

Dragkampen mellom knapphet og teknologisk fremgang i oljemarkedet

Lars Lindholt

Kostnader i oljemarkedet øker som følge av at olje er en knapp ressurs. Samtidig kan økningen motvirkes gjennom bedre teknologi. I denne artikkelen ser vi på i hvilken grad teknologisk fremgang har motvirket kostnadsøkningene i oljemarkedet. I et utvalg av globale regioner ser vi klare effekter av både knapphet og teknologisk endring i perioden 1981-2009. I nesten alle regionene var den teknologiske fremgangen sterkere enn effekten av knappheten fram til midten av 1990-tallet. Det siste tiåret dominerer derimot knapphets-effekten over den teknologiske veksten.

Innledning

Petroleumsutvinning er preget av både økt kunnskap og avtagende ressurser. Økt kunnskap gjennom forskning og utvikling (FoU) fører til teknologiske fremskritt som reduserer kostnadene i lete- og utviklingsfasen. Teknologiske fremskritt som f. eks. tredimensjonal seismikk og horisontal boring er eksempler på dette. Fordi olje er en ikke-fornybar ressurs, fører økt produksjon til uttømming av knappe ressurser. Investeringene rettes først mot de mest lønnsomme ressursene og etter hvert mot mer vanskelig tilgjengelige områder der kostnadene er høyere. Denne artikkelen studerer virkningen av både uttømming (knapphet) og teknologi på kostnadene ved leting etter og utvikling av oljefelt i ulike regioner. For flere resultater og en utdypende diskusjon, se Lindholt (2013).

Mange regioner opplevde en reduksjon i kostnadene ved leting og utvikling fra rundt 1980 til slutten av 1990-tallet. På begynnelsen av 1980-tallet medførte høye olje- og gasspriser at også relativt dyre petroleumsprosjekter ble vurdert som lønnsomme og dermed igangsatt. Prisnedgangen i de følgende årene tvang produsentene til å redusere kostnadene for å holde lønnsomheten oppe (Fagan 1997). Økt kunnskap i geofysikk og data- og boreteknologi var viktige kostnadsbesparende faktorer. Fra rundt 2000 begynte lete- og utvinningskostnadene å øke i de fleste regioner, fremfor alt etter 2004. Denne økningen i kostnadene skjedde samtidig med en økning i prisene på innsatsfaktorene. Råvarekostnadene steg i takt med økt etterspørsel fra fremvoksende økonomier. Utgifter til å leie rigger skjøt i været på grunn av stor aktivitet som følge av økning i oljeprisen.

I denne artikkelen undersøker vi hvor stor del av variasjonene i kostnadene som kan tilskrives teknologisk fremgang, og hvor stor effekt uttømming av ressursene

har hatt på kostnadene. Vi kontrollerer samtidig for endringer i lete- og utviklingskostnader for olje som skyldes variasjoner i prisene på innsatsfaktorene.

Ulike studier har beskrevet kappløpet mellom knapphet og teknologiske endringer i petroleumsindustrien. Det som skiller disse studiene er først og fremst på hvilken måte de måler de to motstridende effektene. Fagan (1997) benytter data for 27 store amerikanske oljeselskap i perioden 1974-1994. Uttømming måles ved samlet antall brønner boret og et trendledd (tiden) fanger teknologisk endring. Hun finner en tiltakende teknologisk vekst over perioden og at denne reduserte kostnadene med 15 prosent onshore og 18 prosent offshore per år frem mot midten av 1990-tallet. Ressursuttømmingen førte til økte kostnader med en årlig rate på 7 prosent onshore og 12 prosent offshore fra 1974 til 1994. Siden teknologiske fremskritt fører til lavere kostnader, var denne effekten dermed sterkere enn effekten av uttømming, og da spesielt mot slutten av perioden.

