



Bæredygtig brug af energi og råstoffer

Af Stefan Anderberg, lektor, Lunds Universitet (tid. (1996-2008) ved Københavns Universitet)

Det moderne globale samfund kendetegnes af et enormt forbrug af naturressourcer. Hvis vi håndterer dem fornuftigt og forsigtigt vil en del af disse ressourcer – luft, vand, planter og dyr – aldrig slippe op. Det er de vedvarende ressourcer, i modsætning til fx de fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas og mineraler, som ikke fornyes. Fossile brændstoffer giver os det meste af den energi, som vi har brug for til at få det moderne samfund til at fungere. I hverdagen giver de os lys og varme i hjemmet og på arbejdspladsen samt benzin og diesel til biler og maskiner. Disse energikilder er 'fossile', fordi de er dannet af rester af dyr og planter, som har været begravet dybt i jorden i millioner af år. Når vi bruger dem, så forbruger vi lagre i jorden, som det har taget meget lang tid at bygge op. På trods af, at forbruget af disse ikke-vedvarende ressourcer i verden er større end nogensinde og fortsat stiger hastigt, er der imidlertid i dag ikke den store bekymring for, at der i en nær fremtid vil blive mangel på væsentlige råstoffer på globalt niveau. Derimod giver andre konsekvenser af ressourceforbruget anledning til øget uro og energiforsyningssystemet står over for store udfordringer.

Det stigende forbrug af ikke-vedvarende ressourcer

Mennesket har længe brugt Jordens energi- og mineralressourcer, men indtil 1800-tallet var forbruget temmelig begrænset og geografisk koncentreret. I de seneste århundreder er forbruget af ikke-vedvarende ressourcer øget meget hastigt. Dette hænger sammen med den største og mest dramatiske forandring i menneskehedens historie, den industrielle revolution. På figur 1 er vist den historiske udvikling af produktionen af nogle af de kvantitativt største råstoffer: olie, gas, kul, cement og metaller (mineproduktionen) på verdensbasis. Omsætningen af disse materialer er blevet mere kompleks, idet de forarbejdede produkter i stigende grad er sammensat af mange forskellige materialer, hvoraf en stor del i dag er naturfremmede kemikalier fremstillet ved hjælp af fossile brændstoffer. Dertil kommer, at en del af materialeomsætningen udgøres af genbrug af eksisterende materialer. Den revolutionerende transportudvikling har endvidere betydet, at markeder er blevet sammenkoblede og at råstoffer, industri- og landbrugsprodukter bevæger sig over større afstande. Stort set hele verden hænger sammen i et omfattende ressource/energiforsyningssystem.

I gennemsnit bruger hver af Jordens indbyggere næsten 2 ton fossile brændstoffer om året. Forbruget er ujævnt fordelt mellem forskellige dele af verden, men i de sidste årtier er forskellene blevet dramatisk udjævnet, idet næsten hele stigningen er sket uden for de traditionelle industrilande. Den industrialiserede verden (OECD, øvrige Europa og Rusland) med ca. ¼ af verdens befolkning stod i 2010 for 50 % af CO₂-udslippet, hvilket er en god indikator på forbruget af fossile brændstoffer i verden, sammenlignet med 82 % i 1973. Asiens andel er i denne periode vokset fra 9% til 35 %. Udviklingen er endnu mere dramatisk i forbindelse med byggematerialer, hvor den største del af forbruget i dag sker i Asien. Næsten hele væksten i verdens

cementproduktion er de sidste årtier således sket i Asien og 40 % af verdens forbrug menes nu at finde sted i Kina.

Forsyningssystemets udfordringer

Dette globale forsyningssystem står over for store udfordringer af både teknisk-organisatorisk, miljømæssig og sociopolitisk karakter. Det kræver en omfattende infrastruktur i form af anlæg til udvinding, transport, raffinering og distribution og der forbruges store mængder af energi i forbindelse med udvinding, transport og videre bearbejdning af ressourcerne. Mineral- og energiforekomsterne er meget forskellige med hensyn til tilgængelighed, produktionsomkostninger og geografisk fordeling. For at opretholde forsyningen, er der hele tiden behov for efterforskning, identificering og udnyttelse af nye forekomster, hvilket er et vigtigt arbejdsområde for mange geologer.

