

De Fossile Brændsler

af Henning Sørensen

De fossile brændsler omfatter olie, naturgas, olieskifer og tjære-sand, samt kulrækkens bjergarter - tørv, brunkul, stenkul og antracit.

EF-kommissionen har beregnet, at såfremt olie var den eneste energikilde, skulle der i 1970 være brugt 4,8 milliarder tons olie for at dække verdens samlede energiforbrug dette år. Verdens samlede energiforbrug fordelte sig ivotrigt på de forskellige energikilder som følger:

olie	40 %
kul, brunkul	36 %
vandkraft	} — 6 %
atomkraft	
naturgas	18 %

Olie dækkede i 1970 57 % af EF-landenes energiforbrug, i Danmark cirka 90 % af forbruget, det vil sige oliemængder der lå langt over verdensgennemsnittet på cirka 40 %. Siden 1970 er oliens andel af energifremstillingen øget. Oliekrisen i 1973/74 har derfor, som diskuteret i Varv 1, 1974, skærpet frygten for at der kan blive knaphed på olie, således som det fra blandt andet geologisk side har været påpeget i snart mange år. Det er givet, at de fossile brændsler vil vedblive at være de vigtigste energikilder i en længere årrække, idet ingen alternative energikilder, bortset fra atomkraft, kan komme til at spille en betydende procentuel rolle i en nærmere fremtid. Jeg skal derfor i det følgende belyse de enkelte brændselstypers fremtidsmuligheder med hovedvægten på olie.

De forskellige brændslers andel af energiproduktionen (i procent)

	1900	1920	1940	1960	1970	1985
kul - brunkul	94,2	86,7	74,6	52,1	36,0	18,8
olie	3,8	9,5	17,9	31,2	40,1	48,5
naturgas	1,5	1,9	4,6	14,6	18,1	19,7
vandkraft + atomkraft	0,5	2,0	2,9	2,1	5,8	13,0

kilder: E.N. Tiratsoo: "Oilfields of the world". Scientific Press, Beaconsfield, England (1973) og "Energy in the 1980s". The Royal Society of London (1974).

KUL

Reserverne af kul er meget store. US Geological Survey har i 1973 beregnet, at jordklodens oprindelige lager af brydeværdige kul, det vil sige kullag, som er mere end 36 cm tykke og som ligger mindre end 1,2 km under jordoverfladen, ialt har udgjort cirka 15.000 milliarder tons. Der er fra 1860 til nu brudt cirka 140 milliarder tons og nu brydes cirka 3 milliarder t/år. Kulressourcerne skulle således kunne dække et endog stærkt voksende forbrug i mange hundrede år. De opmålte og skønnede reserver er på tilsammen cirka 8.500 milliarder tons (i Varv 1, 1974, side 26 er givet resultaterne af en ældre vurdering). Det skal her påpeges, at kuls forholdsvis enkle geologiske forekomstmåde og velkendte oprindelse gør det muligt at beregne ressourcerne med en rimelig sikkerhed.

Problemet ved at anvende kul som brændsel er således ikke ressourcernes størrelse, men derimod brydningen, transporten og udnyttelsen, som er ledsaget af væsentlige bivirkninger. Minedriften er ubehagelig og farlig og efterlader skæmmende sår i landskabet og store affaldsbunker. Kun hvor overfladenære kullag kan brydes ved "strip mining" i åbne brud, kan et landskab restaureres fuldstændigt efter brydningen. Transporten fra mine til forbrugere vil omfatte milliarder af tons per år, hvilket dels er meget energikrævende, dels stiller krav om omfattende transportanlæg. Forbrændingen af kul er stærkt forurenende og efterlader store mængder aske og sod. Forureningen omfatter desuden røg, gasser og partikler med store indhold af svovl, uran, germanium, arsen og en lang række andre grundstoffer. Et 1000 MW (megawatt) kraftværk forbruger et par millioner tons kul per år og producerer cirka 250 tons svovldioxid per dag, 80 tons kvælstof-forbindelser per dag, samt kuldioxid med mere. En storstilet anvendelse af kul nødvendiggør, at de forurenende stoffer forhindres i at nå ud i atmosfæren, hvilket kræver rensning af kullene eller af forbrændingsprodukterne.

Verdens kulressourcer (brunkul + stenkul + antracit)
i milliarder t

	Reserver ^{x)}	Hypotetiske res- sourcer, også i ukendte felter	Total
Asien	6.300	3.600	9.900
Nord Amerika	1.550	2.600	4.150
Europa	570	190	760
Afrika	70	150	220
Oceanien	55	65	120
Syd- og centrale Amerika	18	10	28
Ialt	8.563	6.615	15.178

efter US Geol. Survey Professional Paper 820, 1973.

(tal omregnet fra short ton, idet 1 sh.t. = 0,9 metrisk ton).

