



RYSTAD ENERGY

UTSLIPPSEFFEKTEN AV PRODUKSJONSKUTT PÅ NORSK SOKKEL

31. AUGUST 2021



Norsk olje&gass

Kontekst og mandat

Kontekst

Olje og gass står i dag for omtrent 20 gigatonn (Gt) CO₂-utslipp per år på verdensbasis, som tilsvarer rundt halvparten av globale CO₂-utslipp. Sluttbruken av olje og gass står i gjennomsnitt for ca. 90% av utslippene, mens de restende 10% kommer fra produksjon, prosessering og distribusjon. Det er derfor essensielt med kutt i forbruk av petroleumsprodukter for at globale klimagassutslipp skal kunne reduseres.

Det kommuniseres stadig mer ambisiøse mål for kutt i globale klimagasser, og det er tydelig at nåværende virkemidler og politiske tiltak ikke er tilstrekkelig for å nå disse målene. Det er derfor behov for å både forsterke eksisterende virkemidler og vurdere nye.

På etterspørselssiden kan man for eksempel gjøre substitutter som elektriske biler mer attraktive, stille krav til reduserte utslipp per kilometer, eller forby bruksområder som eksempelvis oljefyring. På tilbudssiden kan man for eksempel ilegge avgifter som øker prisen for olje- og gassprodukter. Produksjonskutt er et annet tiltak der man begrenser tilbudssiden, med mål om å øke prisene og dermed redusere etterspørselen.

Mandat og rapportinnhold

Rystad Energy har på oppdrag fra Norsk Olje og Gass utviklet et rammeverk for å analysere markedsrespons og tilhørende klimaeffekt av et isolert, ikke-markedsstyrt kutt i norsk produksjon av olje og gass. Et kutt i produksjonen antas å bli kunngjort i god tid (minst 10 år før), som gir markedene lang tid til å respondere.

En slik gjennomgang og strukturering skal gi økt innsikt i hvordan ulike antagelser og synspunkter påvirker klimaeffekten av produksjonskutt. Rapporten vurderer både isolerte kutt i henholdsvis olje- og gassproduksjon, samt kombinerte kutt av både olje og gass. Produksjonskutt vurderes ikke som et globalt, koordinert kutt, men er basert på en enkeltaktørs kutt (Norge) i internasjonale olje- og gassmarkeder.

Rapporten har som formål å bidra til en mer helhetlig fremstilling av hvilke faktorer som påvirker klimaeffekten av produksjonskutt, samt etablere relevante utfall basert på publisert litteratur, data og markedsinnsikt. Fremtidig utvikling og adferd er usikker, og rapporten har ikke som formål å etablere et forventningsrett estimat for klimaeffekten av et produksjonskutt.

Relevante avgrensninger:

- Effekten av produksjonskutt er analysert på lang sikt, der kutt kommuniseres lenge før volumer holdes tilbake (minst 10 år)
- Rapporten tar ikke høyde for signaleffekter til andre aktører eller lignende adferdspåvirkning
- Kostnader og tiltakskostnader ved produksjonskutt som klimatiltak er ikke analysert

Innhold

1. Oppsummering
2. Metode og hovedresultater
3. Andre utslippseffekter
4. Case-eksempler

Appendiks

Innhold

1. Oppsummering
2. Metode og hovedresultater
3. Andre utslippseffekter
4. Case-eksempler

Appendiks

1 Kutt i norsk *oljeproduksjon* gir marginalt lavere klimagassutslipp (-8 kg CO₂/bbl*, utfallsrom -30 til +77)

- En nøkkelantagelse er hvordan langsiktig oljeetterspørsel endres med oljepris (etterspørselastisiteten).
- Rystad Energy legger til grunn -0.1 basert på forskningslitteratur. Dette betyr at 1% økning i oljepris gir 0.1% nedgang i oljeetterspørsel.
- Tilsvarende viser data en mer fleksibel tilbudsside, der langsiktig tilbud øker med 1% når prisen øker med 1% (tilbudselastisitet lik 1).
- Samlet gir dette at 91% av produksjonskuttet (olje) blir erstattet, mens forbruket reduseres med 9% av produksjonskuttet.
- Klimagassutslippene fra norsk sokkel er lave. Samlet effekt blir at kutt i norsk olje gir marginalt lavere utslipp globalt (-8 kg CO₂/bbl kuttet).

2 Kutt i norsk *gassproduksjon* gir høyere klimagassutslipp (+26 kg CO₂e/boe**, utfallsrom +15 til +108)

- For gass viser forskningslitteratur at 1% økning i pris gir 0.5% nedgang i langsiktig etterspørsel (etterspørselastisitet lik -0.5).
- Norsk gass blir erstattet av russisk rørgass og LNG. Ved 1% prisøkning øker langsiktig tilbud med 4.4% (tilbudselastisitet lik 4.4).
- Samlet gir dette at 90% av produksjonskuttet (gass) blir erstattet, mens forbruket reduseres med 10% av produksjonskuttet.
- Norske utslipp fra gass er 38 kg CO₂e/boe lavere enn erstatningen. Samlet øker utslippet med 26 kg CO₂e/boe kuttet.

3 Kutt i olje- og gassproduksjon på norsk sokkel gir høyere klimagassutslipp (+9 kg CO₂e/boe***, utfallsrom -2 til +52)

- Norsk sokkel produserer i dag omtrent lik andel olje og gass. Dersom man reduserer produksjonen på norsk sokkel med 50/50 olje/gass vil globale klimagassutslipp øke med +9 kg CO₂e/boe. Dette representerer klimagasseffekten ved en fullstendig produksjonsstans på norsk sokkel, dvs. at en sluttdato settes.
- Ved et isolert produksjonskutt fra oljefelt vil gassproduksjon også reduseres, ettersom oljefelt på norsk sokkel i snitt produserer omtrent 20% assosiert gass.