I empirisk analyse har det vært vanlig å bruke et enkelt trendledd som et mål for den teknologiske veksten, siden det ofte er vanskelig å lage et mål som fanger opp teknologisk utvikling. Men det finnes unntak. Cuddington og Moss (2001) konstruerer et mål på det samlede antall teknologiske nyvinninger i petroleumssektoren. De finner at den teknologiske utviklingen spilte en stor rolle i å dempe det som ellers ville ha vært en kraftig økning i lete- og utviklingskostnadene i USA i perioden 1967-1990. Managi mfl. (2004) benytter et datasett på selskapsnivå fra Mexicogulfen fra 1947 til 1998. De anvender ulike mål for teknologisk endring, og finner ut at den teknologiske veksten gjennomgående var sterkere enn effekten av knapphet, spesielt i de siste fem årene av perioden.

De ovennevnte studiene har alle sett på dragkampen mellom teknologisk endring og knapphet i Nord-Amerika. Vi tror vårt arbeid er den første empiriske undersøkelsen av disse effektene i global skala. Vi har

Lars Lindholt er forsker i Gruppe for energioekonomi (lli@ssb.no)

heller ikke funnet andre studier som dekker 2000-tallet. Dessuten tar vi i likhet med Fagan (1997), men i motsetning til mange andre studier, hensyn til at også prisene på innsatsfaktorer påvirker kostnadene. De siste årene har spesielt borekostnadene økt kraftig over hele verden og det har trolig vært en av de viktigste faktorene bak økningen i gass- og oljeprisene det siste tiåret (Osmundsen mfl. 2012a). I tillegg har det vært en sterk prisøkning på mange viktige råvarer, som for eksempel stål. Flere studier peker på at det først og fremst har vært økte priser på metaller og leie av rigger som har drevet kostnadene i petroleumssektoren til himmels etter 2004. Vi vil også påpeke at vi i vår studie bruker FoU som et mål på teknologisk endring i motsetning til de ovenfor nevnte studiene. Vi benytter akkumulert (samlet) produksjon som et mål på uttømming.

Metode og data

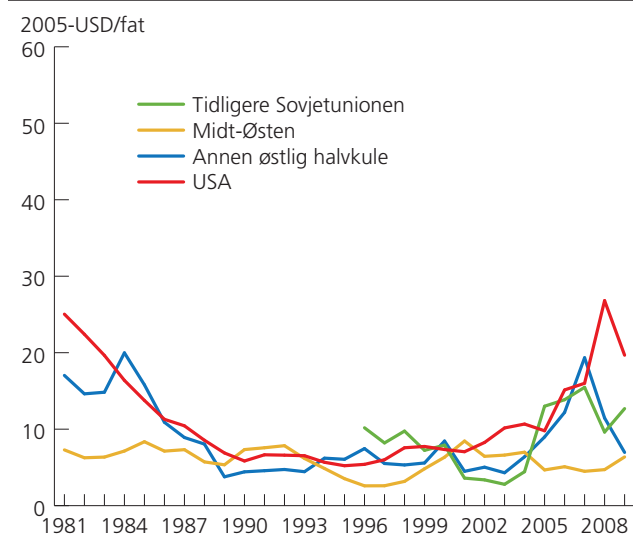
Både FoU-aktivitet og samlet produksjon påvirker lete- og utviklingskostnadene. FoU-aktivitet fører til teknologiske fremskritt som for eksempel tredimensjonal seismikk, horisontal boring og mer avanserte olje- og gassplattformer, og dette gir oss igjen lavere kostnader isolert sett. Det er dette som er effekten av teknologisk fremgang. På den andre siden vil man ettersom produksjonen øker i stadig sterkere grad finne reserver som er vanskeligere tilgjengelige og av dårligere kvalitet, og dette igjen gjør at kostnadene øker. Derfor fører en økning i samlet produksjon i en region til høyere kostnader isolert sett. Det er dette som er effekten av uttømming (knapphet)¹.

I tillegg er kostnadene avhengig av de tradisjonelle innsatsfaktorene som areal, arbeidskraft og kapital. Vi mangler data for disse størrelsene for oljesektoren i de åtte regionene vi ser på. Vi har i stedet identifisert to viktige innsatsfaktorer, nemlig riggaktivitet og stål. Borekostnader kan representere mer enn halvparten av utbyggingskostnadene på et petroleumsfelt offshore (Osmundsen mfl. 2012b). I tillegg er stål et viktig råstoff i oljesektoren. Vi antar at både økte stålpriser og riggrater (pris på leie av rigg per dag) fører til økte lete- og utviklingskostnader.

