



# NÅR DEN BILLIGE OLIE SLIPPER OP

## **Teknologirådet og Ingeniørforeningens olieprojekt**

I projektet indgår en ekstern  
arbejdsgruppe med følgende deltagere:

Flemming Getreuer Christiansen,  
GEUS, Danmarks og Grønlands  
Geologiske Undersøgelse

Jerome Dean Davis,  
RUC, Roskilde Universitet Center

Tage Dræbye,  
Dræbye Rådgivning og projektledelse

Poul Dyhr-Mikkelsen,  
Danfoss AS

David Gibson,  
SID, Specialarbejderforbundet i Danmark

Klaus Illum,  
ECO Consult

Poul Erik Morthorst,  
Risø

Jan Refstrup,  
DONG AS, Dansk Olie og Naturgas

Projektansvarlige i  
Ingeniørforeningen og Teknologirådet:

Ansvarshavende redaktør,  
Bjarke Fønnesbech Jensen,  
Ingeniørforeningen

Gy Larsen,  
Teknologirådet

Jacob Skjødt Nielsen,  
Teknologirådet

2. udgave  
(ændringer til faktuelle  
oplysninger ift. 1. udgave)



# FORORD

Den økonomisk udvikling, som verden har oplevet det sidste århundrede, har i høj grad været drevet af adgangen til rigelige og billige olieressourcer. I dag ved vi, at udvindingen fra disse lettilgængelige olieressourcer formentlig vil toppe indenfor en årrække, og at vi ikke kan forvente, at fremtidens økonomiske udvikling kan funderes på billig olie.

Produktionen af olie fra de fleste kendte og tilgængelige oliefelter i regioner uden for Mellemøsten har allerede toppet eller vil gøre det inden for det næste årti. Det gælder også forekomsterne i den danske Nordsø. Reserverne bliver mindre år for år, fordi olieforbruget stiger mere end opdagelsen af nye fund og mulighederne for at udnytte kendte felter.

Hvornår vil adgangen til de rigelige og billige olieressourcer slippe op? Og hvad vil der så ske? Det er et par af de helt centrale spørgsmål som har været udgangspunktet for, at Ingeniørforeningen i Danmark (IDA) og Teknologirådet har igangsat et samarbejdsprojekt. Projektet har som formål, at sammenstille scenarier for fremtidens olieproduktion og kvalificere debatten om fremtidens olieforsyning.

Denne pjece indgår som et led i projektet. Pjecen fokuserer bl.a. på udfordringerne til dansk og europæisk energiforsyningsikkerhed, transportsektoren og fremtidens danske energisystem. Pjecen bygger primært på rapporten "Oil Demand, Production and Cost – Prospects for the Future" og på interviews med oplægsholdere på konferencen "Når den billige olie slipper op" d. 11 dec. 2003.

Pjecen er udarbejdet af journalist Jakob Vedelsby og er et udtryk for forfatterens fortolkninger af udsagn fra de personer og det kildemateriale der henvises til i kildefortegnelsen.

April 2004

# DEN BILLIGE OLIES BETYDNING

*Pjecen er udarbejdet af journalist Jakob Vedelsby.*

## **DRIVKRAFT FOR INDUSTRIALISERINGEN**

Rigelige forsyninger af billig råolie har muliggjort den verden, vi kender i dag. Hvis amerikanerne ikke var begyndt at pumpe olie i Pennsylvania i midten af 1800-tallet, var forbrændingsmotoren ikke blevet udbredt – og industrialiseringen ikke blevet en realitet. Og uden enorme oliefund i 1950'erne og 1960'erne, ingen massiv udbredelse af oliebaseret teknologi, der i bogstaveligste forstand er motor på mange samfundsområder.

Intet andet naturligt forekommende brændstof er så nemt at udvinde, transportere og opbevare som råolien og dens afledte produkter – fyringsolie, diesel, benzin og flybrændstof. Derfor blev den billige olie drivkraft for den økonomiske vækst i anden halvdel af det 20. århundrede, hvor jordens indbyggertal voksede fra to til seks milliarder, tusinder af byer skød frem og industri, landbrug og international handel udviklede sig eksplosivt.

Nutidens teknologiske samfund skal konstant forsynes med fossile brændsler for at fungere. Uden billig olie, ingen oliebaseret infrastruktur, hvor biler, lastbiler, fly og toge flytter mennesker og varer på kryds og tværs af verden. 90 pct. af den globale transport er baseret på olie, som udgør 40 pct. af al handel med energi og tilmed er ingrediens i utallige dagligvarer. Fra computerudstyr og møbler til kontaktlinser og tandbørster.



### Konventionel og ikke-konventionel olie

Konventionel olie er lettilgængelig og derfor billig, mens ikke-konventionel olie er vanskeligere tilgængelig og dyr. 86 pct. af verdens olieforbrug kommer fra konventionelle oliekloder på land og på havet. 14 pct. af forbruget kommer fra ikke-konventionelle kilder. Heraf udvindes 10 pct. fra naturgas, mens 4 pct. udvindes fra kilder som tjæresand og olieler.

Sammenlignet med konventionel olieproduktion, kræver udvinding af ikke-konventionel olie mere komplekse teknikker og er betydeligt dyrere og har større miljøkonsekvenser. For eksempel indebærer udvinding af olie fra tjæresand, udover et stort vandforbrug og en stor produktion af farligt affald, et energiforbrug, der svarer til 25 pct. af energien i den fremstillede olie. Brug af fossile brændstoffer i produktionsprocessen betyder at udvinding af ikke-konventionel olie typisk medfører omfattende CO<sub>2</sub>-udledninger.



### EN VERDEN UDEN OLIE

Selvom olie blot udgør 2 pct. af det globale bruttonationalprodukt, er verdensøkonomien alligevel helt afhængig af ”det sorte guld” – og det er svært at forestille sig en verden uden, men da jordens konventionelle olieresourcer er begrænsede, er det en helt nødvendig overvejelse.

Det stod klart for mange allerede i 1973 under den første oliekrise – et resultat af, at de olieproducerende lande i OPEC indførte produktionskvoter. Der opstod en kortvarig mangelsituation, hvorefter OPEC fik sine prisstigninger. Reaktionen kom i form af initiativer, som gjorde os mindre afhængige af olie. I den vestlige verden skiftede vi blandt andet til kul og naturgas som drivmidler i kraftværker og til opvarmning. Det førte til et fald i det globale olieforbrug på 2 pct. årligt fra 1979 til 1985. Herefter begyndte forbruget atter at stige – og det er steget siden.

