



Fig. 7.19: Kalkprøver med og uden olie. Den mørke kalkprøve indeholder mange mikroskopiske oliedråber. (Foto: Geologisk Museum København).

miljøet. Desuden udledes der kulmonooxid (CO , kulilte) ved ufuldstændig forbrænding, og det kan medføre sundhedsmæssige skader på mennesker og dyr.

Forureningen kan begrænses ved rensning af røgen, men dette er dyrt og sker primært i den rigeste del af verden. Det vigtigste forureningsproblem er dog, at der frigives store mængder kuldioxid (CO_2). Ved behandling af kullene, rensning af røgen samt forbedret forbrændingsteknologi kan man reducere udslippet af de fleste stoffer, men røgen kan med nuværende teknologi ikke renses for CO_2 . Afbrænding af kul er den største menneskeskabte enkeltkilde til forøgelse af drivhuseffekten, der beskrives nærmere i kapitel 4: Klimatologi.

Olie og naturgas

For at der kan dannes, samles og udvindes olie og naturgas, skal en række geologiske forhold og processer finde sted i en bestemt rækkefølge:

- Der skal aflejres organisk materiale i den såkaldte kildebjergart.
- Der skal ske en indsykning og gradvis omdannelse af kildebjergarten.

- Over kildebjergarten skal der aflejres en porøs reservoirbjergart, der igen skal overlejres af en tæt kappebjergart.
- Bjergarten skal modnes, hvilket tager mange millioner år, oftest mere end 50 mio. år.
- Dernæst skal der dannes strukturer, så den opstigende lette olie og gas kan samles i reservoirer.

Hvis mængden og adgangen til olie og naturgas er tilstrækkelig, kan en eventuel produktion igangsættes. De enkelte processer i tilblivelsen af olie og naturgas vil blive nærmere beskrevet i det følgende.

Kildebjergart

Kildebjergarten er den bjergart, hvori olie og gas dannes. Det organiske materiale, der aflejres i kildebjergarten, kaldes *sapropel*. Det består primært af havlevende mikroorganismer, pollen fra træer eller rester af plantestykker, der synker til bunds i havet. Organisk materiale omdannes til kulbrinter under iltfattige forhold, da de ved tilstedeværelsen af ilt vil blive nedbrudt. Kulbrinter er forbindelser mellem kulstof og brint, der findes på væskeform (olie) eller som gas (naturgas). Når det organiske materiale er aflejret, skal der aflejres meget tykke lag sediment overpå, hvorved der sker en indsykning af kildebjergarten. I Nordsøen er der aflejret op til 10 km tykke lag af ler, sand og kalk oven på kildebjergarten. De tykke lag af sediment får trykket og temperaturen til at stige.

Det afgørende for dannelsen af olie og naturgas er høj temperatur samt meget lang tid, oftest mere end 50 mio. år. Ved høj temperatur begynder det organiske materiale ganske langsomt at omdannes ved afgivelse af ilt og brint. Olie-dannelsen sker i det såkaldte *olie(temperatur)vindue* mellem 90°C og 120°C . Hvis temperaturen overstiger 130°C , vil der primært dannes naturgas. Den langvarige proces er årsagen til, at man ikke kan producere råolie i et laboratorium.

Reservoirbjergarten

Reservoirbjergarten, der aflejres over kildebjergarten, er afgørende for en eventuel senere udnyttelse. For at olien kan samles i reservoirbjergarten, skal

Olieboringer

Det er meget kompliceret og til tider farligt at bore et hul, der er 2-3 km dybt. Når man borer efter olie, foregår det fra en *borerig*, der også kaldes en *boreplatform*. Jo dybere boret når ned, des højere bliver trykket og temperaturen. På en dybde af ca. 3 km er trykket steget til ca. 750 atmosfærer, og temperaturen er ca. 100 °C. Det farlige ved så dybe boringer er ikke det høje tryk i sig selv, men trykgradienten ned gennem boringen, dvs. trykforskellen mellem de enkelte lag, der gennembores. Nogle steder borer man igennem geologiske lag med forskellig styrke og tæthed. Det opadrettede tryk fra underliggende vand, gas eller olie kan være meget stort, hvilket kan resultere i en *blowout*. Det betyder, at det underliggende materiale kan sprøjte op gennem borerøret

og være til stor fare for folk på boreplatformene.