Vi benytter regionale data for kostnader og samlet produksjon. Vi lar stålprisene være like på tvers av regioner. Likeledes benytter vi en global gjennomsnittlig riggrate fordi våre data tyder på at riggratene beveger seg i takt på tvers av regioner. Vi bruker samlede FoU-utgifter over alle regioner, fordi vi antar at økte FoU-utgifter fører til økt kunnskap og ny teknologi som alle kan dra nytte av.

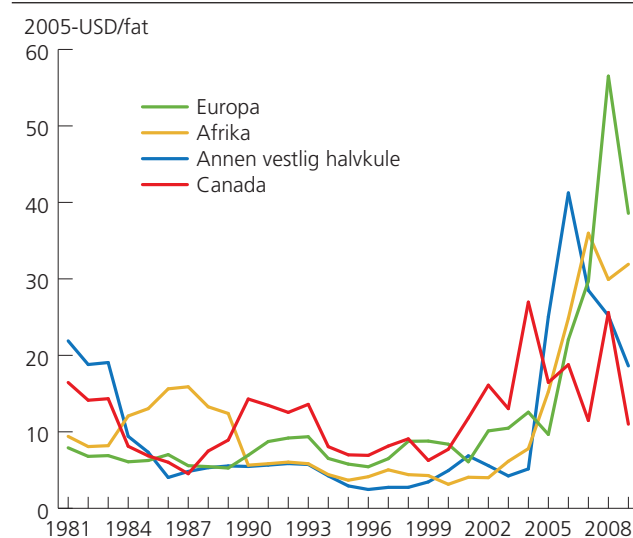
¹ Det er vanlig å anta at økt produksjon i tillegg gir en læringseffekt i form av økt kunnskap om produksjonsprosessen og at dette isolert sett fører til lavere kostnader. Produksjonen fanger derfor opp to motstridende effekter, en uttømmingseffekt som gir økte kostnader og en læringseffekt som i seg selv gir lavere kostnader. Det er vanlig å anta at uttømming er den sterkeste effekten og at økt samlet produksjon derfor fører til økte lete- og utviklingskostnader.

Figur 1. Regionale gjennomsnittlige lete- og utviklingskostnader for tidligere Sovjetunionen, Midt-Østen, Annen østlig halvkule og USA. 2005-USD/fat. 1981-2009



Kilde: EIA (2012).

Figur 2. Regionale gjennomsnittlige lete- og utviklingskostnader for Canada, Europa, Afrika og Annen vestlig halvkule. 2005-USD/fat. 1981-2009

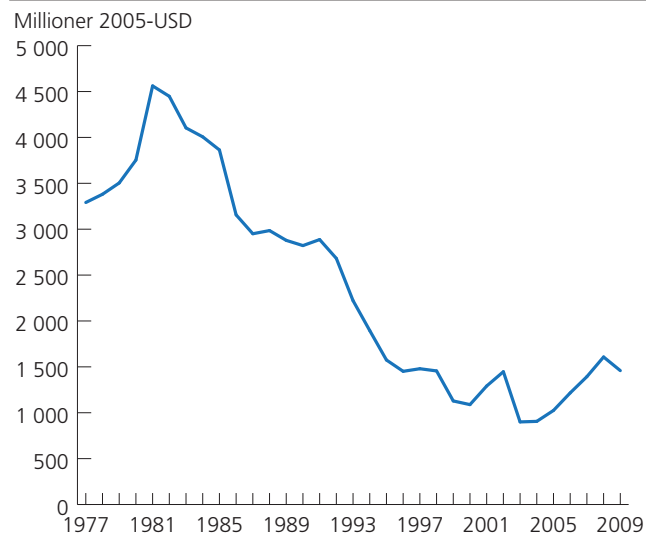


Kilde: EIA (2012).