Blandt olieeksperter er der en vis uenighed om, hvornår produktionen af billig olie når sit maksimum. For eksempel mener en række eksperter fra det uafhængige netværk, Association for the Study of Peak Oil (ASPO), 2010, mens Det Internationale Energiagentur (IEA) siger 2030. IEA forudser, at blandt andet vækst i ikke-konventionel olieproduktion vil udskyde problemerne.

### ALTERNATIVER TIL BILLIG OLIE

År for år nærmer verden sig det tidspunkt, hvor den globale produktion af billig olie topper og begynder at falde. Med mindre vi forbereder os grundigt og udvikler alternativer til olien, kan konsekvensen blive oliemangel og et sælgers oliemarked uden loft over priserne. Det vil have vidtrækkende konsekvenser for den globale økonomi – også for det danske velfærdssamfund.

Forskere i mange dele af verden arbejder på udvikling af vedvarende energikilder, og der er omfattende forskning inden for blandt andet brintteknologi, solceller og biobrændsler. Spørgsmålet er, om den globale indsats er tilstrækkelig målrettet og vil føre til brugbare alternativer i god tid før produktionen af billig olie topper. Spørgsmålet er også, om der er vilje til at gennemføre aftaler om regulering af efterspørgslen og forsyningen af olie, som kan skabe international kontrol med den globale olieøkonomi.

Udvikling af alternativer til olie og global regulering af olieområdet vurderes at være to vigtige redskaber, hvis man skal undgå de miljømæssige, økonomiske, politiske og teknologiske problemer, som følger af en situation, hvor efterspørgslen på olie er større end produktionen.

# OLIEFORBRUG OG -PRODUKTION



## GLOBAL VÆKST I OLIEFORBRUGET

Det Internationale Energiagentur (IEA) forudser en vækst i det globale olieforbrug fra 26 mia. tønder i 2000 til 44 mia. tønder i 2030. Det betyder, at den globale økonomi i de kommende 30 år bliver stadig mere afhængig af forsyningerne af billig olie.

Olieforbruget per capita er i dag syv gange højere i OECD-landene end i verdens øvrige lande. IEA forudser, at de rige landes olieforbrug per capita i 2030 vil være knap seks gange større end i de fattige lande. Der kan dog rejses tvivl om denne forudsigtelse. Hvis et land som Kina fortsætter sin nuværende økonomiske vækst og oliebehovet pr. kineser eksempelvis vokser til 50 pct. af behovet hos en indbygger i OECD – og ikke til 17 pct., som IEA forudser. En sådan vækst i Kina vil alene betyde en vækst i det globale oliebehov anno 2030, som er 20 pct. højere end IEA's beregninger.

Alt tyder på, at olieselskaberne vil få stigende problemer med at øge produktionen i takt med det voksende olieforbrug. På trods af enorme investeringer, bliver nyopdagede oliefelter stadig mindre. Gennemsnitsalderen for verdens 14 største oliefelter, der producerer 7 mio. tønder eller 10 pct. af verdens daglige olieforbrug, er 43,5 år. Til sammenligning producerer de 12 største felter, der er åbnet inden for det seneste årti, blot 1,5 mio. tønder dagligt.



Harry J. Langwell "The Future of the Oil and Gas Industry: Past Approaches, New Challenges," World Energy, Vol 5 No. 3 2002

### Naturgas, kul, atomkraft og ikke-konventionel olie - alternativer til konventionel olie?

Et øget forbrug af naturgas til erstatning for olie i blandt andet kraftværker, industrien og køretøjer, vil kræve store investeringer i gaslinier og tankskibe, som kan transportere gassen fra de største felter i Mellemøsten, Nordafrika og Sibirien til de største forbrugere i USA, Europa og Fjernøsten. Et større gasforbrug vil afkorte tiden indtil gasproduktionen topper – og det anslås, at investeringerne vil kunne udskyde udviklingen af alternative løsninger til fossile brændstoffer i 10-20 år.

Der er ikke de store oliebesparelser at hente ved at skifte til kul eller atomkraft. Kul og atomkraftværker vil kunne erstatte olieforbruget på oliefyrede kraftværker og i nogle industrier. Men olieforbruget på kraftværker udgør kun 10 pct. af verdens olieforbrug.

Endelig er det urealistisk at forestille sig, at ikke-konventionel olieproduktion kan erstatte nedgangen i produktionen af konventionel olie kombineret med det voksende forbrug. Det vil forudsætte enorme investeringer og er næppe hverken økonomisk eller miljømæssigt acceptabelt.

### FLERE VEJE TIL ET LAVERE OLIEFORBRUG

Tre væsentlige faktorer bestemmer den globale efterspørgsel på olie. For det første antallet af oliedrevne motorer og maskiner til brug i blandt andet biler, busser, lastbiler, traktorer, skibe, fly og kraftværker. For det andet den teknologiske effektivitet – det vil for eksempel sige, hvor langt vi kører på literen eller hvor effektivt et kraftværk udnytter olien. For det tredje forbrugeradfærd – hvor mange kilometer vi kører i vores bil og hvor meget vi skruer op for varmen.

Efterspørgslen på olie kan umiddelbart nedbringes på flere måder. Den billigste løsning er at begrænse det overflødige og uøkonomiske forbrug af olie, som finder sted i verden i dag. Det kan ske ved at forbedre den teknologiske effektivitet og ved at ændre forbrugernes adfærd i en oliebesparende retning.

En anden vej frem er at satse på alternativer til olien. For eksempel ved at starte en udvikling i retning af et bæredygtigt brintsamfund, hvor brintdrevne brændselsceller erstatter for eksempel benzin- og dieseldrevne motorer, oliefyr og kulfyrede kraftværker. Overgang til et sådant energisystem, baseret på vedvarende energi, forudsætter blandt meget andet opbygning af energilagringsfaciliteter og et reguleringssystem, som kan skabe balance mellem produktion af el og efterspørgslen på el. Problemet er, at så længe olien er billig, vil der være et begrænset incitament for massive investeringer, der kan fremme den udvikling.

### BILLIG OLIE FORSINKER OMSTILLING

På grund af den lave oliepris har verdenssamfundet ikke for alvor satset på udvikling af køretøjer og maskiner, der har et væsentligt lavere olieforbrug end i dag. Eller på udvikling af nye teknologier til udvinding af ikke-konventionel olie, mere energieffektive teknologier, øget lokal produktion og større energibesparende genbrug i industrien.

De lave oliepriser har for eksempel givet lastbiltransport en økonomisk fordel sammenlignet med tog- og skibstransport. Uden billig diesel vil producenter af grønsager og frugt i Sydeuropa ikke have konkurrencefordele i forhold til lokale producenter i Nordeuropa. Høje oliepriser vil begrænse handlen over lange afstande – med mindre der udvikles alternative transportmuligheder.