^{x)} Af de ca. 8.500 milliarder t er ca. 730 milliarder t opmålt ved hjælp af boringer, nemlig ca. 460 milliarder t stenkul + antracit og ca. 270 milliarder t brunkul. Den resterende del af reserverne udgøres af skønnede tonnager i kendte felter.



Eksempel på "strip-mining" i Nordøstengland. Øverst det aktive brud, nederst restaureret landskab lige efter flytning af brud.

Der foregår nu en betydelig forskning med henblik på at gøre brydning og udnyttelse af kul mere miljøvenlig og flere metoder er under udvikling. En mulighed er at omdanne kullene i selve minerne til syntetisk gas eller benzin, til træsprit (se Varv 3, 1974) eller til andre brændsler, som er lette at transportere, og som kan nedsætte forureningen knyttet til anvendelsen. Det kan her nævnes, at Tyskland under sidste krig var henvist til at fremstille benzin, olie med mere ud fra brunkul og kul, og i Sydafrika fremstilles nu cirka 230 millioner liter benzin per år ud fra kul. De stærkt stigende oliepriser har øget interessen for benzin, olie og gas fremstillet på denne måde.

Forgasning af kul i underjordiske miner vil fjerne de fleste af de ulemper, der nu knytter sig til udvinding og anvendelse af kul. Man vil kunne udnytte tynde lag af urene kul og dybe kullag, og udvinding vil kunne ske uden de ulemper for minearbejderne, som nu kendetegner kulbrydning. Forsøg på underjordisk forgasning er nu i gang i USA. Udvinningen vil kunne ske ved at luft pumpes ned gennem borehuller for at opretholde forbrændingen af kullag, som er løst gennem fjernstyrede sprængninger og derefter antændt. Kulgas kan da pumpes op gennem andre borehuller. Der forestår dog endnu et betydeligt udviklingsarbejde før denne metode for alvor vil kunne bidrage til energiforsyningen.

Lykkes det at udvikle metoder til storstilet og forureningsfri udnyttelse af kul som energikilde, vil energibehovet være dækket mange hundrede år ud i fremtiden.

OLIESKIFER

Det har i den senere tid ofte været påpeget, at der rundt om i verden i de såkaldte olieskifre findes meget større mængder af olie end i de egentlige olieforekomster, og at de stigende oliepriser nu er ved at gøre disse forekomster rentable.

Olieskifre er finkornede sedimenter, hovedsagelig lerskifre, rige på organisk materiale (kerogen). Kerogen udgør 4-50 % af bjergarternes vægt. Olie og gas kan ikke direkte oppumpes eller ekstraheres med væsker fra sådanne forekomster, men må udvindes ved destillation ved 400-600° C. Det vil med den nu anvendte teknik sige, at skifrene brydes, knuses og ophedes.

Olie har i mange år været udvundet af olieskifre i for eksempel Estland, Manchuriet og Skotland, og i et vist omfang også i Sverige. Der fremstilles nu cirka 350 millioner tønder olie per år ad denne vej med Kina som den største producent.

Olieforekomster måles almindeligvis i tønder (barrels på engelsk) og ton. 1 tønde er 158,9 l eller 0,159 m³.

Olies vægtfylde varierer fra cirka 0,8 til 1,0. Ved omregning af ton olie til tønder går man ud fra en gennemsnitsværdi på 7,2 tønder per ton olie.

Gasreserver måles i m³ eller kubikfod, 1 m³ = 35,3 kubikfod.

De totale skønnede ressourcer af olie i skiferforekomster, hvoraf der kan udvindes mere end 100 liter olie per ton, opgives at være 16.000 milliarder tønder, hvortil yderligere kommer 330.000 milliarder tønder olie i forekomster, som kan give 40-100 liter per ton skifer. Beregningerne gælder for de skønnede mulige forekomster i dybder til cirka 6000 m. Alene Green River Formationen i Colorado, Utah og Wyoming skønnes at indeholde mere end 1.800 milliarder tønder olie.

Udvinding vil kunne ske ved brydning og knusning, men der skal i de fleste forekomster brydes mere end 100.000 tons skifer per 100.000 tønder udvundet olie, hvilket giver et meget alvorligt affaldsproblem. Meget store landområder vil blive ødelagt på grund af de store tonnager, der er tale om. Og der skal bruges så store mængder vand, at udvindingen af den grund vil blive begrænset i mange områder. Processen indebærer stor fare for forurening af vandløb, søer og grundvand. På plussiden tæller, at der er mulighed for samtidig fremstilling af nyttige biprodukter, som for eksempel natriumkarbonat, aluminiumsulfat, ammoniumsulfat, asfalt, koks med videre. Asken er rig på spormetaller, blandt andet uran.

Traditionel brydning vil nok være ledsaget af så alvorlig miljøforurening, at man vil foretrække underjordisk forgasning af skifrene.