Hvis det er olie eller gas, der sprøjtes op gennem røret, kan det pga. friktion mod borerørets sider selvantænde og forårsage store eksplosioner. For at undgå blowouts regulerer man hele tiden trykket i borerøret, så det kan modsvare det opadrettede tryk. Det sker ved at borerøret fyldes op med mudder, som samtidig er i stand til at løfte det opborede materiale op til overfladen. Mens boringen foregår, kontrollerer geologer løbende det materiale, der bores op. Alle spor efter olie og gas undersøges ved at studere bjergarternes indhold af mikroorganismer, pollen og ændringer i kemisk sammensætning.

Det er først de seneste årtier, at olieboringer er blevet forholdsvis sik-

re, men inden da krævede olieproduktionen mange døds ofre og ødelagte boreplatforme.

Man er desuden blevet i stand til at styre retningen af borerøret, således at borerøret kan ændre retning, når det er nede i oliefælden, hvorved en stor del af boringen kan ske vandret (fig. 7.20).

På den måde kan man opnå større kontakt med reservoiret og få større udbytte af boringen. I Danmark har man foretaget boringer, hvor den vandrette del overstiger 10 km.

I de seneste årtier er der især sket vækst i boring efter olie og gas under havbunden. Disse såkaldte *offshoreboringer* er meget dyrere og mere risikofyldte end boringer på land, jvf. det katastrofale olieudslip i Den Mexicanske Golf i 2010.

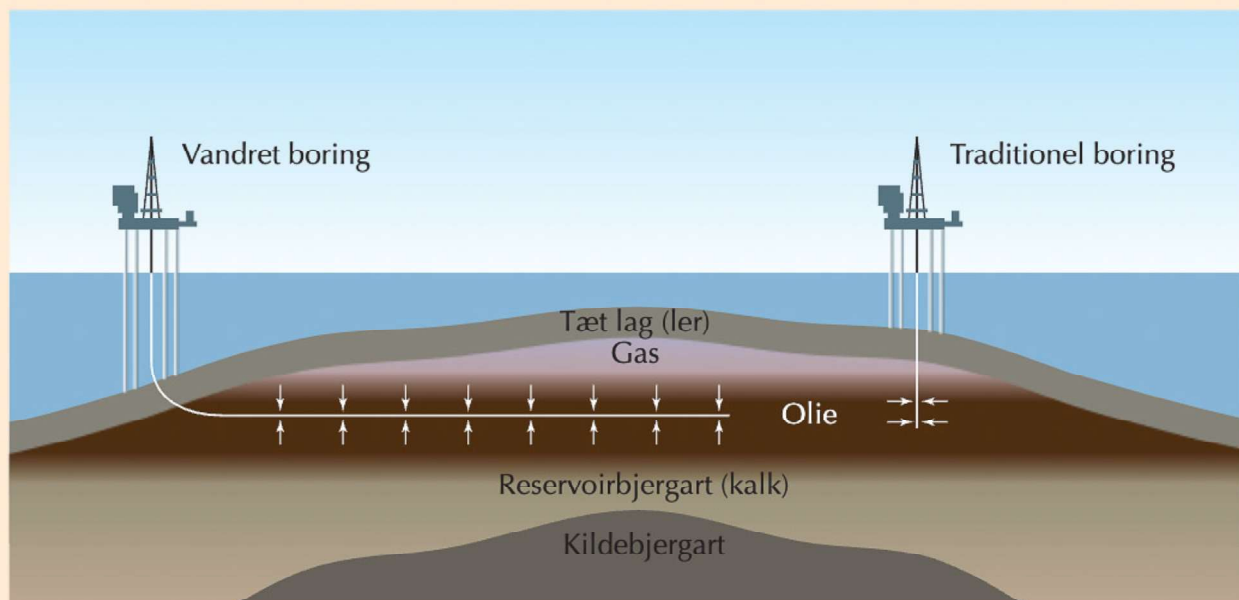


Fig. 7.20: Traditionel boring efter olie og gas med lodret borerør og vandret boring, hvor borerøret drejes. Den vandrette boring anvendes for at øge produktionen fra reservoirer af olie og gas. Med vandrette boringer kan et større reservoir udnyttes uden at foretage flere boringer.

(Efter: Den store danske Encyklopædi, Gyldendal).