En konkret mulighed for at opnå et lavere olieforbrug er en skatteomlægning, hvor skatten primært lægges på brændstof. Det vil øge incitamentet til udvikling af langt mere økonomiske biler, køretøjer og fly. En gennemsnitlig reduktion på 50 pct. i bilers brændstofforbrug er allerede teknisk mulig. Det vil batte noget i en verden med 400 mio. biler – et tal, der ventes at vokse til 900 mio. i 2030. Samtidig vil langsommere, men mere energieffektive fly få en konkurrencefordel i forhold til hurtigere fly. På regionale ruter kan man forestille sig en udvikling, hvor moderne tog erstatter flyene.

En glidende overgang til en økonomi, som er mindre afhængig af olie, forudsætter et teknologisk skift til et økonomisk konkurrencedygtigt og miljømæssigt alternativ i god tid før olieproduktionen topper. Imidlertid er der risiko for, at de oliebaserede teknologier vil fortsætte med at være dominerende helt indtil den dag der sker et fald i olieproduktionen – og at alternativer derfor ikke kan forventes udviklet i tide. Fra scenario til scenario varierer kun tidsfaktoren for, hvornår produktionen topper, og hvor hurtig den efterfølgende nedgang i produktionen bliver.

# SCENARIER OG FREMSKRIVNINGER



## USIKKERHED OM OLIERESERVERNE

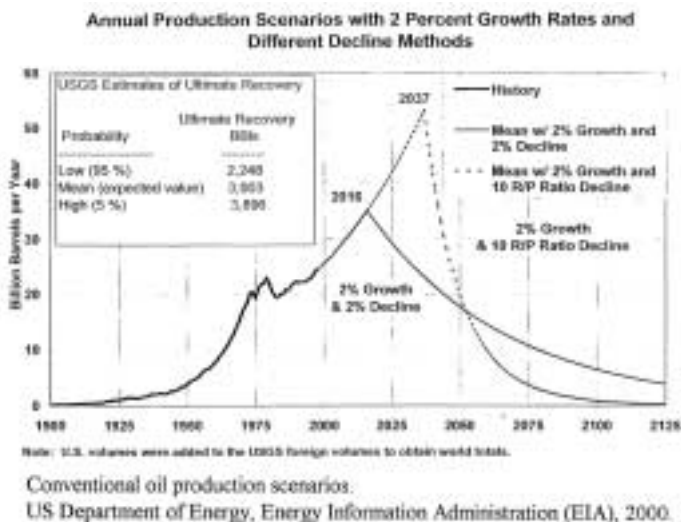
Olieeksperter anvender forskellige metoder til vurdering af jordens tilgængelige olieressourcer. Colin Campbell, der er stifter af det uafhængige netværk, Association for the Study of Peak Oil (ASPO), anslår tallet til 1.900 mia. tønder, hvoraf 873 mia. er den samlede produktion før 2002, 884 mia. er kendte reserver i 2002 og 144 mia. er forventede nye olieletter.

The US Geological Survey (USGS) – en forskningsenhed under USA's indenrigsministerium, anslår i rapporten, World Petroleum Assesment 2000, ud fra sandsynlighedsberegninger på grundlag af data fra 1996, de tilgængelige olieressourcer til 3.003 mia. tønder (middelværdig). I 1996 var 710 mia. heraf allerede brugt, 890 mia. var resterende reserver i kendte felter, og 1400 mia. skulle kunne tilvejebringes ved nye oliefund og reservetilvækst i eksisterende fund. Rapporten danner grundlag for de seneste vurderinger af verdens olieresserver, som er udgået fra Det Internationale Energiagentur (IEA), US Energy Information Administration (EIA) og EU-kommissionen.

På trods af en stadig mere detaljeret kortlægning af jordens geologi, er det vanskeligt at spå om fremtidens olieforbrug. For det første kender man ikke den præcise efterspørgsel i de kommende år. For det andet kan ingen levere præcise tal for olieresserverne, fordi de blandt andet afhænger af en teknologisk udvikling, som er vanskelig at forudsige. Reserverne varierer år for år – de vokser i takt med nye udvindingsteknologier og fund og falder efterhånden som olien pumpes op. Endelig er også manglende åbenhed fra oliestater og -selskaber med til at gøre billedet grumset.

## IEA'S SCENARIO

Det Internationale Energiagents (IEA) scenario, World Energy Outlook 2002, giver et bud på verdens energisituation anno 2030. IEA forudsiger en udvikling med et konstant voksende energiforbrug – ikke mindst i udviklingslandene. Samtidig vil de fossile brændstoffer fortsætte med at dominere. IEA vurderer, at der selv med en relativt lav oliepris på ca. 29 \$ i 2030 (i år 2000 priser) – mod ca. 28 \$ i dag – vil ske en forøgelse i olieproduktionen på omkring 60 pct. IEA forudsiger, at verdens samlede olieproduktion fra nu og indtil 2030 vil være ca. 1.000 mia. tønder. Til sammenligning er den hidtidige, samlede olieproduktion opgjort til 720 mia. tønder. Det vil sige, at der skal produceres 40 pct. mere i de næste 30 år end der blev produceret i hele det 20. århundrede.





### Dansk olieproduktion topper snart

I 2002 slog produktionen i den danske del af Nordsøen ny rekord med 135 mio. tønder olie. Det gav et plus på den danske olie- og gashandel med udlandet på 16 mia. kr. Eksporten ventes at stige yderligere i de kommende år, indtil den topper med 22 mia. kr. i 2005. Ifølge Energistyrelsens seneste prognoser er der oliereserver i den danske undergrund til at fortsætte produktionen på det nuværende stadi i 13 år. Vurderingen er baseret på en forventning om yderligere udnyttelse af de eksisterende felter ved hjælp af allerede kendt teknologi.

Men der er uenighed om, hvornår den danske olie- og gasproduktion topper, hvorefter der kommer et fald i produktionen, som nødvendiggør import af olie. Energistyrelsens prognoser viser, at Danmarks olie/gasproduktion vil toppe i 2006/2007, og at vi skal importere olie fra 2011, mens nogle udenlandske olieeksperter vurderer, at Danmark allerede skal importere olie fra 2008. Det mener for eksempel oliegeologen Colin Campbell, og Chris Skrebowski, der er redaktør af det engelske tidsskrift, "Petroleum Review". De baserer blandt andet deres vurderinger på, at kun nye store oliefund kan udskyde nedgangen i produktionen. Og sådanne fund finder de ikke særlig sandsynlige. Campbell vurderer, at Danmark i 2020 skal importere halvdelen af landets olieforbrug.