Estlandsk olieskifer er anvendt direkte som brændsel i Narva-elvverket, og har også dannet grundlag for fremstillingen af syntetisk gas til Leningrad.

TJÆRESAND

Tjæresand er forekomster af sandsten imprægneret med tjære, det vil sige tung sejtflydende olie. Den største kendte forekomst findes ved Fort McMurray i Alberta i Canada i et område på cirka 34.000 km² underlejret af sandsten fra den ældre del af Kridttiden. Forekomsten har en gennemsnitstykkelse på 50 m og er dækket af overjord, blandt andet moræne, som kan nå tykkelser på mere end 100 m. Sandet indeholder mere end 2 vægtprocent olie.

Forekomsterne er formentlig dannet ved at de lette og flygtige bestanddele er fordampet fra et højtliggende oliereservoir.

På grund af den store mængde overjord er brydning i åbne miner meget bekostelig. Man udvasker i stedet olien ved gennem borehuller at gennemskyllende sandstenen med en blanding af vanddamp og natriumhydroxid. Udvinding har fundet sted siden 1967. Der skal tilsættes lejtflydende kulbrinter for at oparbejde denne olie, for eksempel cirka 15 m³ naturgas per tønde udvundet olie.

Forekomsterne i Alberta rummer måske 900 milliarder tønder olie, men mindre end 100 milliarder tønder kan udvindes økonomisk med de nu benyttede metoder.

Tjæresandsforekomster findes også på Melville Island i det nordlige Canada, forskellige steder i USA, i det østlige Venezuela (med 200 milliarder tønder olie), i Afrika, USSR og andre steder.

OLIE OG NATURGAS

Olie og naturgas har været de dominerende energiråstoffer i den sidste halve snes år. At disse brændselsstoffer har fortrængt kul i en række anvendelser skyldes, at de er meget lette og billige at udvinde og transportere (for eksempel gennem rørledninger), at de er mindre forurenende i anvendelsen end kul, at de er bedre egnede som brændstof i transportmidler, samt at der kan fremstilles en lang række værdifulde biprodukter fra råolie.

Problemerne, der knytter sig til anvendelsen, er for det første, at forbrændingen af olie og naturgas tilfører atmosfæren store mængder kuldioxid, svovl, vanadium og andre forurenende stoffer. Også havene forurennes, idet det skønnes, at cirka 0,1 % af den producerede olie, nu cirka 2 millioner tons per år, ender i havene. 90 % af denne mængde stammer fra den normale arbejdsgang, 10 % fra uheld.

For det andet skønnes de kendte reserver af olie + gas kun at kunne dække et fortsat stigende forbrug i endnu få tiår. Olieforbruget er vokset nogenlunde konstant med 7 % per år siden 1890, det vil sige forbruget fordobles for hver cirka 10 år. Produktionen er ved at toppe i USA, som for ikke mange år siden var den største producent.

Et tredje problem er, at de største olie- og gasforekomster er koncentreret i ganske få lande, først og fremmest i Mellemøsten.

Men det alvorligste problem er nok, at jordklodens totale udnyttelige forekomster af olie og naturgas kun skønnes at kunne række nogle tiår ind i næste århundrede, hvis forbruget vedbliver at vokse. Det er her på sin plads at minde om, at olie og naturgas er vigtige råstoffer i den petrokemiske industri og alt for værdifulde til at brænde op.

De dystre perspektiver er årsag til, at der knytter sig den allerstørste interesse til mulighederne for at beregne de totale ressourcer af olie og gas og for at finde nye forekomster.

En vurdering af de totale olie-gas-ressourcer bygger på kendskabet til hvordan olie-gas opstår og hvordan olie-gas-ansamlinger dannes, samt kendskab til de geologiske miljøer og strukturer, som er særlig gunstige. Hertil kommer tekniske og økonomiske vurderinger.

HVORDAN OPSTÅR OLIE OG NATURGAS ?

Olie og naturgas er blandinger af kemiske forbindelser af kulstof og brint, de såkaldte kulbrinter. Den simpleste af disse er methan, CH_4 . Der indgår også forbindelser af kulstof, brint, ilt og kvælstof.

Den geologiske forekomstmåde af olie og naturgas er langt mere kompliceret end kuls forekomstmåde. Man udvinder olie og gas fra store ansamlinger af disse i såkaldte reservoirbjergarter, men olie og gas er opstået diffust i helt andre, dybereliggende bjergarter, de såkaldte moderbjergarter.