Udtømmelse af ressourcerne

Den intense udvinding har betydet, at mange tidligere rige og lettilgængelige råstofforekomster er blevet tømt. Blandt de tydeligste eksempler er guanofosfat-forekomster i Stillehavsregionen, og der er også mange eksempler på olie- og mineraludvindingsområder, som er blevet opgivet. Forskere har i de seneste 40 år advaret om, at verdens kritiske ressourcer vil blive opbrugt. Især frygtede man, at olieforekomsterne ville blive opbrugt i en nær fremtid. Siden har bekymringerne for ressourcernes bæredygtighed imidlertid skiftet karakter. I stedet for uroen over de fossile ressourcers begrænsede mængde drejer bekymringerne sig i dag hovedsageligt om, at Jordens klima ikke kan tåle det store forbrug af fossile brændstoffer.

Forekomsterne af olie og naturgas

En råvares reserve kan øges ved fund af nye forekomster, men også ved en forøgelse af indvindingsgraden af de eksisterende mængder med forbedrende teknikker. Reserverne kan også øges

ved, at produktionsomkostningerne mindskes eller at prisen går op. Tilsvarende mindskes reserven ved prisnedgang. I dag er oliereserven fordoblet sammenlignet med 1980, mens forbruget kun er steget med ca. 20 %. Til sammenligning med kulreserven, som rækker til mellem 150 og 200 års forbrug på nuværende niveau og yderligere store mængder kul, som er knap så tilgængelige, er olie og gas lettilgængelige i meget begrænsede mængder. Foruden den estimerede reserve af råolie og naturgas på 202 milliarder ton resp. 196 milliarder kubikmeter, svarende til ca. 50-60 års forbrug (2011), er der imidlertid store forekomster af naturgashydrater og ukonventionelle ressourcer af lavere kvalitet (fx ekstra tung olie, olieskifer, metangas i kulminer). Men disse er dyrere at udvinde. På figur 2 er vist en estimeret udvindingsomkostningskurve for de kendte olie- og gasressourcer. Hvis olie og gas fortsat bliver brugt i det nuværende eller i et øget omfang, vil andre energikilder efterhånden blive konkurrencedygtige og det vil føre til øget substitution. Denne udvikling kan givetvis accelereres gennem politiske indgreb, fx ekstra skat og afgifter på fossile brændstoffer

eller CO₂-udledning eller subventioner til alternativer. Indtil nu har den tekniske udvikling inden for olieudvindingen i de sidste årtier ført til en bemærkelsesværdig effektivisering, hvilket faktisk har gjort det vanskeligere for ikke-fossile energikilder at konkurrere.

Miljøpåvirkning

Forbruget af mineraler, og ikke mindst fossile brændstoffer, har store miljøomkostninger i form af påvirkning af landskabet i udvindingsområderne og ved tab og udslip i forbindelse med brug og transport af produkterne. En stor del af materialestrømmene når før eller senere ud i naturen. I forbindelse med forbrænding af olie og det direkte forbrug i landbruget af energi og gødning er tabet omfattende, men for produkter med længere anvendelsestid og et velfungerende genbrug er tabet mere diffust. Dette tab eller udslip fører til kemiske forandringer af miljøet i stor skala, fx eutrofiering, forsuring og øgede koncentrationer af forskellige kemikalier i naturmiljøet. Anvendelsesmåden og produkters kompleksitet har også afgørende betydning for udslip og genbrugsmuligheder. Mens

Figur 1 Udviklingen af produktionen af fossile brændstoffer, metaller og cement.

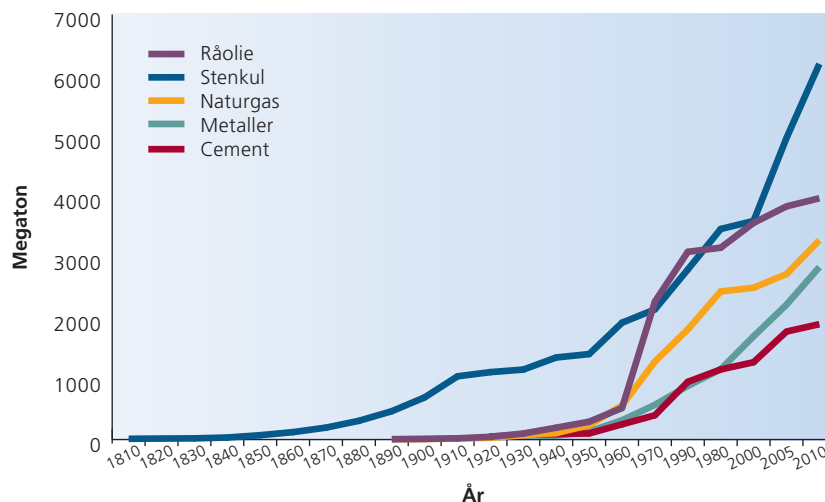


ILLUSTRATION: ANNA BETH ANDERSEN, GEUS OMTEGENAFT EFTER RINA, HOLLAND, US GEOLOGICAL SURVEY, OG INTERNATIONAL ENERGY AGENCY.