4 Tilleggseffekter fra reduserte klimatiltak, teknologispredning og grønn gjenbruk bidrar også til økte utslipp

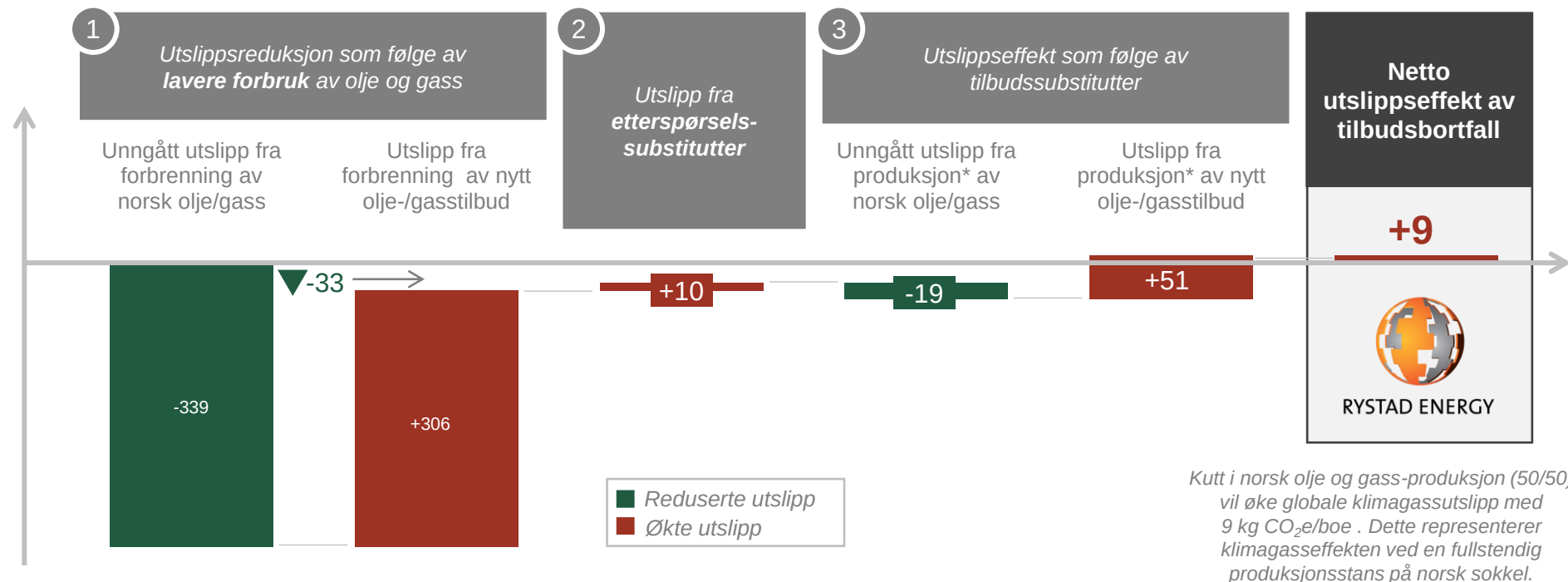
- Kortere tidshorisont svekker lønnsomhet av klimatiltak og kan medføre høyere klimagassutslipp frem mot en eventuell sluttdato.
- Kortere tidshorisont vil også svekke gjenbrukspotensialet for olje- og gassinfrastruktur i nye grønne verdikjeder
- Langsiktig perspektiv vil bidra til fortsatt utvikling av teknologi for reduksjon av utslipp med stort potensiale også utenfor Norge

Produksjonskutt i Norge vil med stor sannsynlighet øke de globale klimagassutslippene

* -2% av CO₂-utslipp fra forbrenning av 1 fat olje (362 kg CO₂/bbl). ** 8% av CO₂-utslipp fra forbrenning av 1 fat (boe) gass (315 kg CO₂/boe). *** 3% av CO₂-utslipp fra forbrenning av 0.5 fat olje og 0.5 fat (boe) gass (339 kg CO₂/boe). Kilde: Rystad Energy

Kutt i olje- og gassproduksjon på norsk sokkel gir høyere klimagassutslipp

Effekten på globale klimagassutslipp som følge av et langsiktig produksjonskutt på norsk sokkel
kg CO₂e/boe (reduisert), 0.5 fat olje/0.5 fat (boe) gass



