale for grøn energi, men i dette kapitel fremhæves den 'gule' solenergi. Det skyldes, at Solen er ophav til de fleste andre vedvarende energikilder. Solen er samtidig den eneste vedvarende energikilde, vi har til rådighed, som alene kan dække verdens konstant stigende behov for energi.

I kapitlet lægges vægt på at forklare fordele og ulemper ved fossile og vedvarende energikilder, men også samfundets behov for forskellige former for energi, eksempelvis elektrisk eller kemisk. Elevernes indsigt i samfundets behov for kemisk energi i form af flydende brændstoffer er grundlæggende for at forstå, hvorfor

solenergi og andre former for vedvarende energi ikke direkte kan erstatte transportsektorens behov for benzin og diesel. Det leder frem til behovet for at kunne omdanne solenergi til kemisk energi med mindst muligt tab af energi undervejs. Eleverne får en grundigere gennemgang af forskningen inden for dette område i afsnittene om CASE og katalysatorer. Her forklares virkningsmekanismen for katalysatorer, og forskernes jagt efter nye katalysatorer til omdannelse af solenergi beskrives. Katalysatorer er uundværlige i fremstillingen af specifikke brændstoffer som ethanol, ammoniak og hydrogen og også i fremstillingen af en lang række hverdagsprodukter som kemikalier, medicin og kunstgødning.

Følgende emner behandles:

- ☛ Energi og effekt
- ☛ Fordele og ulemper ved fossile og vedvarende energikilder
- ☛ Hovedtræk ved samfundets energiforsyning
- ☛ CO₂-udledning og klimaforandringer
- ☛ Energiomdannelse
- ☛ Aktiveringsenergi for kemiske reaktioner
- ☛ Forskning i katalysatorer til at omdanne solenergi til kemisk energi
- ☛ Opstilling og afprøvning af hypoteser

Gode råd og mere viden

Energi Energikilder

I 2008 var verdens årlige energiforbrug på $519 \cdot 10^{18}$ J, hvilket svarer til et gennemsnitligt effektforbrug på 16 terawatt (TW, 10^{12} watt). Udfordringen ved at dække vores stigende energiforbrug med vedvarende energi bliver tydelig, når vi ser nærmere på, hvor meget de enkelte energikilder kan levere. Den maksimale energi fra vind, vand og jordvarme, som vi realistisk kan udnytte, når der tages højde for økonomiske og praktiske overvejelser, er omkring 8 TW. Heraf udgør vindenergi 4 TW. Biomasse dækker allerede 10 % af verdens energiforbrug, men tallet afspejler ikke en fuldt ud bæredygtig produktion, da en del af verdens biomasseforbrænding foregår uden genplantning af skov. Nogle forskere vurderer, at biomasse kan dække 5 % af verdens energibehov, svarende til 0,8 TW, uden at påvirke klimaet eller fødevarerproduktionen negativt.

Solenergi er der til gengæld nok af. Hele 120.000 TW er til rådighed om året. Men overgangen fra fossile brændstoffer til solenergi sker ikke af sig selv. Ganske vist løber vi sandsynligvis tør for de billige og let tilgængelige fossile brændstoffer inden for de næste par hundrede år. Til gengæld kan mere utilgængelige, men dermed også dyrere reserver som olieholdigt sand og frossen naturgas i permafrosten formentlig forsyne os med energi i mange århundreder. Dermed bliver overgangen til ren energi i høj grad et spørgsmål om, hvornår prisen på vedvarende energi

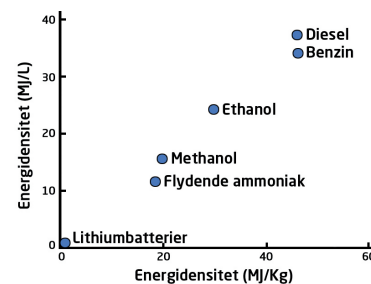
bliver lavere end prisen på fossile brændstoffer.

Fossile brændstoffer

Uanset varigheden af de fossile energireserver er CO_2 -udledningen et presserende problem, der ikke kan ignoreres. Sammenhængen mellem udledning af drivhusgasser og drivhuseffekten bliver forklaret i kapitel 2, men konsekvensen af global opvarmning kan uddybes ved gennemgang af kapitel 1. For eksempel viser tal fra FN's klimapanel, at havniveauet gennemsnitligt er steget med 1,8 mm/år siden 1961 og med 3,1 mm/år siden 1993. To store årsager til stigningen er udvidelse af oceanerne (da vand udvider sig ved opvarmning) og tab af landbaseret is i takt med, at gletsjere og polaris smelter. Det skønnes, at omkring en sjettedel af Jordens befolkning vil blive ramt af havstigninger inden for de næste 100 år. På <http://flood.firetree.net/> findes et verdenskort, hvor eleverne kan zoome ind på Danmark og se konsekvenserne af havstigning. De kan herefter sammenligne havstigningen i Danmark og i Spanien og bruge dette til at diskutere, hvordan klimaforandringer påvirker landene forskelligt.

Som nævnt i elevbogen skyldes de fossile brændstoffers popularitet blandt andet, at de indeholder meget energi per liter eller per kilo. Ethanol, som er et af budene på fremtidens brændstoffer, har derimod lavere energindhold. Olie er dog også populært, fordi det allerede er på kemisk form og derfor blot skal raffineres til ben-

zin og diesel, før det kan bruges som brændstof. Vedvarende energi derimod skal først omdannes til kemisk energi i eksempelvis hydrogen og ethanol, før energien kan bruges som brændstof. Undervejs går der energi tabt. For eksempel mistes 30 %, når vindmøllestrøm omdannes til hydrogen ved elektrolyse. Derudover er hydrogen mindre praktisk at håndtere som brændstof, da det ved normalt tryk er på gasform.