FOTO: CARSTEN BRØDER HANSEN

Tæt trafik i Hanoi, Vietnam

en stor del af metallerne recirkuleres, gælder dette kun for en marginal del af de fossile brændstoffer. Fra et klimaperspektiv synes det mere og mere presserende at udvikle alternative energikilder for at mindske den globale afhængighed af fossile brændstoffer og at effektivisere den meget energi-krævende ressourcehåndtering.

Andre udfordringer

Der er ikke længere så stor frygt for, at ressourcerne skal tømmes helt, men derimod giver resourceforbrugets øvrige konsekvenser anledning til uro. USGS (United States Geological Survey) Global Mineral Resource Assessment Project mener, at der på globalt niveau ikke vil opstå mangel på mineralressourcer i den nære fremtid, men det er blevet vanskeligere at finde og udnytte naturressourceforekomster, eftersom deres udnyttelse i stigende

grad kommer i konflikt med andre samfundsinteresser. De lovmæssige krav til minedriften er skærpet og mineselskaber må i dag i den industrialiserede verden tage ansvar for både påvirkning af landskab og miljø og for negativ indvirkning på det omkringliggende samfund. Trods dette er den folkelige modstand mod råstofudvinding vokset og konflikterne mellem råstofinteresser og fx natur-, rekreati- ons- og turismeinteresser er taget til.

Det er også dybt problematisk, at råstofudvinding i den tredje verden, som burde give gode forudsætninger for en positiv økonomisk udvikling i egne med råstoffer, ofte resulterer i både social og miljømæssig katastrofe. Den økonomiske vækst i Asien, ikke mindst i Kina og Indien, har betydet en dramatisk stigning i efterspørgslen af mineralressourcer. Konkurrencen om kontrollen over vigtige



FOTOS: HENRIK INGERMANN PETERSEN, GEUS

Olieudvinding i det nordligste Thailand.

reserver og potentielle råstofforekomster bidrager til spændinger og konflikter. Afrika er længe blevet betragtet som verdens store mineralreserve og det er på dette kontinent, at man kan finde de tydeligste eksempler på, at kontrollen over metal- og mineralressourcer kan være en væsentlig årsag til væbnede konflikter. Det er også i Afrika, at nogle af de værste eksempler på negative regionale konsekvenser af minedrift og dårlig adfærd blandt olie- og mineselskaber findes.

Mod bæredygtigt ressourceforbrug

Den store udfordring for den råstofudvindende industri er at tage et større ansvar for de regioner i den tredje verden, som den har aktiviteter i eller handel med. Det er hverken bæredygtigt eller rimeligt, at mineralrige, men fattige og politisk svage regioner, ikke får en ordentlig kompensation og kan se de positive konsekvenser af udnyttelse af deres mineralforekomster. Der er sket forbedrin-

ger som følge af både reguleringer og teknologisk udvikling, men der er store effektiviseringspotentialer i de fleste trin af samfundets materialestrømme. Trods fremskridtene inden for olie- og naturgasudvindingen findes der store uudnyttede effektiviseringspotentialer. Store mængder naturgas brændes af ved udvindingen og der er også store gasforekomster, som stadigvæk betragtes som spild ved fjerntliggende olieproduktion og som ikke udvindes på grund af for store afstande og manglende infrastruktur. Metan, som er et spildprodukt ved olieproduktionen, kan bruges mere effektivt i stedet for blot at blive brændt af. Der er også store fremskridt i planlægning af og forventninger til at kombinere CO₂-lagring med øget olieudvinding. Ved at pumpe CO₂ ned i gamle oliekløder og øge trykket bliver det muligt at udvinde mere olie fra kilden. Det er imidlertid en politisk udfordring at sørge for at sådan en udvikling ikke fører til, at alternative muligheder bliver udkonkur-

rerede og at vi kører endnu mere fast i en kortsigtet afhængighed af fossile brændstoffer.