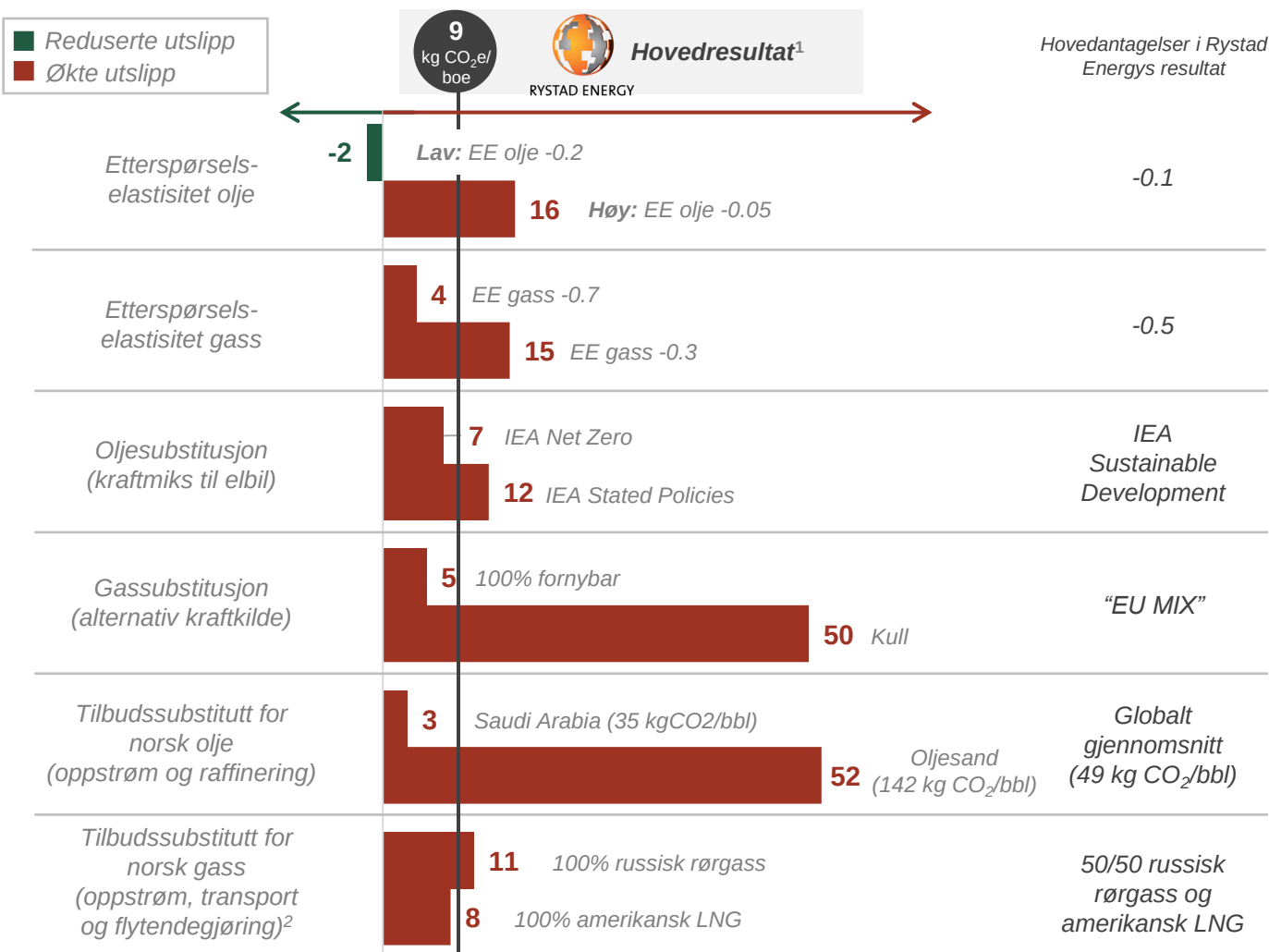
Effekten på globale klimagassutslipp som følge av et langsiktig produksjonskutt på norsk sokkel
kg CO₂e/boe (reduisert), hhv. 1 fat olje og 1 fat (boe) gass

1 fat olje	-362	▼-33	+329	+11	-30	+45	-8
1 fat (boe) gass	-315	▼-32	+283	+8	-8	+58	+26

*Produksjonsutslipp inkludere utslipp oppstrøm, prosessering og transport, nærmere beskrevet i introduksjon av rammeverk
Kilde: Rystad Energy

Sensitivitetanalyse av hovedresultatet: Utslippene øker i alle unntatt ett scenario

Utslippseffekt ved langsiktig tilbuds-bortfall av 50/50 olje/gass fra norsk sokkel, Sensitivitetsanalyse¹ av Rystad Energys hovedresultat, kg CO₂e/boe (redusert)



- Grafen viser ulike sensitiviteter for Rystad Energys hovedresultat ved lik andel kutt i olje og gass (50/50). For hver sensitivitet holdes alle antagelser konstante, med unntak av elementet som undersøkes.
- Analysen viser at et produksjonskutt på norsk sokkel fører til økte utslipp globalt for alle unntatt én sensitivitet. Utslippene reduseres marginalt i scenarioet der etterspørsels-elasticiteten for olje er -0.2, som tilsvarer 20% redusert etterspørsel ved 100% økning i pris.
- Oljesubstitusjon (kraftmikks til elbil) har en relativt lav sensitivitet; IEA Net Zero vs Stated Policies gir kun 5 kg CO₂/boe differanse. Alternative kraftkilder for gass (gassubstitusjon) har en betydelig større differanse, primært på grunn av karbonfotavtrykket til kull. 100% fornybar gir forøvrig også netto økte utslipp (marginalt).
- Karbonfotavtrykket fra oppstrøm og raffinering av olje varierer betydelig mellom ulike kilder/felt. «Rystad Energy»-caset legger til grunn det globale snittet, men de faktiske volumene kan både være høyere og lavere. Scenarioet der substituttet er oljesand illustrerer hvordan effekten kan bli dersom tyngre olje kommer inn i markedet. Scenarioet der substituttet er olje fra Saudi-Arabia (med omtrent samme totalutslipp fra oppstrøm og raffinering) gir en tilnærmet uendret total utslippseffekt.

1) Det antas en produksjonskutt på 0.5 fat olje og 0.5 (boe) fat gass; 2) I scenarioet med kun russisk rørgass antas det også et fullstendig elastisk tilbud. I scenarioet med kun LNG antas det en tilbudselasticitet på 2.2. Kilde: Rystad Energy