IEA mener, at verdens energiresourcer er tilstrækkelige til at imødekomme det stigende energiforbrug frem mod 2030. Men IEA hejser det røde flag på tre områder og forudser problemer med: Udbygning af energiforsyning og -infrastruktur i takt med stigningen i olieforbruget, voksende CO<sub>2</sub>-udledninger og miljødelæggeser på grund af energiproduktion, og ulige adgang til moderne energiforsyning for verdens fattige befolkninger.

Ifølge World Energy Outlook vil 77 pct. af verdens befolkning i 2030 leve i et olieimporterende land, som for 69 pct. af olieimportens vedkommende er afhængig af Mellemøsten. Udover at det sætter verden i et afhængighedsforhold til en række politisk ustabile lande, så skaber det et behov for enorme investeringer i regionens olieudvinding, som kan imødekomme den voksende efterspørgsel.

### EU'S SCENARIO

EU-kommissionens scenario, Energy, Technology and Climate Policy Outlook 2003 (WETO), giver også et bud på situationen i 2030. WETO forudser en vækst i det globale energiforbrug på 1,8 pct. årligt. Væksten er et resultat af, at de industrialiserede lande nedbringer energiforbruget med 0,4 pct. årligt, mens udviklingslandenes energiforbrug vokser dramatisk. EU forudser, at udviklingslandene i 2030 står for 55 pct. af verdens samlede energiforbrug – mod 40 pct. i dag.

Ifølge WETO vil der være tilstrækkelige oliereserver til at tilfredsstille den voksende efterspørgsel frem mod 2030. WETO, der forudser en oliepris i 2030 på ca. 35 \$ pr. tønde, slår fast, at olie også i 2030 vil være den vigtigste globale energikilde. Sammenholdt med væksten i energiforbruget, indebærer det øgede globale udledninger af CO<sub>2</sub> – fra 22,6 mia. tons i 2000 til 44,5 mia. tons i 2030. Dermed er EU mere pessimistiske end IEA, som forudser en vækst i CO<sub>2</sub> på 70 pct.

EU forventer, at væksten i de konventionelle oliereserver vil øges som følge af nye oliefund og på grund af forbedrede teknologier til udvinding. WETO mener dog, at der efter 2030 vil komme stor fokus på nedgangen i de konventionelle oliereserver. Det skyldes blandt andet, at man kun delvist kan kompensere for den forventede nedgang ved at øge produktionen af ikke-konventionel olie.

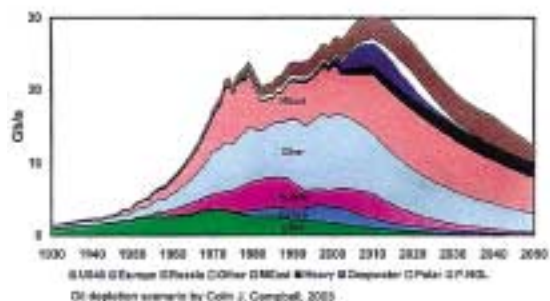
### FREMTIDEN IFØLGE HUBBERT OG CAMPBELL

Oliegeologen M. King Hubberts (1903-1989) udgangspunkt var, at væksten i olieforbruget kun kan fortsætte i et begrænset tidsrum, fordi oliemængden er begrænset. Den øvre grænse for produktionen bestemmes af biologiske, teknologiske og økonomiske for-

hold. I 1956 forudså Hubbert, at olieproduktionen i USA ville toppe omkring 1970 – og det skete. Siden er produktionen i USA faldet med 30 pct. Hubberts forudsigelse var baseret på den antagelse, at udviklingen i produktionen i en olierig region følger en bestemt kurve. Med afsæt i denne "Hubbert-kurve" anslog han de samlede, globale olieforekomster til 2.000 mia. tønder. I 1974 vurderede Hubbert, at den globale produktion af konventionel olie ville toppe omkring år 2000. Når forudsigelsen ikke holdt stik, skyldes det bl.a., at han ikke forudså olieprisernes himmelflugt og den deraf følgende nedgang i forbruget indtil midten af 1980'erne.

Oliegeologen Colin Campbell anslår, at den samlede olieproduktion vil fortsætte omtrent på niveau med i dag indtil 2008, hvor den topper. Fra og med 2010 vil den globale olieproduktion aftage med 2 pct. årligt, vurderer Campbell. Han anslår, at produktionen i Mellemøsten fortsætter med at vokse frem til 2010, hvorefter den forbliver konstant indtil en tilbagegang sætter ind i omkring 2025. Campbell mener, at produktionsnedgangen fra og med 2010 vil ske på trods af, at alle olieselskaber producerer med maksimal kapacitet. Samtidig forudsætter han, at naturgasproduktionen vokser i de kommende år. Campbell mener til gengæld ikke, at teknologiuudviklingen vil øge oliereserverne udover de 150 mia. tønder, der allerede indgår i hans beregningsgrundlag.

Hvis produktionsnedgangen ikke bliver ledsaget af en nedgang i efterspørgslen, så vil oliepriserne stige kraftigt – med alvorlige konsekvenser for den globale økonomi. En konsekvens bliver, at det fremover bliver vanskeligere at opfylde FN's programmer, som skal modvirke fattigdom i verden. Samtidig vil det have stor betydning for velfærden i den rige del af verden, forudser Campbell. Der foreligger i dag ingen samfundsøkonomiske analyser af de virkninger, kraftigt stigende oliepriser vil have for den globale økonomi og for den globale fordeling af olieforbruget.



# DANSKE UDFORDRINGER OG MULIGHEDER

## EN ENERGIPOLITISK ÆRA ER SLUT

Moderne dansk energipolitik er en konsekvens af oliekriserne i 1970'erne. Omdrejningspunktet har været de fire energiplaner – Dansk Energipolitik fra 1976, Energiplan 81, Energi 2000 og Energi 21. Planerne har alle indeholdt langsigtede energipolitiske mål for udvikling af teknologier til både energiforsyning, energibesparelser og miljømæssige hensyn – og de fleste er blevet fulgt op af konkrete udviklingsprogrammer.

Med Energi 21 ønskede regeringen at videreføre en national energipolitik – ikke mindst af hensyn til de danske investeringer i naturgas, kraftvarme og vedvarende energi. Men samtidig igangsatte man med Energi 21 en gradvis liberalisering af de danske energimarkeder på el-, gas- og varmeområdet – en liberalisering, der har gjort det nødvendigt at revurdere det koncept for energiudvikling, som har domineret i mere end 25 år.