Der er nu stort set enighed om, at olie og naturgas er fremkommet ved omdannelse af rester af organismer indlejret i sedimenter. Det underbygges blandt andet af følgende forhold:

- 1) I råolie indgår kemiske forbindelser, porfyriener, som helt sikkert stammer fra klorofylforbindelser, det vil sige fra planterens grønne farvestof.
- 2) Mængdeforholdet mellem kulstofisotoperne C-12 og C-13 i olie og naturgas svarer til forholdet i planter og dyr (Varv 3, 1974).
- 3) I nutidige finkornede sedimenter rige på organismerester findes kulbrinter, som dog har en anden sammensætning end kulbrinterne i olie og gas. Der er fundet indhold på op til 1 % kulbrinter i sedimenter. Det er for eksempel beregnet, at nutidige sedimenter i Den Mexikanske Golf indeholder mere end 1.000.000 tønder kulbrinter per kubikkilometer.

Det at der er tydelige kemiske forskelle mellem kulbrinterne i nutidige sedimenter og i olie-gas viser, at oliedannelsen er betinget af en omdannelse af det organiske materiale, som er indlejret i sedimenterne. Denne omdannelse skyldes, at moderbjergarten for olie-gas-dannelsen er blevet overlejret af yngre sedimenter, således at den er blevet underkastet stigende tryk og temperatur. At en sådan omdannelse finder sted fremgår af flere kendsgøringer.

Der er således tydelig forskel på sammensætningen af olie og gas dannet til forskellig tid og i forskellig dybde. Det gælder generelt, at olien fra gamle og dybtliggende oliefelter har en enkel kemisk sammensætning, lav vægtfylde og et stort indhold af gas, mens olie fra unge og højtliggende oliefelter er tungere og med en mere kompliceret kemisk sammensætning, svarende til forholdene i levende organismer. Omdannelsen af det oprindeligt indlejrede organiske materiale går således mod let gasrig olie og i de dybeste forekomster dominerer gas over olie. Der er foregået en naturlig "krakning" af det organiske materiale.

Det kan indskydes her, at flydende og gasformige kulbrinter afgives fra kullag, når disse begravnes af yngre bjergarter. Indeholder en lagserie flere kullag, stiger lagenes indhold af kulstof mod dybet, hvilket svarer til, at kulbrinter er afgivet. Kulbjergarters gasindhold aftager med cirka 0,5 % per cirka 30 m. De britiske og hollandske Nordsø-forekomster af gas kan være uddrevet fra dybtliggende kullag.

Porfyriener nedbrydes ved cirka 200° C, og da olie indeholder disse kemiske forbindelser, kan moderbjergarterne ikke have været opvarmet over

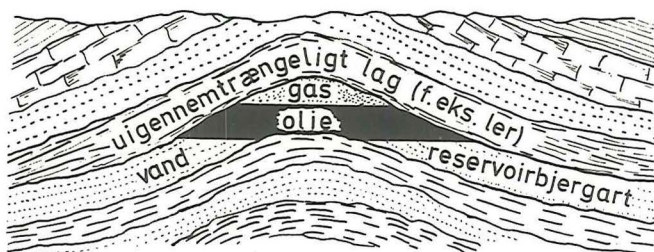
denne temperatur. Ydermere aftager sedimenters porerumfang, det vil sige evnen til at opbevare olie og gas, med stigende tryk, det vil sige stigende dybde. Disse forhold sætter en grænse for, hvor dybt olie-gas-forekomster kan ligge. I USA er ikke udvundet olie fra dybder meget større end cirka 7 km, og sjældent fra dybder større end 5 km. Hvor dybt olie kan findes afhænger iøvrigt af den lokale temperaturgradient, 200°C nås jo i forskellig dybde i de forskellige områder.

De nævnte forhold viser, at dannelsen af olie og naturgas forudsætter en så hurtig indlejring af organismerester i finkornede sediment (især marine), at de organiske rester forhindres i at blive iltet og nedbrudt. Betingelserne for olie-gas-dannelse er derfor bedst udviklede i sedimentationsområder, hvor indsykning af havbunden resulterer i store sedimentmægtigheder. Olie-gas felter findes derfor i stort tal i randsænker langs bjergkæder.

De største oliemængder er fundet i Mesozoiske og Tertiære bjergarter, men man har fundet kulbrinter i mere end 3 milliarder år gamle bjergarter i Sydafrika. Det er sandsynligt, at disse kulbrinter er langt yngre end de bjergarter de nu findes i, men man har andre steder, blandt andet i Michigan, Prækambriske bjergarter med sikkert biogent organisk stof (porfyriner).

OPSAMLING AF KONCENTRATIONER AF OLIE OG GAS

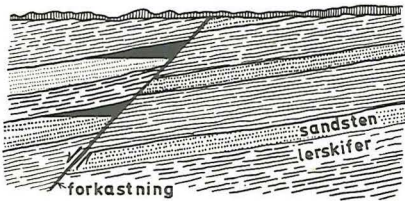
En betingelse for at få dannet store olie-gas-felter er, at olie-gas bliver uddrevet af moderbjergarterne, hvor det organiske stof, som omdannes til olie og gas, er jævnt fordelt i lav koncentration. Denne uddrivning af olie, gas og vand skyldes forskelle i tryk, sammenpresning af moderbjergarterne, tilstedeværelsen af gennemtrængelige lag som olien og gassen kan vandre igennem, forskelle i vægtfylde, idet olie og gas er lettere end både de bjergarter og det saltvand, de findes sammen med, forskelle i temperatur, samt bevægelse af varmt saltvand, som kan transportere olie og gas.