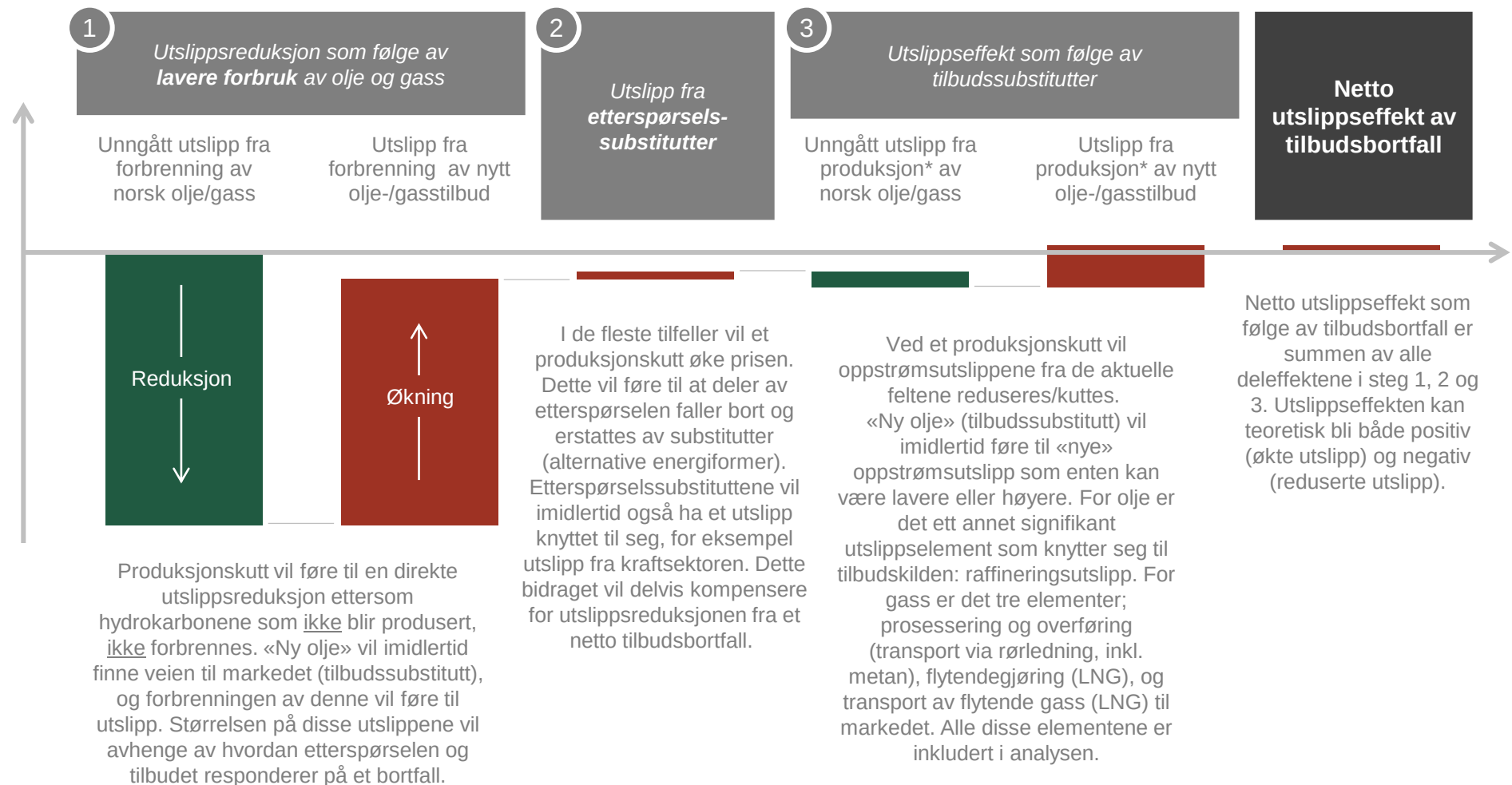
Innhold

1. Oppsummering
2. Metode og hovedresultater
3. Andre utslippseffekter
4. Case-eksempler

Appendiks

Metode: Tre steg for beregning av utslippseffekten knyttet til et tilbuds bortfall

Metode for beregning av utslippseffekten knyttet til et langsiktig tilbuds bortfall



*Produksjonsutslipp inkludere utslipp oppstrøm, prosessering og transport, nærmere beskrevet i introduksjon av rammeverk

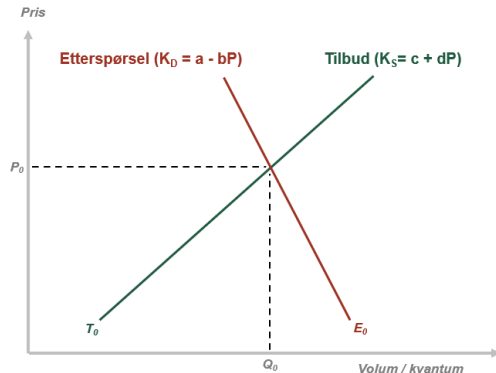
Kilde: Rystad Energy

Steg 1 – Introduksjon

Hvordan analysere etterpørselsreduksjon som følge av et produksjonskutt?

To metoder for analyser av markedsrespons ved produksjonskutt

Tilbuds- og etterspørselsselastisitet

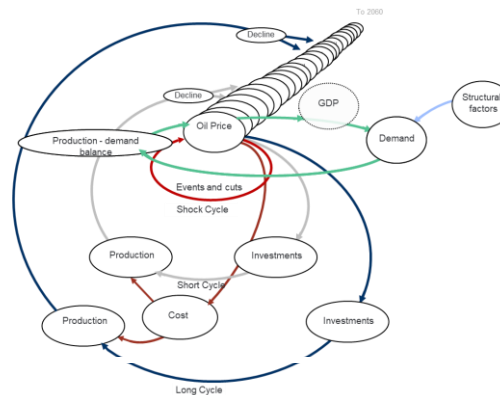


- Metoden benytter prisfølsomheten (elastisiteten) til både tilbuds- og etterspørselssiden for å vurdere markedsresponsen ved et produksjonskutt. Metoden er oversiktlig og har lav kompleksitet, selv om det kan være stor usikkerhet knyttet til estimering av prisfølsomhet.
- En fordel med metoden er at den er enkel å anvende, og man kan benytte eksterne estimater på elastisiteter.
- Lav kompleksitet medfører at man har mindre fleksibilitet til å inkludere markedsatferd som for eksempel tilbakekoblingsmekanismer. Metoden kan generelt også være sensitiv til prisfølsomheten (elastisiteten).



Valgt metode i denne rapporten

Systemdynamisk modellering



- Systemdynamisk modellering er mer komplekse modeller som i større grad muliggjør analyse av dynamikken i komplekse systemer, som oljeproduksjon og markedene. Dette gjør det f.eks. mulig å analysere prisvariasjoner i markeder med forsinkelser mellom prissignal og respons.
- En systemdynamisk tilnærming er imidlertid langt mer krevende å forstå for eksterne uten å selv bruke modellen.. En systemdynamisk tilnærming vil også være sårbar for usikkerheten knyttet til fremtidig adferdsmønster og den fremtidige prisfølsomheten til tilbuds- etterspørselssiden etter hvert som en modellerer lenger og lenger framover i tid.