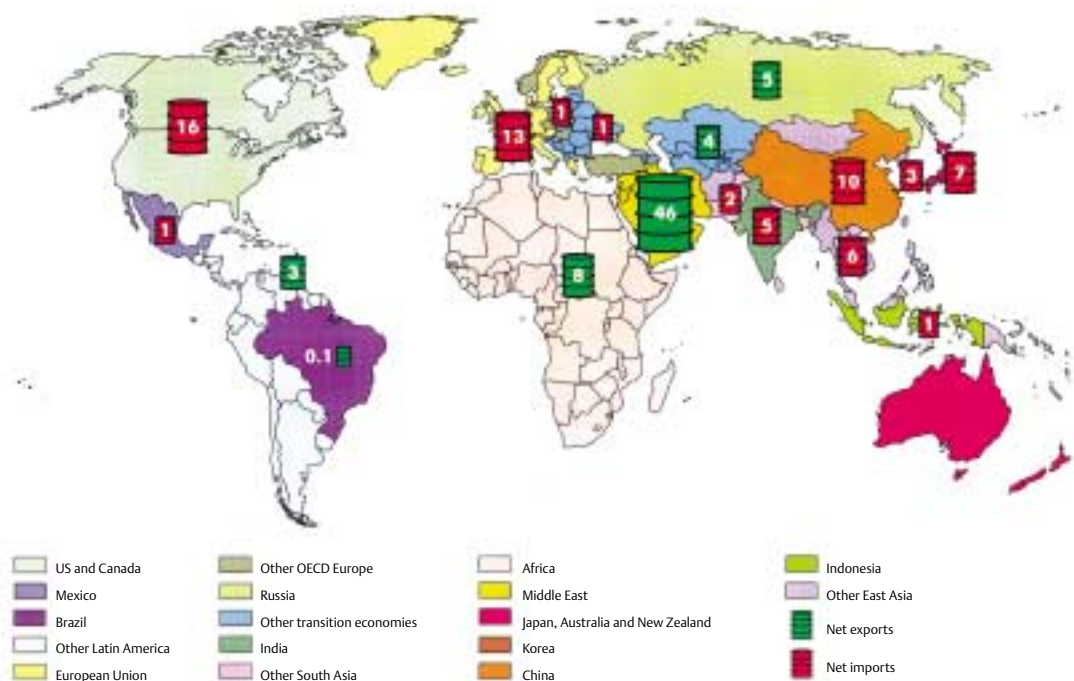
Der er fortsat behov for statsstøtte til forskning, udvikling og implementering af nye energiteknologier – både af hensyn til Danmarks evne til at indrette et hensigtsmæssigt energisystem og for at dansk erhvervsliv kan udvikle energiteknologier, som er konkurrencedygtige globalt. Men udover fortsat integreret teknologi- og erhvervspolitik på energiområdet, er der et stigende behov for at løfte reguleringen fra nationalt til EU plan.

## EN ENERGIPLAN FOR HELE EU

I stedet for at videreføre en tilpasset version af det traditionelle, danske koncept for energipolitik, kan Danmark sætte flere kræfter ind på at påvirke udviklingen på EU-niveau i retning af en fælles energiplan for hele EU.

EU-kommissionen fokuserer allerede på de udfordringer og risici, der følger af nedgangen i olieproduktionen og stigende oliepriser. Kommissionen har for eksempel udgivet en grønbog om forsynings-sikkerhed, en hvidbog om energipolitik og en hvidbog om vedvarende energi. På den baggrund er der blandt andet vedtaget direktiver om anvendelse af vedvarende energi i henholdsvis fjernvarmeforsyningen og elforsyningen.

Problemet er, at den gældende EU-traktat ikke muliggør koordinering på tværs af sektorer med energipolitiske formål – og at regulering på tværs af EU derfor kun kan gennemføres ved enstemmighed i ministerrådet. På grund af den meget forskelligartede energiforsyningsstruktur i EU, har det hidtil vist sig umuligt at implementere EU's egne anbefalinger og direktiver.



Projected net inter-regional oil trade, 2030 (million barrels/day). IEA, World Energy Outlook 2002

## EU frygter voksende afhængighed af Mellemøsten

Mængden af energi der skal importeres vokser. EU kan i dag dække omkring 50 pct. af sit energiforbrug, mens resten må importeres, men allerede om 10 år forventes det at 70 pct. af EU's energi skal importeres. På olieområdet forventes det at 90 pct. af olieforbruget i 2030 skal dækkes via import, primært fra Mellemøsten. Det fremgår af EU's grøn bog, Towards a European Strategy for the Security and Energy Supply, der har dannet baggrund for EU-kommissionens direktivudkast om olie- og naturgassikkerhed af 11. sept. 2002. Grøn bogen redegør for, at EU i stigende grad vil være afhængig af olie fra Mellemøsten med alle de sikkerhedspolitiske problemer, det medfører. Grøn bogen konkluderer, at det europæiske energibehov skal styres for at undgå ubalancer, som kan true medlemsstaternes økonomi. Og det er netop formålet med direktivet at modarbejde negative økonomiske og sociale virkninger af oliemangel og prisstigninger i form af nedsat konkurrenceevne og øget arbejdsløshed. Direktivet skal blandt andet give Kommissionen instrumenter til at sikre større solidaritet mellem medlemsstaterne, hvis der opstår forsyningsproblemer. Direktivforslaget bliver stadig diskuteret, men har mødt modstand fra blandt andre Danmark.

## SIKKERHEDSPOLITIK OG FORSYNINGSSIKKERHED

Den danske - og globale - olieforsyning bliver gradvist mere afhængig af færre olieregioner - nemlig de regioner, hvis olielagre strækker sig langt ind i fremtiden. De to væsentligste er Mellemøsten og landene omkring Det Kaspiske Hav.

USA har for længst rettet blikket mod Det Kaspiske Hav i håbet om, at regionens enorme oliereserver kan flytte tyngdepunktet noget fra Mellemøsten. USA er særdeles aktiv i området med for eksempel statsopbygning og udviklingshjælp. Rusland er også involveret, og Europa har en finger med i spillet via NATO's Partnerskab for Fred-programmer.

Den største sikkerhedspolitiske udfordring er imidlertid Mellemøsten. Området er præget af politisk ustabilitet, som kan påvirke den fremtidige produktion af olie og øge sårbarheden for de olieimporterende lande. Udfaldet af situationen i Irak er af stor betydning for den videre proces, hen mod en styrkelse af den politiske stabilitet i Mellemøsten.

Lykkes det ikke at skabe en udvikling i retning af demokrati og stabilitet i området vil risikoen for revolutioner, borgerkrige, mellemstatslige krige og terrorisme vokse. Det vil i givet fald betyde, at Danmark og store dele af den øvrige verden på et tidspunkt vil være helt afhængig af olie fra en eksplosiv region. Terrorangreb på forsyningslinier og statsterror som lukker forsyningen, kan medføre langvarig oliemangel med negative konsekvenser for verdensøkonomien - og for den enkelte dansker.