Energidensiteten i forskellige brændstoffer.

Forskerne dyrker Solen

Ethvert bæredygtigt energisystem må i sidste ende hente sin energi fra Solens indstråling. Omsætning af solenergi til kemisk form sker mest effektivt ved brug af en katalysator. For stort set alle potentielle, bæredygtige energiformer gælder det, at manglen på billige og effektive katalysatorer begrænser udbredelsen af vedvarende energikilder. Hvis omdannelsen af vedvarende energi til brændstoffer som hydrogen, ethanol og ammoniak kan gøres mere effektiv og dermed rentabel, vil den rene energi få en chance for at konkurrere med fossile brændstoffer. Omdrejningspunktet for forskningen i CASE er derfor udviklingen af nye katalysatorer.

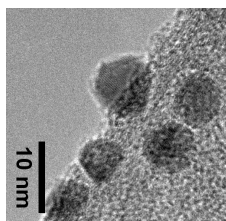
Kemiske katte

Katalysatorer er hjælpematerialer, der nedsætter aktiveringsenergien, det vil sige den mængde energi, der skal til for at sætte en reaktion i gang. Dermed øger katalysatoren hastigheden på kemiske reaktioner. Katalysatoren indgår ikke selv i reaktionen og bliver derfor ikke forbrugt i processen. Katalysatorer har desuden den egenskab, at de styrer retningen og dermed produktet af reaktionen. Det er vigtigt, eftersom mange kemiske reaktioner ikke kun danner ét, men flere forskellige produkter.

Katalysatorer inddeles i kategorierne homogene og heterogene katalysatorer afhængigt af, om de befinder sig i samme fase (gas, væske, fast stof) som reaktanterne eller i en anden fase. I CASE forskes der udelukkende i heterogene katalysatorer, som typisk består af metaller eller legeringer af platin, ruthenium, silicium, nikkel, kobber og molybden. Reaktanterne er typisk gasser. Forskningen foregår i flere parallelle spor, som tilsammen giver en detaljeret indsigt i katalytiske processer:

Det første trin er teoretiske forudsigelser af materialer med gode katalytiske egenskaber. Ved hjælp af

supercomputere kan teoretikerne undersøge forskellige reaktionsscenarier og udvælge en række potentielt gode katalysatorer, der skal undersøges nærmere. Herefter bliver de udvalgte materialer fremstillet i laboratoriet og efterprøvet for deres katalytiske aktivitet i bestemte kemiske reaktioner, som man ønsker at forbedre, eksempelvis produktionen af ethanol fra CO₂. Endelig karakteriseres sammenhængen mellem katalysatorpartiklernes form og størrelse og deres effektivitet. For eksempel undersøges katalysatoroverfladerne i nye avancerede elektron- og atommikroskoper med atomar opløsning, det vil sige ned til nogle få nanometer (10⁻⁹ m). Læs mere på www.case.dtu.dk og www.bit.ly/e04EDR.



Karakterisering af en katalysator bestående af ruthenium-nanopartikler på en carbon-overflade.

Klasseopgaven

I kapitlets klasseopgave skal eleverne arbejde med grundstenen i viden-


skabelige undersøgelser: Hypotesen. Eleverne skal først opstille deres egen hverdagshypotese. De kan hjælpes i gang med følgende sætning:

Hvis jeg _____[gør sådan]_____,
og _____[dette sker]_____, har jeg
modbevist _____[hypotesen]_____
og må opstille en ny.

Derefter skal eleverne udføre eksperiment 1.5, som netop handler om at opstille og afprøve hypoteser. Eksperimentet findes i eksperimentsamlingen med tilhørende lærervejledning.

Arbejdet med hypoteser kan indledes med at forklare, at hypoteser er påstande, man har mulighed for at afprøve og afvise. Nogle gange tager det lang tid, før en hypotese bliver afvist. For eksempel opstillede den græske filosof Aristoteles den hypotese, at hastigheden af en faldende genstand er proportional med dens vægt. Først 2.000 år senere modbeviste videnskabsmanden Galileo Galilei hypotesen ved at lade en tung og en let genstand falde samtidig fra Det Skæve Tårn i Pisa. Hastigheden var næsten ens, så Aristoteles' hypotese var ikke sand.

Svar på opgaver

 Skriv navnene på de forskellige former for energi, som vises på billedet.

Svar: Billedet viser fra venstre mod højre: solenergi, vindenergi, elektrisk energi, kemisk energi i mad samt be-

vægelsesenergi og varme i kroppen. Varme er ikke en egentlig energiform, men derimod en overførsel af indre energi fra ét system til et andet. Ligesom et system kan udføre et stykke arbejde og derved omsætte en energiform til en anden, kan et sy-

stem afgive eller modtage varme og dermed overføre energi. I elevbogen undlades konsekvent brug af ordet varmeenergi, men ved beskrivelser af omdannelsen af energiformer benyttes dog ordet varme frem for indre energi.

Eksperimenter

Følgende eksperimenter er udarbejdet til at supplere kapitlets emner.

I eksperimentsamlingen findes både en vejledning til eleverne og til lærerne.