- For å vurdere utslippseffekten av et produksjonskutt (olje og/eller gass) er det avgjørende hvor stor andel av produksjonskuttet som erstattes av andre produsenter, samt hvor mye etterspørselen reduseres.
- Markedsresponsen kan estimeres ved bruk av ulike metoder, se beskrivelse av to viktige tilnærminger/metoder i tabellen til venstre.
- I denne rapporten benyttes en metode der reduksjonen i etterspørselen beregnes direkte ved bruk av tilbuds- og etterspørselsselastisiteter. Dette er den «konvensjonelle metoden», og det finnes mye forskningslitteratur som omhandler både kortsiktige og langsiktige elastisiteter (spesielt på etterspørselssiden).
- Systemdynamisk modellering er en annen og mer kompleks metode som kan benyttes i denne sammenhengen. Denne fanger opp en helhetlig markedsrespons, inkludert potensielle tilbakekoblingsmekanismer, stivhengighet osv. En av ulempene med systemdynamiske modeller er at det ofte er krevende å forklare hvilke mekanismer og antagelser som er avgjørende for utfallet, og følgelig vil det være vanskeligere å sammenligne resultater på tvers av ulike analyser av markedsrespons ved produksjonskutt. Dette er én av hovedgrunnene til at Rystad Energy har valgt å benytte elastisiteter som metode.

Steg 1: Utslippsreduksjon som følge av lavere forbruk av olje og gass

Metode for beregning av utslippseffekten knyttet til et langsiktig tilbuds-bortfall

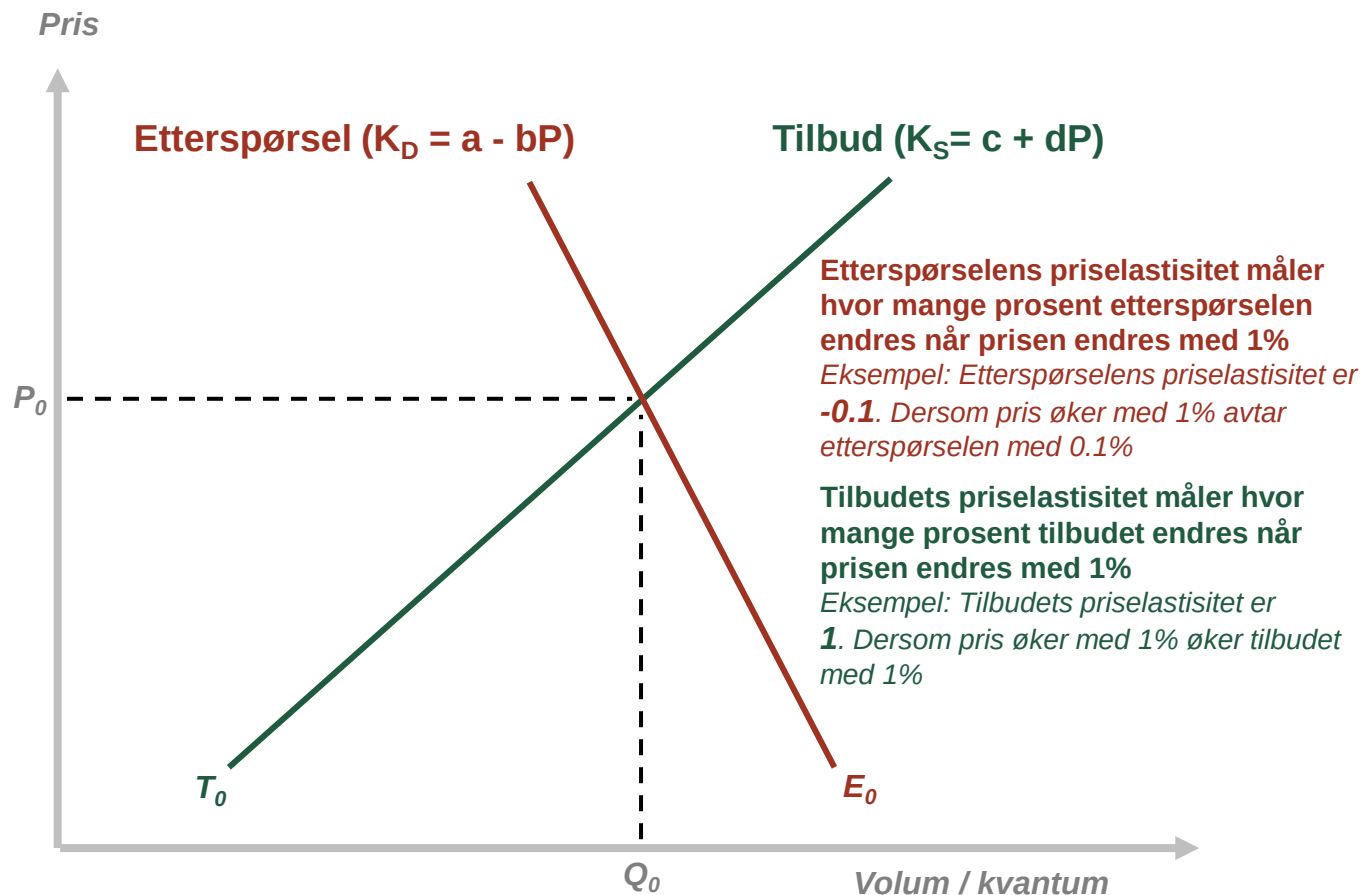


- Dette kapittelet tar for seg metoden for beregning av Steg 1 – Utslippsreduksjon som følge av lavere forbruk av olje og gass.
- Rystad Energy har i denne rapporten valgt å analysere etterspørselsreduksjonen ved bruk av tilbuds- og etterspørselselastisiteter. Dersom etterspørselen ved et produksjonskutt reduseres med X%, vil utslippene reduseres tilsvarende. I dette steget antas det at forbrenningsutslippene ikke varierer mellom oljene. Dette er imidlertid en forenkling – norsk olje har en bedre oljekvalitet (lettere olje) enn snittet i verden (i tillegg til en høyere andel kondensat og NGL).
- Dette kapittelet omhandler primært tilbuds- og etterspørselselastisiteter for olje og gass. Rystad Energy baserer antagelsene på relevant forskningslitteratur, samt selskapets egne vurderinger, markedsinnsikt og data.
- Elastisitetene som etableres i dette kapittelet (og dermed implisitt etterspørselsreduksjon) er direkte input-data til både Steg 2 (utslipp fra etterspørselssubstitutter) og Steg 3 (utslippseffekt som følge av tilbudssubstitutter).