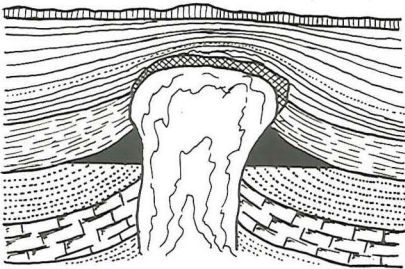
Olie opfanget i sandsten under impermeabel lerbjergart i antyklinalstruktur. Bemærk at olie i reservoirbjergarten findes under naturgas og over saltvand.

En yderligere betingelse er, at den vandrende olie + gas kan opfanges i reservoirbjergarter, det vil sige porøse og permeable (gennemtrængelige) bjergarter, især porøse sandsten og opsprækkede kalkbjergarter, og reservoirbjergarterne må endvidere indgå i geologiske strukturer, oliefælder, som forhindrer at olien og gassen undviger.

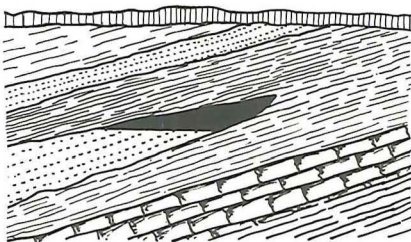
Olie og gas er til nu hovedsagelig udvundet fra de forekomsttyper, som er lette at finde med geologiske og geofysiske metoder, det vil sige store forekomster på ringe dybde knyttet til geologiske strukturer som antiklinaler, domer og salt diapirer. Forholdsvis lidt olie er hentet op fra dybe felter og fra olie-fælder, som er vanskelige at lokalisere med de nu benyttede metoder - det gælder for eksempel olie i stratigrafiske fælder.



Olie (sort) opfanget i svagt hældende sandsten, hvor denne langs en forkastning er bragt i kontakt med en uigennemtrængelig lerbjergart.



Olie opfanget i opbøjede lag langs salt diapir.



Stratigrafisk olie-fælde: olie + gas opfanget i udkilende lag af sandsten i en hældende lagserie af lerskifer.

DEN GEOLOGISKE UDBREDELSE AF OLIE OG NATURGAS

Karakteristisk for forekomster af olie og naturgas er, at de findes i sedimenter i bassiner med sedimentmægtigheder på mindst 2000 m og ofte 3000-4000 m. De pågældende områder er svagt deformerede af forkastninger, svag foldning og eventuelt opskydende salt diapirer.

Cirka 80 % af de 200 største olie-gas-felter ligger i randzoner af kontinentområder og især langs bjergkæder. Mange store oliefelter er knyttet til de alpine foldekæder af Tertiær alder.

Andre oliefelter findes i sænkingsområder i bjergkæder, i dæklag på kontinenterne (Nordsøen), i gravsænkninger og på kontinenternes shelf-områder.

Man har forsøgt at placere olie-gas-forekomster i et pladetektonisk mønster. Det er foreslået, at Mellempøstens gigantfelter af olie og gas og Mellemamerikas og det nordlige Sydamerikas olie-gas-felter er knyttet til spredningszoner, som blev anlagt, dengang Atlanterhavet blev skabt. Disse havarme dannedes i Kridttiden i løbet af kort tid i områder med varmt klima og med rigelig tilførsel af sedimenter og af føde til havorganismerne.

Pladetektoniske modeller kan derfor benyttes i eftersøgningen af ukendte olie-gas-felter.

TEKNISKE OG ØKONOMISKE VURDERINGER

I de fleste oliefelter kan højst 30-40 % af olien udvindes med den nu benyttede teknik, mens gasudbyttet sjældent når over 80 %. Ny teknik vil kunne øge udbyttet, ligesom højere priser vil gøre ekstra anstrengelser lønnende. Tallene for reserverne af olie og naturgas omfatter de udnyttelige dele af forekomsterne på det tidspunkt beregningerne er foretaget og ændres glidende, efterhånden som produktionsudbyttet kan sættes i vejret.

PRODUKTION OG RESERVER

Til og med 1971 er udvundet cirka 264 milliarder tønder olie i hele verden, heraf 97 milliarder tønder i USA. Produktionen i 1972 var på cirka 18 milliarder tønder (2,5 milliarder tons).

De opmålte oliereserver var i 1971 86 milliarder tons (eller 600 milliarder tønder), heraf findes de 70 milliarder tons på land, de cirka 16 milliarder tons under havbunden. Cirka 6 milliarder tons af oliereserverne findes i USA.