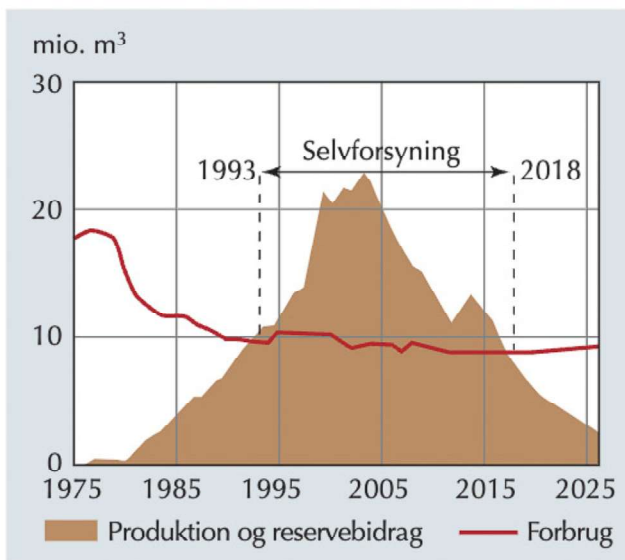


Fig. 7.21: Oliieproduktion og reservebidrag i Danmark. (Efter: Energistyrelsen).

den være porøs, med mange mikroskopiske hulrum (fig. 7.19). Under Nordsøen ligger der kilometertykke aflejringer af *skrivekridt*, der udgør de væsentligste reservoirer for olie og gas i den danske undergrund. De danske borerer foretages ned til en dybde af ca. 2-3 km. På større dybder vil trykket være så stort, at hulrummene i skrivekridtet er trykket næsten helt sammen. I takt med at der dannes olie og gas, vil de søge opad og fortrænge porevandet fra reservoirbjergarten, fordi både olie og gas har en lavere massefylde end porevandet.

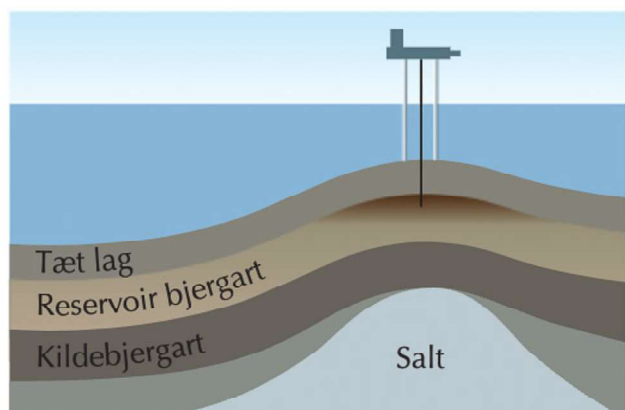


Fig. 7.23: Domefælde, hvor olie og gas samles. Domefælden opstår som følge af, at en underliggende salt diapir presser de ovenliggende lag op i en omvendt skålform.

(Efter: J. M. Hansen: Geologi for enhver, DGU, Miljøministeriet, 1984).

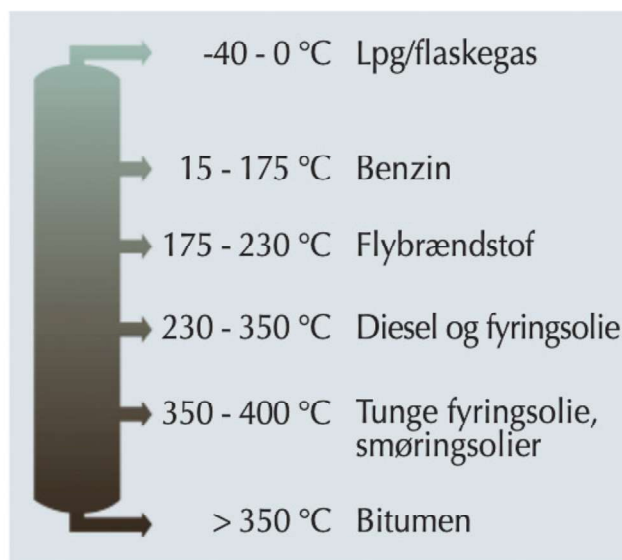


Fig. 7.22: Raffinaderi. De forskellige fraktioner af kulbrinter fordeler sig efter forskelligt kogepunkt. (Efter: Oliebranchen).