Steg 1 – Introduksjon

Konseptuell skisse av tilbuds- og etterspørselskurver

Konseptuell skisse av tilbuds- og etterspørselskurver

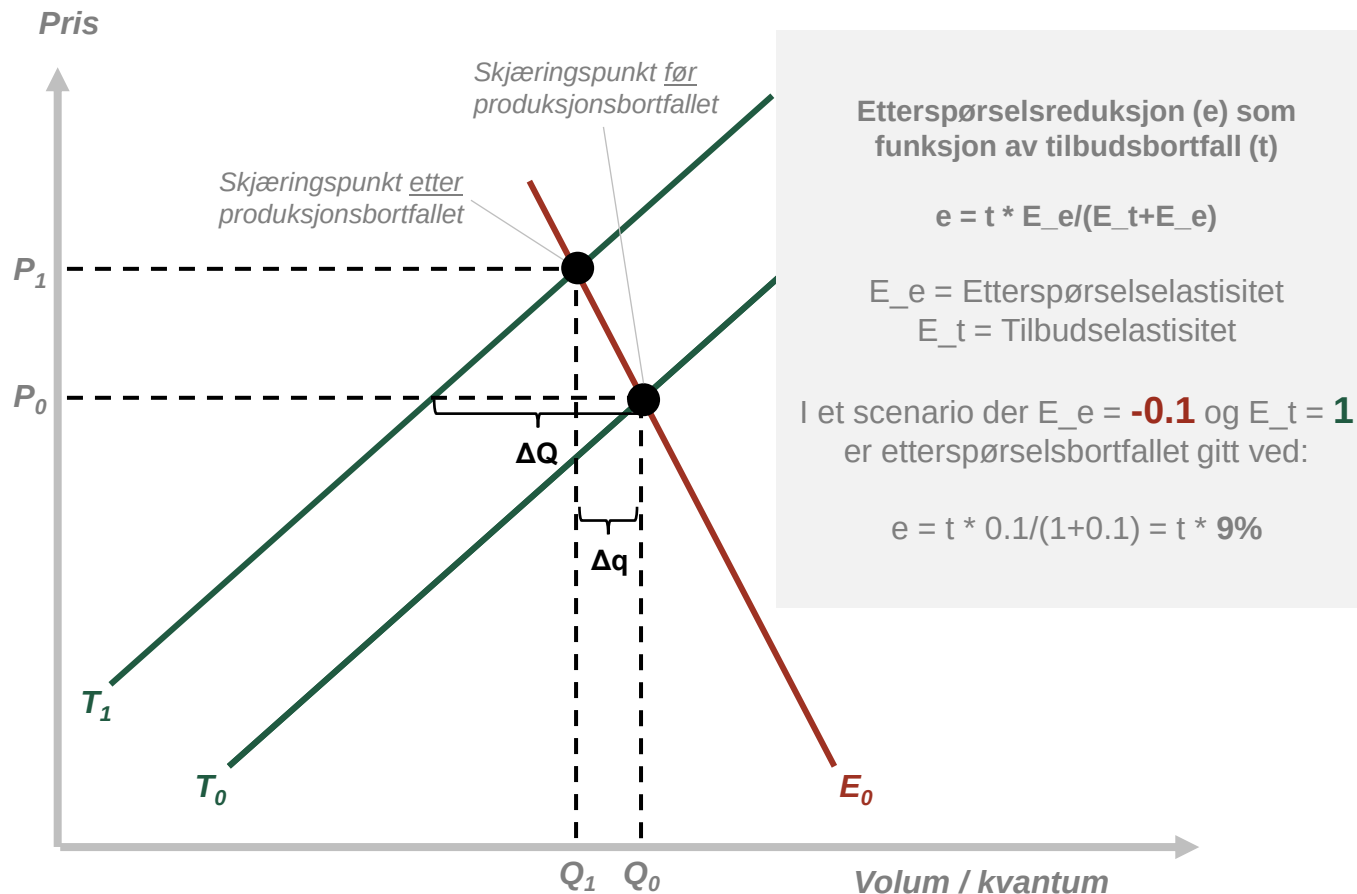


- Grafen viser en konseptuell skisse av en tilbuds- og etterspørselskurve.
- Etterspørselen er gitt ved $K_D = a - bP$, der K_D er kvantum etterspurt, P er pris, b er stigningstallet, og a er andre faktorer som påvirker etterspørselen utover pris. Følgelig øker etterspørselen ved en avtagende pris.
- Tilbudet er gitt ved $K_S = c + dP$, der K_S er kvantum tilbudt, P er pris, d er stigningstallet, og c er andre faktorer som påvirker tilbudet utover pris. Følgelig øker tilbudet ved en økende pris.
- Skjæringspunktet for de to kurvene bestemmer følgelig markedsprisen samt tilhørende kvantum konsumert.
- Elastisiteter uttrykker hvor mye tilbud og etterspørsel endrer seg ved 1% endring i pris. For en lineær kurve er stigningstallet per definisjon konstant, mens elastisiteten (generelt) endrer seg langs kurven. Elastisiteter er følgelig forskjellig fra stigningstall, men for et gitt punkt vil en brattere kurve bety mindre elastisk etterspørsel/tilbud. Det vil si at kvantum endrer seg mindre for en gitt endring i pris.