Den samlede produktion af naturgas var i hele verden i 1971 1350 milliarder m^3 , heraf 680 milliarder m^3 i USA. Reserverne var på 50.000 milliarder m^3 , cirka 40.000 milliarder m^3 på land og cirka 10 milliarder m^3 under havbunden. USA's reserver er på cirka 8 milliarder m^3 .

Olieproduktion og reserver i udvalgte lande

	Produktion i 1971 i millioner t			Reserver i 1971 i millioner t		
	på land	fra havbund	ialt	på land	fra havbund	ialt
Canada	66,3	-	66,3	1.368	?	>1.368
Mexico	23,2	1,8	25,0	?	?	630
USA	478,8	74,0	552,8	5.349	767	6.116
Nordamerika ialt	568,3	75,8	644,1	6.717,1	767	8.114,1
Argentina	21,7	-	21,7	< 358	?	358
Columbia	11,1	0	11,1	236	?	236
Venezuela	185,0	0	185,0	< 1.984	?	1.984
Sydamerika ialt	235,8	4,3	240,1	3.689	39	3.778
Algier	36,3	0	36,3	1.590	0	1.590
Libyen	132,3	0	132,3	3.300	?	> 3.300
Nigeria	57,2	18,2	75,4	1.331	248	1.579
Afrika ialt	243,2	32,0	275,2	6.434,2	880,1	7.884,3
Danmark	0	0	0	0	34	34
Norge	0	0,3	0,3	0	960	960
Rumænien	13,5	0	13,5	116	0	116
United Kingdom	0,1	-	0,1	480	210	690
Europa ialt	34,6	0,3	36,2	994	1.217	2.253
Indonesien	44,0	0,3	44,3	1.350	50	1.400
Iran	195,3	28,9	224,2	6.562	969	7.531
Irak	84,0	0	84,0	4.840	0	4.840
Kuwait	151,7	9,0	160,7	10.650	120	10.770
Saudi Arabien	176,4	60,8	237,3	12.972	8.488	21.460
USSR	358,5	11,0	369,5	< 10.010	> 190	10.200
Asien ialt	1.106,2	150,4	1.256,8	51.523,1	10.414	63.537,1
120 lande ialt	2.190,5	275,3	2.467,3	69.391,4	13.690,1	85.973,5

Kilde: US Geol. Surv. Professional Paper 817, 1973: Summary Petroleum and Selected mineral statistics for 120 countries, including offshore areas.

Den årlige olieproduktion i millioner tons (i verdensdele og i udvalgte lande)

	1960	1962	1964	1966	1968	1970
Afrika	14,3	38,8	82,2	136,1	192,6	292,3
Algier	8,8	20,5	26,5	34,0	42,9	48,1
Libyen	0,0	8,8	41,4	72,3	125,0	158,8
Nigeria	0,9	3,3	5,9	20,6	7,0	53,4
Asien	436,7	524,5	637,5	768,2	920,9	1.113,4
Kina	4,5	5,3	7,5	10,4	13,0	20,0
Indonesien	20,8	22,8	23,3	23,0	30,0	42,4
Iran	52,3	65,4	83,9	104,6	141,0	189,6
Irak	47,6	49,3	62,1	67,9	73,8	76,6
Kuwait	85,3	98,3	115,8	125,0	132,8	150,1
Saudi Arabien	65,6	81,7	94,6	129,5	151,8	188,9
USSR	147,9	186,2	223,6	265,1	309,2	352,5
Australien, etc.	0,0	0,0	0,2	0,4	1,8	8,6
Europa	28,7	31,9	35,8	36,3	37,2	36,8
Vesttyskland	5,5	6,8	7,7	7,9	8,0	7,5
Rumænien	11,5	11,8	12,4	12,8	13,3	13,4
Nordamerika	431,3	459,6	484,8	531,5	592,5	643,0
USA	391,9	411,0	431,5	471,3	521,5	555,9 ^{x)}
Canada	25,5	32,9	37,0	43,1	51,1	62,1
Mexico	13,9	15,7	16,3	17,1	19,9	25,0
Sydamerika	180,0	204,7	217,7	220,2	240,8	246,4
Argentina	9,1	14,0	14,3	15,0	17,9	20,3
Venezuela	148,7	166,7	177,2	175,6	188,4	193,2
Totalt (120 lande)	1.091,0	1.259,5	1.458,2	1.692,7	1.985,8	2.340,5

Kilde: US Geol. Surv. Professional Paper 817, 1973: Summary Petroleum and Selected mineral statistics for 120 countries, including offshore areas.