## TRANSPORTEN SIDDER TUNGT PÅ ENERGIFORBRUGET

Transporten er den dominerede forbruger af olieprodukter, med en andel globalt på ca. 50%. I Danmark står transporten således for 65% af det totale olieforbrug. Energieffektivisering og energiomstilling i transportsektoren forudsætter i meget høj grad medvirken af producenterne af transportmidler. Ændringer vil derfor også kræve initiativer på EU plan. Optimering af transport- og trafikarbejde, bl.a. gennem større kapacitetsudnyttelse, mere hensigtsmæssige valg af transportformer, bedre logistik, forbedret kollektiv trafiktilbud kan ændre olieforbruget på transportområdet. Det kræver imidlertid en væsentlig reguleringsmæssig indsats. For at arbejde i den retning er der brug for en øget dansk indsats.

ENERGIFORBRUG HOS SLUTBRUGERNE (FRA ENERGIBALANCE 2002) TJ											
	I alt	Råolie og halvfabrikata	Olieprodukter	Olieprodukter (%)	Naturgas	Naturgas (%)	Kul og koks	Vedvarende energi m.m.	El	Fjernvarme	Bygas
Endeligt energiforbrug	628674		297219		69.051		9 288	35463	116542	100513	598
Ikke energiformål	10870		10870	4		0					
Transport	193685		192373	65		0			1312		
Produktionserhverv	165142		57986	20	34846	51	9250	12097	662009	8911	43
Handels- og serviceerhverv	79714		4572	2	6635	10		3191	36569	28702	44
Husholdninger	179262		31418	11	27570	40	37	20175	36652	62899	511

Kilde: Energistyrelsen 2002.



## **ENERGIPRISER OG REGIONALE KONSEKVENSER**

Høje oliepriser vil virke fremmende for en udvikling i retning af mere energieffektive biler og transportformer. Samtidig vil mængden af både gods- og persontransport falde i takt med de stigende priser. Og hvis der ikke opstår tilsvarende billige transportmuligheder, vil det føre til nedgang i den globale handel med varer på kryds og tværs af kontinenter og verdensdele – og den lokale vareproduktion vil vokse.

Der vil også være mærkbare konsekvenser for mennesker i landområderne. En udbredt livsform herhjemme, hvor folk bor på landet, men lever i byerne, kan få svære overlevelseshvilkår. Den billige olie har gjort det muligt for mange at indrette sig, så de er afhængige af lang transport mellem hjemmet og arbejde, indkøb og kultur. Markant højere oliepriser vil dog vanskeliggøre denne storbylivsstil på landet.

For at undgå en fremtidig marginalisering af yderområderne, fordi, at folk må flytte tilbage til byerne, er der behov for at opbygge en ny transport-, butiks- og arbejdsstruktur i Danmark. Mennesker skal i højere grad end i dag prioritere at arbejde tæt ved hjemmet. De store centrale butikcentre vil eventuelt blive suppleret af nye butikker i lokalsamfundene og øget varehandel via internettet.

## **FREMTIDENS TRANSPORT**

Høje oliepriser vil sandsynligvis medføre udbygning af den kollektive trafik i Danmark. Ny informationsteknologi og internettet muliggør for eksempel udvikling af et sofistikeret transportsystem, der er en mellemting mellem taxa og traditionel kollektiv trafik. I Danmark foregår der flere forsøg på området – blandt andet med ”telebuser” i hovedstadsområdet. En telebus har en køreplan, men kører kun til bestemte lokationer, hvis den bliver bestilt til det.

Den dyre olie vil formentlig også føre til udvikling af biler, der bruger mindre brændstof. I dag er der begrænsede krav til bilernes brændstofforbrug – og der er behov for en regulering, som medfører større energieffektivitet. EU har indgået frivillige aftaler med bilindustrien, som skal føre til en forøgelse på ca. 20 pct. i antallet af km pr. liter over de kommende 5 år. Men 20 pct. er et begrænset krav set i forhold til mulighederne. Større krav til industrien vil sætte fart i produktionen af biler, der kører længere på literen. Det er for eksempel realistisk, at energiforbruget omregnet til benzin i en lille, let brændselscelledreven bil vil ligge på mere end 50 km/literen.

Nye afgiftsstrukturer, som gør brændstof dyrere og favoriserer biler, der kører langt på literen, vil fremme udviklingen af energieffektive teknologier og alternativer til benzin/dieselmotoren, når olieprisen stiger. Også miljøkrav til biler er med til at stimulere en sådan udvikling. Selvom bilfabrikkerne måske helst ville fortsætte med de traditionelle motorer, så bruger de i dag en del ressourcer på at forske i alternativer – for eksempel brintdrevne brændselsceller – som det kan betale sig at satse på, når eller hvis fabrikkerne på et tidspunkt ikke længere kan leve op til stadig strengere miljøkrav.

## **ET BUD PÅ FREMTIDENS DANSKE ENERGISYSTEM**

Der er efterhånden en stigende enighed om, at det er nødvendigt at udvikle et alternativt energisystem til det oliebaserede. Denne samfundsmæssige opgave er imidlertid enorm og vi står overfor noget, der sandsynligvis bliver verdenshistoriens største rekonstruktionsopgaver. Herhjemme har vi allerede i mere end 20 år praktiseret nytænkning på energiområdet via langsigtede energiplaner. Vindkraft har været en central del af energiplanerne – og her i 2003 kommer ca. 20 pct. af det danske elforbrug fra vind.

Blandt danske energiforskere er der udbredt enighed om, at det mest oplagte, alternative energisystem herhjemme skal udspringe af omfattende energieffektivisering og en fortsat udbygning af vedvarende energi og især vindkraft. Hvis man medregner omkostningerne fra de fossile brændstoffers forurening, så er vindenergi i dag en samfundsmæssigt rentabel energikilde i Danmark. I et af de scenarier for fremtidens energisystem, som får størst opbakning blandt danske eksperter, benyttes overskudsstrøm fra vindmøllerne til produktion af brint, der anvendes som drivmiddel i brændselsceller, der kan producere transportenergi, el og varme.

I brintscenariet opbygges et energisystem med sammenhæng mellem transport, opvarmning og elforbrug. Visionen går blandt andet ud på at skabe en decentral el- og varmeproduktion, hvor der opstilles brændselscelleanlæg til erstatning for olie- eller gasfyre. De nye anlæg kører i første omgang på brint og producerer el og varme til det enkelte hjem, til hele boligkomplekset eller til virksomheden. I visionen er brint også brændstof i de brændselsceller, som erstatter benzin og diesel i fremtidens biler. Den nødvendige brint til transport vil måske også kunne fremstilles decentralt. Den nationale distribution af brint kan foregå gennem naturgasnettet – som alligevel ikke skal bruges, når gassen slipper op.