Steg 1 – Introduksjon

Forholdstallet mellom etterspørselsrespons og tilbuds-bortfall er gitt ved elastisiteter

Konseptuell skisse av tilbud- og etterspørselselastisiteter

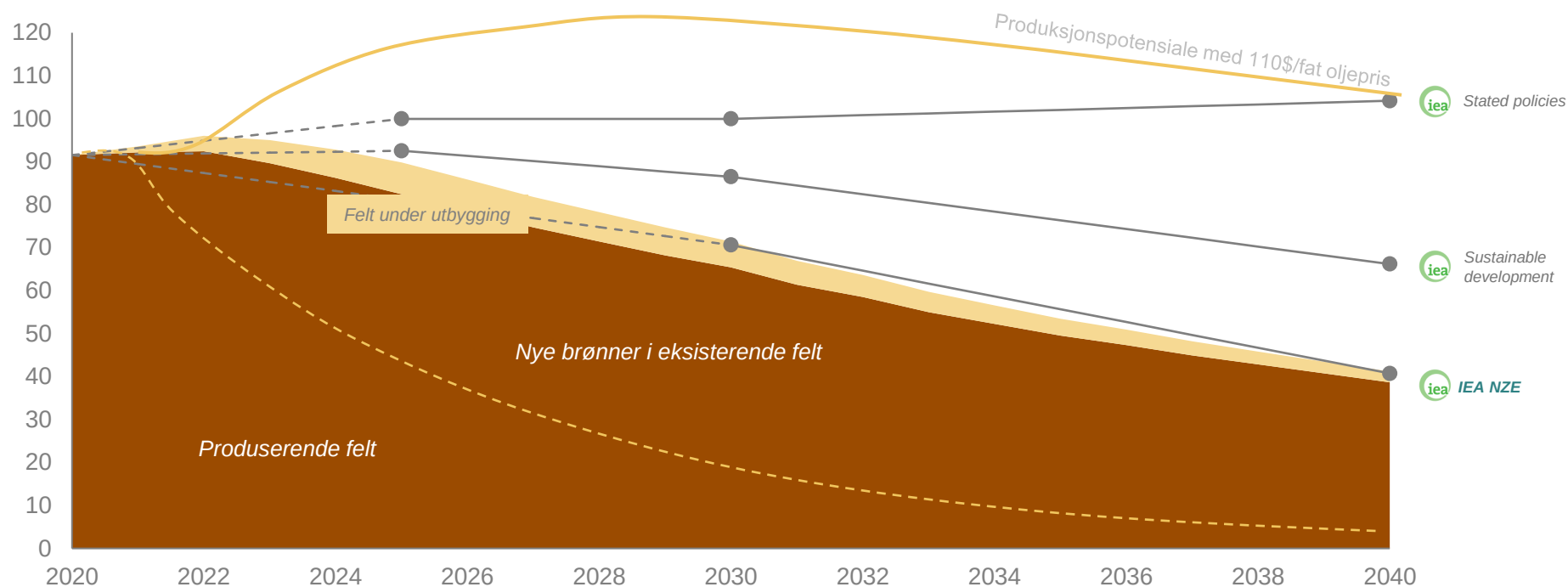


- Den konseptuelle skissen kan videre benyttes til å illustrere hvordan et produksjonskutt vil påvirke kvantum etterspurt, samt hvordan dette avhenger av tilbuds- og etterspørselselastisiteten.
- Ved et produksjonskutt vil kurven for tilbud flyttes mot venstre (ΔQ), dvs. at volumer fjernes, og man kommer effektivt «høyere opp» på kurven. Deretter må nye volumer (høyere opp på kurven) aktiveres frem til et nytt skjæringspunkt mellom tilbud og etterspørsel finner sted. Dette leder til en økning i likevektsprisen fra P_0 til P_1 . Det nye skjæringspunktet vil altså være på et høyere prispunkt sammenlignet med det tidligere skjæringspunktet (i dette eksempelet).
- Som vist i grafen til venstre reduseres oljeforbruket ($Q_0 - Q_1$).
- Etterspørselseffekten som følge av et produksjonskutt avhenger av tilbuds- og etterspørselselastisiteten. Dette forholdet er definert til venstre.
- Ved elastisiteter på hhv. 1 (tilbud) og -0.1 (etterspørsel) blir forholdstallet 9%. Dersom man kutter 1 fat olje vil etterspørselen (forbruket) reduseres med 9%, dvs. 0.09 fat. Denne prosenten [$E_e / (E_t + E_e)$] kommer vi til å fokusere på i beregningene.

Steg 1 – Olje

Oljeindustrien erstatter volumer kontinuerlig – kan mobilisere 75 mmbbl/d innen 2040

Global olje- og gassproduksjon¹ fra produserende felt og felt under utvikling, Global oljeetterspørselsscenario²
Millioner fat per dag



- Industrien erstatter oljevolumer kontinuerlig. Dette er en konsekvens av at oljeproduksjonen fra enhver brønn (og dermed felt) avtar med tiden. Dette kan delvis kompenseres på feltnivå med flere brønner og diverse tiltak for økt utvinning (IOR) og avanserte utvinningsmetoder (EOR). Likevel, den historisk økende etterspørselen (før Covid-19) har krevd at nye volumer blir vedtatt utbygd.
- Grafen over viser Rystad Energys produksjonsestimat for olje og gass i IEAs SDS² scenario, samt etterpørselsbanen til IEAs tre scenarioer¹. Oljeindustrien er i stand til å levere mer enn 75 millioner fat per dag i ny produksjon innen 2040. Dette betyr at industrien kan mobilisere nok volumer til IEA Stated Policies-scenarioet. Det er imidlertid forventet at global oljeetterspørsel skal bryte den historiske veksttrenden før 2030, etterfulgt av reduksjon. Det vil med andre ord være en betydelig kapasitet i markedet på lang sikt.
- Kombinasjonen av redusert etterpørsel og stor kapasitet gjør at oljemarkedet vil være i stand til å erstatte langsiktige (og varslede) produksjonskutt i tiden fremover. Det som i oljeindustrien har blitt omtalt som «peak supply» (topp for global produksjonskapasitet) har endret seg til «peak demand» over de siste årene. Den globale oljeindustrien kan rent kapasitetsmessig dekke inn volumene fra et produksjonskutt på sokkel norsk sokkel uten problemer.