^{x)} 1971: 552,8

Den årlige gasproduktion i milliarder m³

	1960	1962	1964	1966	1968	1970
Afrika	0,1	0,9	8,3	15,1	29,3	39,7
Algerier	?	0,4	0,8	2,0	9,6	9,6
Libyen	0,0	0,0	6,5	10,2	17,6	20,1
Nigeria	0,1	0,5	1,0	2,9	1,5	8,1
Asien	79,9	115,5	154,4	202,2	253,8	314,3
Iran	7,5	9,2	11,8	17,9	22,7	31,0
Kuwait	9,9	11,4	13,4	14,5	15,4	17,4
Saudi Arabien	7,7	9,6	11,0	15,1	17,7	22,1
USSR	50,0	79,0	109,0	145,0	171,0	198,0
Australien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
Europa	21,1	27,4	34,3	42,6	72,8	118,8
Vesttyskland	0,5	0,6	1,5	2,8	5,8	12,0
Italien	6,4	7,2	7,7	8,8	10,4	13,1
Holland	0,4	0,5	0,9	3,6	16,1	33,4
Rumænien	6,9	9,3	12,1	14,1	21,9	25,8
United Kingdom	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	11,2
Nordamerika	452,0	490,4	539,8	592,0	668,3	757,3
Canada	14,8	25,3	32,1	38,0	48,0	64,5
Mexico	10,2	11,1	13,7	15,0	16,3	18,8
USA	427,0	454,0	494,0	539,0	604,0	674,0
Sydamerika	44,5	53,2	59,8	62,4	71,3	74,2
Venezuela	31,6	36,3	39,3	41,3	46,3	48,4
Totalt (120 lande)	597,6	687,4	796,6	911,3	1.095,5	1.305,9

Kilde: US Geol. Surv. Professional Paper 817, 1973: Summary Petroleum and Selected mineral statistics for 120 countries, including offshore areas.

Cirka 240 olie-gas felter, eller cirka 5 % af alle produktive olie-felter, leverer mere end 85 % af olie-gas-produktionen og rummer en tilsvarende andel af de kendte reserver. 55 såkaldte supergigantfelter (felter med mere end 1000 milliarder tønder olie eller 1000 milliarder kubikfod gas, henholdsvis cirka 140 milliarder tons og cirka 30 milliarder m³) leverer mere end 65 % af den samlede produktion. Det karakteristiske træk, at det er de virkelig store felter der tæller, illustreres også af, at cirka 300 af de cirka 23.000 olie-gas-felter, som var produktive i USA i 1968, leverede mere end 60 % af produktionen dette år.

Den skæve geografiske fordeling af olie- og gas-reserverne viser også den helt dominerende betydning af de virkelig store felter. 85 % af produktionen af olie + gas kom i 1971 fra kun 11 lande, 34 % fra Mellemøsten, 20 % fra USA. Det kan her passende nævnes, at i 1946 kom kun 9 % af produktionen fra Mellemøsten, men 63 % fra USA. Mere end 60 % af de kendte reserver findes i Mellemøsten.

Til nu har forekomsterne på land domineret. Kun 9 % af den totale produktion af olie + gas stammede til og med 1972 fra havområderne, som dog forventes at levere 30-40 % af produktionen i 1980.

Det er ofte hævdet, at forholdet mellem reserver og årsproduktion er støt voksende, svarende til, at der hvert år er fundet mere olie + gas end der er brugt. Således svarede reserverne i 1940 til 16 års produktion og i 1960 til 39 års produktion. Men fundene har ikke kunnet holde trit med forbruget i 60'erne. Reserverne rækker nu til 33 års forbrug på det nuværende niveau.

VURDERING AF OLIE-GAS-RESSOURCERNES STØRRELSE

Hvad angår vurderingen af olie og gasforekomsters størrelse må det straks slås fast, at sikre data kun kan opnås for forekomster under udnyttelse, hvor man kender tykkelse og udstrækning af reservoirstrøgarterne og fra pumpeforsøg har kendskab til tilstrømningen af olie og gas til borehullerne.

Vurderingen af olie-gas-mængderne i et område, hvori der ikke er fundet olie, kan baseres på en analyse af sedimentbassintype, af bassinets tykkelse og udstrækning, af indholdet af mulige moderbjergarter og på tilstedeværelsen af gunstige strukturer. Man er således i vid udstrækning henvist til at bygge på analogi med kendte felter. Der kan rettes alvorlig kritik mod denne metode, for eksempel at få gigantfelter, som det er nævnt ovenfor, er langt vigtigere end mange små felter. Dette gør en statistisk analyse umulig, idet der utvivlsomt må findes sedimentbassiner uden gigantfelter af olie eller gas.

M.K.Hubbert i USA har benyttet en anden metode. Han har beregnet de samlede olieforekomster i USA og i hele verden ud fra en detaljeret analyse af produktiviteten af de kendte oliefelter og af den hast hvormed nye felter er fundet. I begyndelsen udnyttede man især overfladenære forekomster, men efterhånden har man også fundet dybtliggende felter.