Hvis reservoirbjergarten er dækket af et tæt lag, også kaldet et segl, kan olie og gas samles i såkaldte reservoirer eller fælder. Hvis ikke dette segl er til stede, vil både olie og gas stige op til overfladen, hvor det fordamper og forsvinder op i atmosfæren. Mindre flygtige bestanddele af olien kan dog ophobes på Jordens overflade som søer af asfalt.

Oliefælder og forekomster i Nordsøen

For at olie og gas kan samles under seglet, skal det og den underliggende reservoirbjergart deformeres, så den fx danner en omvendt skålform, en såkaldt *domefælde* (fig. 7.23). Denne kan opstå som følge af tektoniske forskydninger eller pga. salt diapirer, der er kilometerstore opretstående dråber af salt, der presser de overliggende lag op i en omvendt skålform (se kapitel 3). De to største danske olie-felter i Nordsøen, Gorm og Dan, er lokaliseret i lag over store salt diapirer. Salt diapirer har desuden en praktisk betydning for gasproduktionen, da der kan sprænges (eller opløses) hulrum heri til opbevaring af naturgas under stort tryk.

Hvis der er både olie og gas i reservoirret, vil gassen ligge øverst på grund af gassens lavere massefylde.

De samlede reserver i den danske del af Nordsøen blev i 2019 opgjort til 128 mio. m³ råolie og 70 mia. m³ naturgas. Det betød, at Danmark var selv-

forsynende frem til 2020. Nye fund og forbedret teknologi har betydet, at denne prognose har været stort set uændret de seneste ca. 10 år. Dog toppede produktionen i den danske del af Nordsøen i 2004 og har været faldende siden. Der er altså noget, der tyder på, at Nordsøens energireserver er faldende (se fig. 7.21).

Som en konsekvens af det øgede fokus på vedvarende energi og en politisk klimadagsorden, der fokuserer på udfasning af fossile brændstoffer, besluttede Folketinget i december 2020 at stoppe for yderligere udbud af olie- og gasudvinding i Nordsøen efter 2050. Det betyder, at den produktion, der er i øjeblikket, udfases. Danmark er derfor ikke et olieproducerende land efter 2050.

Raffinering

For at råolien og naturgassen kan anvendes industrielt, transporteres den via rørledninger til forarbejdningsanlæg i hhv. Fredericia og Nybro ved Varde. Før olien kan anvendes, skal den raffineres, hvorved den deles op i forskellige stoffer (fraktioner) via en række komplicerede kemiske og mekaniske processer.

Først afsaltes råolien og renses for svovl. Derefter adskilles oliens forskellige fraktioner. Det sker ved at opvarme olien i varmevekslere og rørovn og indføre den i en destillationskolonne. Her skabes der en temperaturgradient, hvor de forskellige fraktioner af kulbrinter vil fordele sig efter deres forskellige kogepunkt, hvorefter de kan udtages.

Ved raffinering udtages først gas og benzin, der har lavt kogepunkt, og dernæst dieselolie og fyringsolie. Desuden udskiller man brændselsolier, smøreolier og bitumen til brug i asfaltindustrien. Efter destillationen vil der være en destillationsrest bestående af en sort og tyktflydende substans, der kan videreføres ved *cracking*. I crackingsprocessen ”brækkes” de store molekyler i stykker til mindre molekyler. Jo flere kulstofatomer, der er knyttet til et stof, desto mere tyktflydende er det.

De crackedede molekyler kan, når de er kommet på gasform, fortættes til fx benzin eller andre lette fraktioner (se figur 7.22).

Naturgas består primært af metan, og det lave svovlindhold i gassen kan let fjernes. Naturgas er derfor en ren energikilde, som i forhold til olie og kul



Fig. 7.24 : Offshore boreplatform i Nordsøen. Både Danmark, Norge og England udvinder olie og gas i Nordsøen. (Foto: DONG/Niels Åge Skovbo).

kun giver anledning til begrænset forurening, men udslippet af CO₂ er dog stort.

Brændværdien for én liter olie er ca. 35 MJ, svarende til 10 kWh, mens der i 1 m³ naturgas er en brændværdi på ca. 40 MJ, svarende til 11 kWh.