Data for lete- og utviklingskostnadene er fra EIA (2012) og er gjennomsnittlige kostnader per fat for olje og gass. Disse kostnadene er for USA-baserte selskaper som opererer over hele verden. Dataene omfatter regionene: Midt-Østen, tidligere Sovjetunionen, Annen Østlig Halvkule (India, Kina, Australia og annen Asia), Afrika, Europa, Canada, USA og Annen Vestlig Halvkule (Mellom- og Sør-Amerika). Vi ser av figur 1 og 2 at de gjennomsnittlige lete- og utviklingskostnadene faller for de fleste regioner til rundt 1995-2000, for deretter å begynne å øke. Kostnadene i 2009 er lavere enn kostnadene i de 1-3 foregående årene for de fleste regioner. Lete- og utviklingskostnadene er gjennomgående lavest i Midt-Østen, og de ulike regionene veksler på å være den dyreste regionen i perioden.

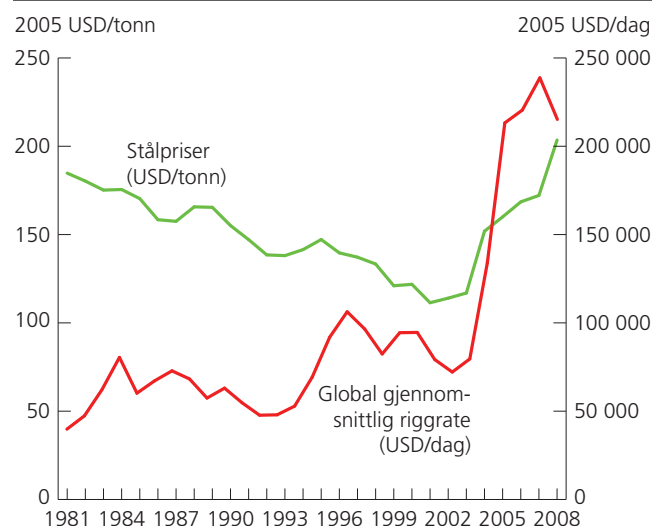
Data for regional produksjon er fra BP (2012) og er samlet produksjon fra og med 1965. Data for

Figur 3. Samlede FoU-utgifter. Millioner 2005-USD. 1977-2009



Kilde: EIA (2012).

Figur 4. Stålpriser (2005-USD/tonn). Global gjennomsnittlig riggrate (2005-USD/dag). 1981-2009



Kilde: USGS (2012): Stålpriser, R.S. Platou: riggrater.

FoU-utgiftene i petroleumssektoren er også fra EIA (2012) og starter i 1977. Utgiftene er samlede globale FoU-utgifter i petroleumssektoren for alle energiselskapene som er med i analysen. Det er forutsatt ringvirkninger mellom oljeselskapene slik at de ulike regionene kan få den samme teknologien. Derfor lar vi samlede FoU-utgifter over alle regioner være et mål på teknologisk endring (se figur 3). Når ny kunnskap er utviklet, kan det være vanskelig å hindre at dette også kommer konkurrerende bedrifter til gode. Spredning av kunnskap oppstår også fordi bedriftene observerer hverandres produkter eller produksjonsmetoder, eller fordi arbeidere skifter arbeidsplass.

Vi ser at samlede FoU-utgifter øker fra 1977 til 1981, for deretter stort sett å avta fram til 2000. Deretter varierer utgiftene, men de er høyere i perioden 2007-2009 enn i 2000.

Prisene på innsatsfaktorer er riggrater og stålpriser (se figur 4). Stålpriser er fra USGS-USGeologicalSurvey (2012). Vi ser at stålprisene stort sett faller over perioden 1981-2001. Deretter øker prisene, selv om de faller igjen i 2009. Riggratene er fra det internasjonale offshore-meglerfirmaet RS Platou, og er globale gjennomsnittlige dagrater for leie av rigger. Riggratene varierer over perioden 1981-2004, men er stort sett svakt stigende. Riggratene begynner å stige kraftig i 2004 og er nesten tre ganger høyere i 2008 enn i 2001. Etter finanskrisen i 2008 avtar riggratene noe i 2009.