Den vedvarende energi

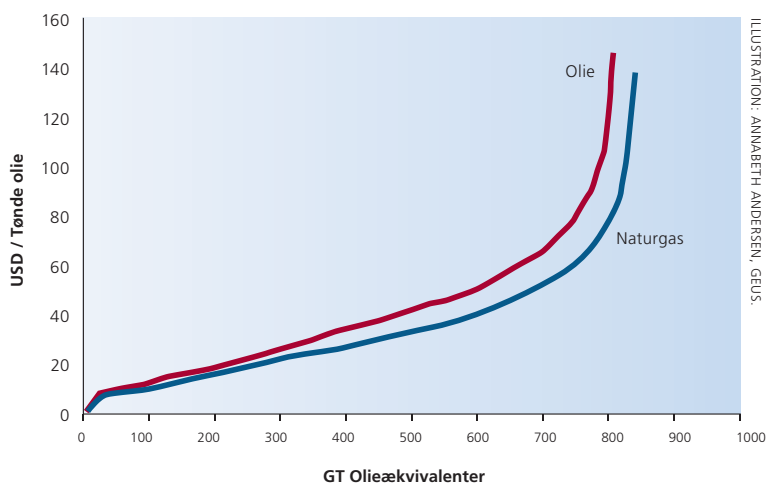
Jorden har store vedvarende ressourcer, som endnu ikke anvendes i et væsentligt omfang. Foruden det soldrevne system på Jordens overflade med solvarme, vind, vand og bølger, hvor der er rige muligheder for et øget energiuudtag, producerer Jorden stort set ubegrænset geotermisk varme. Denne varme kommer fra naturlig aktivitet i undergrunden og kan udnyttes til både opvarmning og produktion af elektricitet. Denne energi har en række fordele frem for fossile brændstoffer. Den er ren og sikker for miljøet og fornybar ved at det afkølede vand kan føres tilbage til undergrunden. Sammenlignet med sol-, vind-, vand- og bølgekraft har den fordelene ved at være uafhængig af vejrforhold. Dette betyder, at geotermiske kraftværker kan anvendes som

basis-kraftværker i elforsyningen. En del forbedringer kan opnås gennem substitution af materialer, men ofte er tilgængelighed og pris forhindrede faktorer. For at en mængde stoffer skal kunne blive anvendelige til storskala substitution er der behov for identifikation og udvikling af nye forekomster.

Forskning for bæredygtigt ressourceforbrug

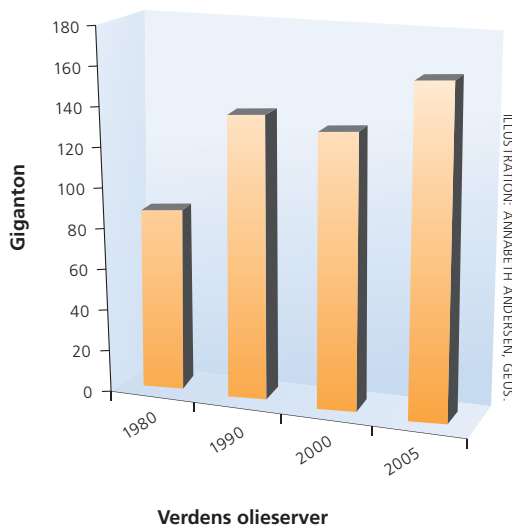
Det er en stor global udfordring at gøre materialestørrømmene i verden mindre fossilafhængige og mere miljøeffektive, og at minimere de negative konsekvenser ved udvinding og anvendelse af naturressourcerne.

Det er en hovedmålsætning for den geovidenskabelige forskning at støtte en bæredygtig udvikling af det globale ressourceforbrug. Hovedopgaven består i at skabe bedre overblik over og bedre organisation af og kontinuitet i undersøgelsen af forekomster



Figur 2 Omkostninger i USD pr. tønde olie forbundet med indvinding af kulbrinteressourcerne, som en funktion af de eksisterende ressourcer og fremtidige nye fund af kulbrinter.

af forskellige ressourcer, så eftersøgning og udvinding kan blive mere effektive. Her er det også vigtigt at forstå processerne i jordskorpen for at forstå dannelsen af forskellige mineraler og varmestrømme. Men det handler også om bedre sammenhæng mellem geovidenskaberne, samfundet og ressourceforsyningen, så der kan skabes bedre forudsætninger for at ressourceudnyttelse kan generere velfærd i både i-lande og u-lande og at unødige miljøpåvirkninger kan undgås. Blandt de forskningsområder som bliver centrale i de kommende år er:



1. Hvordan kan vores forbedrede kendskab til værdifulde geologiske ressourceforekomster bidrage til bedre planlægning, styring, social stabilitet og udvikling i bæredygtig retning?

2. Kan nye bæredygtige produktionsmetoder udvikles for den øgede industrielle brug af mineralressourcer?

Det sidste gælder især platingruppen. Eftersom reserverne af platinmetallerne er begrænsede, kan man i nær fremtid forvente, at der udvikles nye udvindingsområder på Nordkalotten, i Afrika og i Sydamerika. Det er strategisk meget vigtigt, at denne ekspansion støttes af en ordentlig ressourceindvinding og kombineres med en udvikling af effektive og bæredygtige produktionsmetoder.



FOTO: COLORBOX