### Powerpool – et element i brintsamfundet

Powerpool er visionen om et altfavnende energisystem, som registrerer og behandler signaler om elforbrug og -produktion fra små og store elproducenter og forbrugere – og som på den baggrund udsender en elpris, der afspejler den øjeblikkelige balance på nettet. Det betyder for eksempel, at forbrugerne kan reducere deres samlede eludgift ved at flytte forbruget til tidspunkter, hvor elprisen er lav. Powerpool åbner også for, at decentral elproduktion fra brintdrevne brændselscelleanlæg, vindmøller og lignende kan føres ind i ét stort, fuldautomatisk system.

Samfundsmæssigt vil den større fleksibilitet blandt andet medføre mere stabile elpriser og mindre behov for dyre kraftvarmeværker.

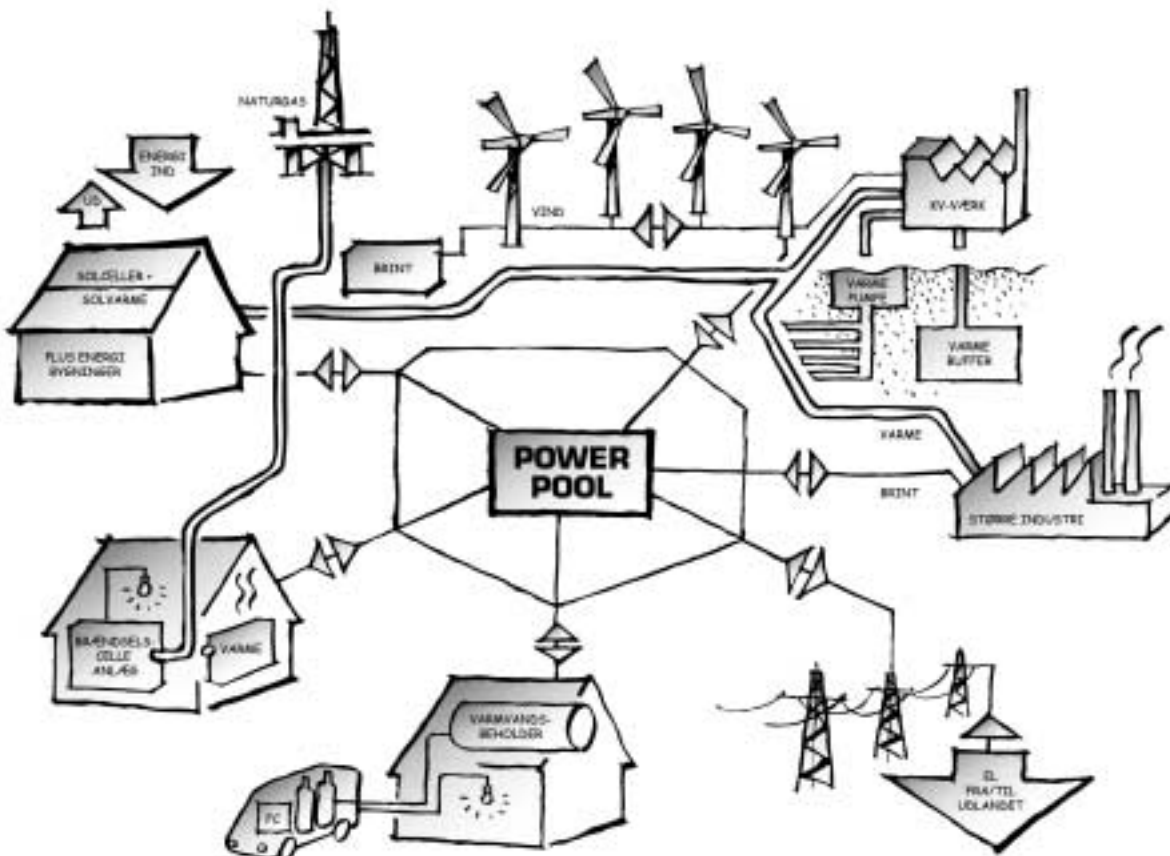
Indførelse af Powerpool forudsætter blandt andet en omlægning af det danske afgiftssystem, der skal indrettes med henblik på at skabe fleksibel produktion og forbrug. Derudover skal der udvikles de relevante software- og kommunikationssystemer, ligesom elskaberne skal give deres kunder tilbud om fleksibelt forbrug. De første spæde forsøg med at tilbyde private elforbrugere økonomisk kompensation for at stille et fleksibelt forbrug til rådighed, er allerede taget af det systemansvarlige selskab Elkraft. Der eksisterer i dag ingen teknologiske barrierer for realiseringen af Powerpool.

Visionen Powerpool er udarbejdet under Ingeniørforeningens Energiteknologiske Fremsyn.

Realisering af brintscenariet forudsætter, at brændselscelle-teknologien bliver rentabel. Det mål bliver der arbejdet intensivt efter i lande som Canada, Tyskland, USA, Japan og Danmark. De fleste steder i regi af et langsigtet brintprogram, dog ikke i Danmark, hvor brintprogrammet blev lukket i 2002. Flere store bilfabrikker er på vej med serieproducerede brintbiler. Og virksomheder i en række lande er allerede på banen med kombinationsfyr, som bruger brændselsceller.

Kun få forskere tror imidlertid på et gennembrud for brintsamfundet med de nuværende, relativt lave oliepriser. Når eksperterne alligevel opfordrer til at handle og handle hurtigt, så er det med den begrundelse, at forskning, teknologiudvikling og implementering tager tid – og at det gælder om at være så parat som muligt, når olieproduktionen topper. Til den tid bliver der nok at se til, blandt andet med opbygning af den infrastruktur, som skal muliggøre omstilling til brintsamfundet.

Danske energiforskere mangler ikke argumenter for, hvorfor det er nødvendigt at accelerere udviklingen mod brintsamfundet. For det første er der allerede i dag problemer med at håndtere overskudsstrøm fra vindmøller – og ofte lykkes det ikke at opnå en tilstrækkelig høj pris for strømmen på det internationale elmarked. I brintsamfundet vil overskudsstrømmen blive anvendt til produktion af brint, som derefter anvendes til transport og produktion af el og varme. Endelig er Danmark blandt de førende på brændselscelleområdet – og der er håb om, at yderligere investeringer i forskning, udvikling og demonstration kan føre til opbygning af en industriel succes på linie med vindindustrien.