Resultater og diskusjon

Vi går nå gjennom resultatene for hva som påvirker lete- og utviklingskostnadene for åtte regioner over perioden 1981-2009. Vi ser på i hvilken grad FoU-utgifter, samlet produksjon, stålpriser og riggrater påvirker kostnadene².

Resultatene er i tråd med det vi antok i forrige avsnitt. Det er klare uttømmingseffekter for olje i alle regioner, og det vil si at økning i samlet produksjon gir økte kostnader. Denne knapphetseffekten varierer mellom regionene. Den er sterkest for Canada og Europa, som begge kan karakteriseres som modne regioner med relativt små reserver³. Uttømmingseffekten er svakest for Midtøsten, som virker rimelig siden regionen har store reserver som kan utvinnes til lave kostnader.

I tillegg finner vi en klar effekt av FoU-aktivitet. Det vil si at større FoU-innsats fører til forbedringer i teknologi som igjen senker kostnadene. Dessuten gir økte stålpriser og riggrater høyere lete- og utviklingskostnader, som vi også hadde forventet.

Vi har også sett på hvordan teknologisk fremgang og knapphet endrer seg over perioden 1981-2009, gitt den utviklingen som har vært i riggrater og stålpriser. Den årlige reduksjonen i kostnadene som følge av FoU-aktivitet øker fra 12 prosent i 1981 til nesten 16 prosent i 1985. Deretter avtar den til 4 prosent ved utgangen av perioden. Samtidig stiger den årlige økningen i kostnadene på grunn av uttømming for alle regioner bortsett fra USA. For de fleste regioner er effekten av teknologien sterkere enn uttømming til midten av 1990-tallet. Fra da av er knapphetseffekten sterkere enn den teknologiske veksten. For det første gir vår analyse støtte til tidligere funn om at teknologisk fremgang i stor grad har motvirket økende ressursknapphet i den amerikanske oljeindustrien frem til rundt midten av 1990-tallet. Deretter finner vi at dette resultatet gjelder for alle regioner over hele verden i samme periode. For det tredje finner vi at uttømmingseffekten dominerer teknologiske fremskritt på 2000-tallet for alle regioner, uavhengig av økte stålpriser og riggrater.

² Modellen ble estimert ved hjelp av lineær regresjon for paneldata med programvaren TSP (TSP, 2005), med dummy variabler for å fange opp spesielle effekter for hver region. Resultatene er robuste med hensyn på heteroskedastisitet og autokorrelasjon i restleddene.

³ Oljesand er ikke inkludert i de canadiske dataene.

Våre resultater tyder på at nedgangen i lete- og utviklingskostnadene i USA (og i andre regioner) på grunn av teknologisk vekst var på rundt 10 prosent årlig rundt midten av 1990-tallet. Dette er lavere enn Fagan (1997), som fant at den teknologiske endringen var på 15 prosent offshore og 18 prosent på onshore rundt midten av 1990-tallet i USA. I tillegg tyder våre resultater på at den gjennomsnittlige uttømmingseffekten i USA var rundt 9 prosent per år over perioden 1981-1994. Dette er mer i tråd med resultatene til Fagan (1997) som fant at ressursuttømmingen økte kostnadene med en årlig rate på 7 prosent onshore og 12 prosent offshore fra 1974 til 1994.

Vi understreker at kostnadene er fra amerikanske oljeselskaper som opererer i ulike regioner. I den grad kostnadene til disse selskapene ikke gjenspeiler de regionale kostnadene, kan det hende vi konkluderer feilaktig om regionale forhold. Vi har likevel ikke funnet noen tegn på at kostnadene til amerikanske selskaper avviker mye fra kostnadsnivået i de regionene de opererer. Unntakene kan likevel være Midtøsten og tidligere Sovjetunionen, hvor utenlandske selskaper sannsynligvis ikke har full tilgang til reservene med lavest kostnader. I tillegg forutsetter vi at gjennomsnittlige kostnader for olje og gass er lik oljekostnadene. Vi har ikke funnet tegn på denne antakelsen påvirker våre resultater.