Parisaftalen

For at begrænse det menneskelige udslip af drivhusgasser blev der indgået en aftale i Paris i 2015. Aftalen er en opfølgning på Kyoto-protokollen fra 1997 og *klimakonventionen*, der blev underskrevet ved en klimakonference i Rio de Janeiro i Brasilien i 1992. Formålet med klimakonventionen er at stabilisere atmosfærens indhold af drivhusgasser og begrænse de menneskeskabte klimaændringer.

Parisaftalen indebærer, at over 196 lande har forpligtet sig juridisk til at reducere deres udslip af CO₂ i forhold til niveauet i 1990. Aftalen forpligter landene forskelligt, afhængigt af hvor stor en udledning af CO₂ de hidtil har haft. Således har EU forpligtet sig til at reducere udledningen med 40 % inden 2030.

Et af de helt store fremskridt i forbindelse med Parisaftalen er, at den er underskrevet af verdens stør-

ste udledere af CO₂, Kina og USA, samt de fleste af verdens store vækstøkonomier.

Endvidere har de deltagende forpligtet sig på at holde den globale temperaturstigning på under 1,5 grader C frem til 2030 – et mål, der allerede nu ser ud til ikke at kunne opfyldes. Dog er det inkluderet i aftalen, at landene kan forstærke deres indsats for at holde temperaturstigningen så lav som muligt. Det er en mekanisme, der ikke tidligere har eksisteret i internationale klimaaftaler.

Konsekvenserne af vores hidtidige udslip af drivhusgasser kan ses af figur 7.25.

Her kan man få et overblik over de forskellige skalaer, der arbejdes med i forbindelse med klimaforandringer. Det ses på figuren, at selv hvis Parisaftalen gør, at CO₂-udledningen topper i dette århundrede, så vil CO₂-indholdet i atmosfæren først stabiliseres senere. Den globale middeltemperatur vil også først stabiliseres senere, og skalaerne for havspejlsstigninger, enten som konsekvens af termisk ekspansion eller på grund af isafsmeltning, har endnu længere tidsperspektiver.

Det er altså på høje tid, at menneskeheden forsøger at reducere sin påvirkning af klimaet ved at nedbringe mængden af drivhusgasser.

Omfang af tiltag

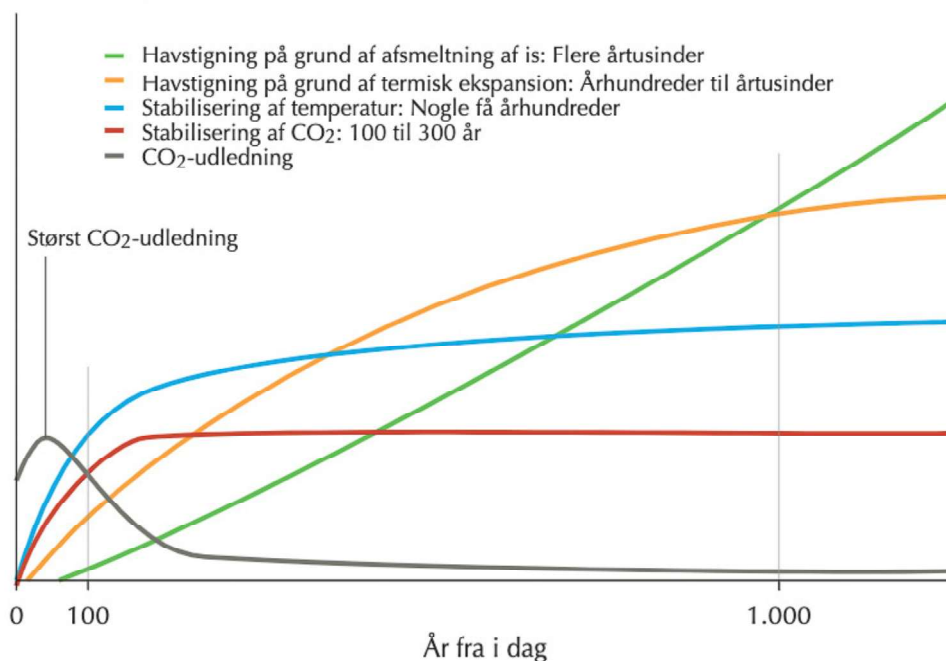


Fig. 7.25: Figuren viser konsekvenserne af den hidtidige udledning af drivhusgasser.

(Kilde: IPCC)