Hubbert lagde stor vægt på boredata. Det må her først konstateres at den eneste sikre måde at finde olie og gas på er at bore. I USA alene er til og med 1973 sat mere end 2 millioner borehuller ned med en samlet længde på 2 milliarder m, og det ene og alene med olie-gas-eftersøgning for øje.

I 1945 måtte man sætte 26 såkaldte "Wild cat" boringer ned i ukendte områder for at finde et felt med mere end 1 million tønder olie. I 1963 var det tilsvarende tal 65. At det er blevet vanskeligere at finde olie fremgår også af, at man 1860-1920 fandt 194 tønder olie per fod efterforskningsboring, mens tallene for 1920-1928 og 1928-1938 var henholdsvis 167 og 276. Det sidste høje tal skyldtes fundet af East Texas feltet. Nu findes kun 35 tønder olie per fod boring. Svarende hertil er prisen for at finde en tønde olie steget 2200 % fra 1938 til 1970 i USA (i faste priser).

På dette grundlag skønner Hubbert, at 80 % af de totale udnyttelige olieressourcer vil blive pumpet op i årene 1934 til 1999.

Hubbert skønner, at de totale ressourcer af olie er på mellem 1350 og 2100 milliarder tønder eller 190-295 milliarder tons, mens ressourcerne af naturgas skønnes at være mellem 230.000 og 340.000 milliarder m³.

T.A.Hendricks fra US Geological Survey har i 1965 skønnet, at der totalt findes 10.000 milliarder tønder olie, hvoraf 6.200 milliarder vil kunne findes og 2500 milliarder ton blive udnyttet.

Til og med 1971 var produceret cirka 264 milliarder tønder olie, og de kendte reserver var på cirka 600 milliarder tønder, det vil sige, i 1971 fandtes i ukendte felter mellem cirka 500 og cirka 1700 milliarder tønder olie.

Det skønnes, at der fra nu til 1990 vil blive brugt cirka 600 milliarder tønder olie, det vil sige cirka den mængde som findes i de kendte reserver.

Disse tal viser, at et stigende olieforbrug ikke vil kunne opretholdes i mange tiår. Det samme gælder udvindingen af naturgas. Og det er temmelig sikkert, at det vil blive dyrere og dyrere at finde og udvinde olie og gas, idet man er henvist til at søge nye forekomster i dybere dele af jordskorpen og i de mere utilgængelige egne, blandt andet havbundens forekomster.

FREMTIDEN OG DE FOSSILE BRÆNDSLER

Som det er nævnt i det foregående vil de skønnede totale forekomster af olie og naturgas ikke kunne dække et stigende forbrug ret mange tiår ind i næste århundrede. De lande, som er afhængige af indtægter af olieproduktion, først og fremmest OPEC-landene, har derfor udkastet den tanke, at man på ethvert tidspunkt begrænser årsproduktionen til 1/50 til 1/100 af de til enhver tid kendte reserver, for derved at strække produktionen. Olie og gas i jorden synes mere værdifuld end penge i banken.

Tjæresand og olieskifer rummer enorme reserver, men udnyttelsen er meget miljøødelæggende. Det samme gælder kulbrydningen.

Skal de fossile brændsler kunne konkurrere med de alternative energikilder, som nu er under udvikling, eller som forventes at blive realiseret i de kommende tiår, må der sættes ind på en miljøvenlig brydning og udnyttelse. Lykkes det at udvikle sådanne metoder, vil der være fossilt brændsel til nogle hundrede år. Men formentlig vil de blive dyrere i anvendelsen end atomkraft og på et senere tidspunkt solenergi. Det er derfor et spørgsmål, om de fossile brændsler ikke bør reserveres til særlige formål som drivmidler i biler, fly med mere, som råstoffer for produktion af fødemidler.

Allerede nu er atomenergi billigere end fossile brændsler, når det gælder fremstillingen af elektricitet.

NOGLE BENYTTETE BEGREBER: Når man beskriver forekomster af kul, olie og andre geologisk dannede råstoffer skelnes ofte mellem begreberne reserver og ressourcer.

RESERVER er de forekomster eller dele af forekomster, som er opmålt eller som er skønnet med rimelig sikkerhed og som vil kunne udnyttes med økonomisk fordel under de givne økonomiske betingelser og med den kendte teknologi. Stigende priser, lavere skatter og nye metoder vil således kunne øge reserverne af et bestemt råstof uden at der er fundet et eneste ton mere, idet disse ændringer vil gøre hidtil uudnyttelige forekomster brydeværdige.

RESSOURCER omfatter dels dele af kendte forekomster, som ikke for tiden kan udnyttes med økonomisk fordel, dels forekomster, som ud fra geologiske oplysninger skønnes at være til stede i et givet område. Totale ressourcer eller ressourcebasis er jordklodens samlede beholdning af et givet råstof.

Henry Jensen