Vi bruker FoU-utgifter som et mål på teknologisk endring. Det er sant at FoU kan gi opphav til oppfinnelser og innovasjoner, men det trenger ikke alltid være tilfelle. I tillegg kan enkelte nyvinninger komme fra andre næringer, og er derfor ikke knyttet til FoU-utgifter i petroleumssektoren. På denne måten kan FoU-utgiftene være et grovt mål på teknologisk endring. Imidlertid er vårt mål på teknologisk vekst bedre enn å benytte en konstant trend over tid som trolig også vil fange opp andre effekter enn den teknologiske. Dersom vi likevel benytter et slikt trendledd i vår analyse viser det seg at vi finner en konstant årlig rate for den teknologiske veksten på 10 prosent. Dette er ikke langt fra den gjennomsnittlige årlige teknologiske fremgangen som skyldes FoU-aktivitet som er om lag 9 prosent over hele perioden (mens den som nevnt faller relativt kraftig etter 1985).

Kan vi så si noe om den fremtidige kostnadsutviklingen i oljesektoren? Med unntak av endringer som skyldes variasjoner i priser på innsatsfaktorer, kan regionale lete- og utviklingskostnader gjerne holde seg på dagens nivå eller til og med avta. Dette er avhengig av at fremtidig FoU-innsats makter å føre til en kostnadsreduserende teknologisk vekst som kan oppveie knapphetseffekten. For at dette skal skje vil det uansett trolig kreve en større FoU-innsats i oljesektoren enn det som har vært tilfelle de senere årene.

Konklusjon

I denne studien analyserer vi i hvilken grad teknologisk endring har motvirket effekten av uttømming på

kostnadene i den globale oljesektoren. Vi studerer effekten på lete- og utviklingskostnadene for åtte regioner over perioden 1981-2009.

Vi bruker samlet produksjon som et mål på uttømming og FoU-utgifter som et mål på graden av teknologisk fremgang over tid. For alle våre regioner finner vi klare effekter av både knapphet og teknologisk endring på kostnadene fra 1981 til 2009, uavhengig av endringer i stålpriser og riggrater. For nesten alle regioner mer enn oppveies effekten av uttømming av teknologiske fremskritt fram til rundt midten av 1990-tallet. Imidlertid finner vi at knapphetseffekten er sterkere enn teknologisk fremgang over det siste tiåret.

Økninger i prisene på innsatsfaktorer vil gi økte kostnader i oljesektoren. Likevel kan regionale kostnader godt bli på dagens nivå eller til og med avta i fremtiden. En slik utvikling er helt avhengig av at fremtidig FoU-aktivitet lykkes med å føre til en sterk kostnadsreduserende teknologisk vekst.

Referanser

BP (2012): Statistical review of world energy, se historiske data: <http://www.bp.com>

Cuddington, J. og D.L. Moss (2001): Technological change, depletion, and the U.S. petroleum industry, *American Economic Review* 91 (4), 1135-48.

EIA - Energy Information Administration (2012): Performance profiles for major energy producers 1981-2009, US Department of Energy.

Fagan, M. (1997): Resource depletion and technical change: Effects on U.S. crude oil finding costs from 1977 to 1994, *Energy Journal* 18 (4), 91-105.

Lindholt, L. (2013): The tug-of-war between resource depletion and technological change in the global oil industry 1981-2009, Discussion papers 732, Statistisk sentralbyrå.

Managi, S., J.J. Opaluch, D. Jin, og T.A. Grigalunas (2004): Technological change and depletion in offshore oil and gas, *Journal of Environmental Economics and Management*, 47, 388-409.

Osmundsen, P., K.E. Rosendahl, og T. Skjerpen (2012a): Understanding rig rates, Discussion papers 696, Statistisk sentralbyrå.

Osmundsen, P., K.H. Roll and R. Tveterås (2012b): Drilling Speed - the relevance of experience, *Energy Economics* 34, 786-794.

TSP (2005): TSP International reference manual, versjon 5.0.

USGS-USGeologicalSurvey (2012): Iron and steel statistics, <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/iron-steel.pdf>