# ANBEFALINGER TIL EN DANSK ENERGIPOLITIK

- FRA TEKNOLOGIRÅDETS  
OG INGENIØRFORENINGENS  
ARBEJDSGRUPPE

## ANBEFALINGERNE BYGGER BL.A. PÅ UDREDNINGEN "OIL-BASED TECHNOLOGY AND ECONOMY – PROSPECTS FOR THE FUTURE"

1. Som det fremgår af udredningen "Oil-based Technology and Economy- Prospects for the Future" er der internationalt meget delte vurderinger af, hvor hurtigt olieressourcesituationen vil få konsekvenser i form af relative prisstigninger eller en nye oliekrise. Med udgangspunkt i arbejdet med udredningen er det dog arbejdsgruppens vurdering, at der inden for en energipolitisk relevant tidshorisont på 10-20 år vil være en klart vigende adgang til billige konventionelle olieressourcer, ikke mindst betinget af en fortsat stærk stigning i det globale forbrug. Samtidig kan det ikke helt afvises, at konsekvenserne vil komme hurtigere.
2. Danmark er fortsat i vid udstrækning afhængig af fossil energi, idet 87-88 procent af det samlede bruttoenergiforbrug (Olie og olieprodukter udgør 43%, naturgas 24% og kul og koks 21%) stammer fra fossile brændsler. Uanset om man ser på forbruget af primær energi eller på slutforbruget, udgør forbruget af olieprodukter ca. 45% (43 hhv. 47 %) af det samlede forbrug. Danmark er således også afhængig af den billige olie.
3. Arbejdsgruppen finder på denne baggrund, at der bør iværksættes konkrete analyser/overvejelser vedrørende konsekvenserne for det danske transport- og energisystem. Dette bør omfatte såvel forsyning som forbrug og den fremtidige langsigtede (10-20 år) udvikling i markedet for olieprodukter, herunder konsekvenserne af olieprisstigninger, der er (væsentligt) større end den almindelige prisudvikling. Sådanne analyser kan gennemføres som scenarier baseret på forskellige forudsætninger.
4. Disse fremtidige overvejelser skal ses i sammenhæng med
  - de klimapolitiske mål, hvis realisering på langt sigt vil være afhængig af en omstilling af energisystemet til dels et mindre forbrug af fossil energi, dels til et mindre samlet energiforbrug, bl.a. gennem en yderligere effektivisering af systemet
  - hensynet til forsynings sikkerheden, som er afhængig af dels en spredning af forsyningen på flere primære energikilder og dels et bedre samspil mellem forbrug og forsyning.
5. For forsynings sikkerheden er det samtidig vigtigt, at Danmark fastholder en høj grad af selvforsyning med olieprodukter fra Nordsøen. I denne forbindelse er det også vigtigt at sikre en effektiv udnyttelse af ressourcerne, bl.a. gennem en langsigtet planlægning.
6. Både på grund af mulige negative konsekvenser for erhvervenes konkurrenceevne og fordi der på en række område er en europæisk regulering af energisektoren/det indre marked, vil virkemidlerne til opfyldelse af de energipolitiske mål i stigende udstrækning være internationale/europæiske.
7. I den Europæiske Union mangler der en egentlig traktatmæssig hjemmel til at føre energipolitik. De hidtidige beslutninger er baseret enten på Indre Marked hjemlen (liberaliseringen) eller på miljøhjemlen (klimapolitikken). Det betyder at energipolitiske vedtagelser, herudover, kræver enstemmighed, hvilket i praksis har betydet et meget lavt ambitionsniveau. F.eks. har der ikke kunnet opnås enighed om anvendelse af de centrale økonomiske virkemidler, herunder CO2 afgifter. Det er vigtigt, at Danmark bidrager til at sikre, at der i den kommende nye traktat skabes en hjemmel til gennemførelse og implementering af en langsigtet, fælles europæisk energipolitik, baseret på hensynene til økonomisk og ressourcemæssig effektivitet, forsynings sikkerhed og miljøhensyn.
8. Vigtigheden af det europæiske perspektiv hænger bl.a. sammen med, at transporten er den dominerende forbruger af olieprodukter. I Danmark står transporten således for 65% af det totale olieforbrug. Eftersom energieffektivisering og energiomstilling i transportsektoren i meget høj grad forudsætter medvirken af producenterne af transportmidler, er det vigtigt med initiativer på EU plan.
9. På transportområdet bør der indgå optimering af transport- og trafikarbejde, bl.a. gennem større kapacitetsudnyttelse, mere hensigtsmæssigt valg af transportform, bedre logistik, forbedret kollektiv trafiktilbud m.v.. Her er der brug for en øget dansk indsats.
10. Både nationalt og internationalt kan der arbejdes med en integration af transport i den samlede energisektor, således at "overskydende" energi fra vindmøller, solceller, kraftvarmeproduktion m.v. kan anvendes i transportsektoren. På længere sigt kan dette ses i sammenhæng med anvendelse af brint som energikilde.



## KILDER

- \* "Oil-based Technology and Economy Prospects for the Future. A short introduction to basic issues and a review of oil depletion projections derived from different theories and methods". IDA og Teknologirådet 2003.
- \* Birthe Hansen, lektor, ph.d. ved Institut for Statskundskab, Københavns Universitet.
- \* Kaj Jørgensen, seniorforsker ved Afdeling for Systemanalyse, Forskningscenter Risø.
- \* Bent Sørensen, professor ved Institut for Matematik og Fysik, Roskilde Universitetscenter.
- \* Tage Dræbye, civilingeniør, Dræbye Rådgivning og Projektledelse.
- \* Klaus Illum, ECO Consult – Systems Analysis. Energy, Ecology, Economy.
- \* ASPO, the Association for the Study of Peak Oil & Gas: [www.peakoil.net](http://www.peakoil.net).
- \* USGS, U.S. Geological Survey: [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov).
- \* IEA, Det Internationale Energiagentur (under OECD): [www.iea.org](http://www.iea.org).
- \* Teknologidebat, september 2003, Fokus om olieforsyning. Teknologirådet.
- \* Rapporten "Teknologisk Fremsyn. Fremtidens Energi." IDA, 2003. Kan downloades fra [www.ida.dk/Teknologisk\\_Fremsyn](http://www.ida.dk/Teknologisk_Fremsyn)
- \* "Rapporten "Danmarks olie- og gasproduktion", Energistyrelsen 2002. [www.ens.dk](http://www.ens.dk).

**INGENIØRFORENINGEN I DANMARK**



**TEKNOLOGI-RÅDET**

IDA, INGENIØRFORENINGEN I DANMARK  
KALVEBOD BRYGGE 31-33  
1780 KBH V  
T 33 18 48 48  
F 33 18 48 99  
M IDA@IDA.DK  
W IDA.DK

TEKNOLOGIRÅDET  
ANTONIGADE 4  
1106 KBH K  
T 33 32 05 03  
F 33 91 05 09  
M TEKNO@TEKNO.DK  
W TEKNO.DK