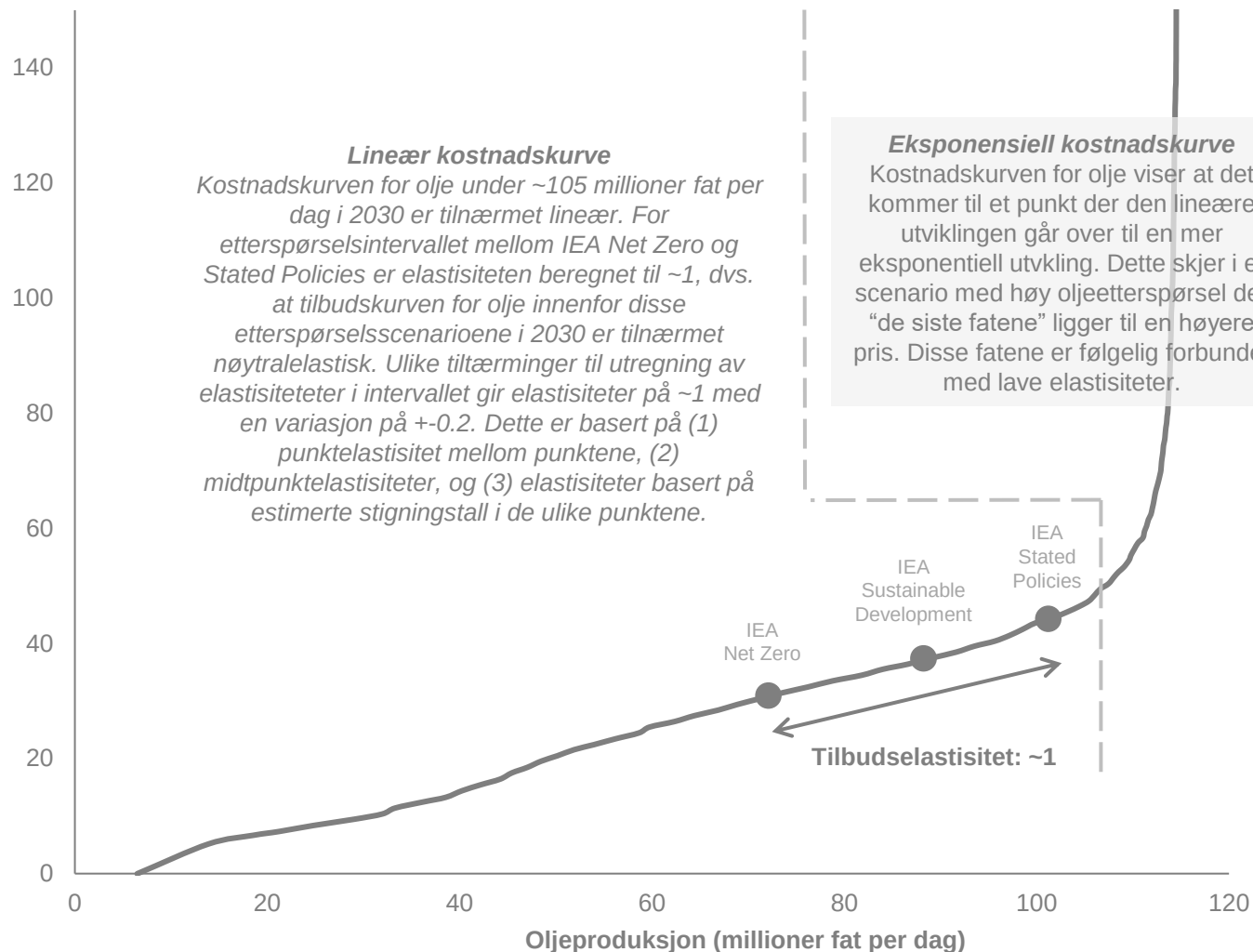
1) Rystad Energy produksjonfremskrivning i IEAs Sustainable Development scenario. Scenarioet holder temperaturøkningen til under 1.8 grader Celsius med 66% sannsynlighet, uten avhengighet av net-negative utslipp. Dette tilsvarer en temperaturøkning på 1.65 grader med 50% sannsynlighet. 2) IEAs SPS og SDS har første punkt i 2025, net zero i 2030. Kilde: Rystad Energy, Equinor, IEA

Steg 1 – Olje, Tilbudselastisitet

Rystad Energy estimerer at tilbudselastisiteten til olje er ~1

Global tilbudskurve («cost of supply») for olje* 2030

Balansepris (USD/fat)



- Grafen viser Rystad Energys tilbudskurve («cost of supply») for olje* i 2030. X-aksen viser produksjon av olje (millioner fat per dag), mens y-aksen viser balanseprisen (USD/fat).
- Tilbudskurven i 2030 er relativt lineær i området rundt alle IEA-scenariene. Innenfor disse scenarioene ligger tilbudselastisiteten på ~1 +/-0.2. En tilbudselastisitet på 1 betyr at dersom prisen øker med 1%, så vil tilbudet øke med 1%.
- Fra ~105 millioner fat per dag og oppover går tilbudskurven over til en eksponensiell utvikling. Tilbudselastisiteten ligger i dette området mellom 0 og 1.
- I denne studien tar vi utgangspunkt i en tilbudselastisitet for olje på 1 (se caset «Rystad Energy»). Det vil likevel alltid være en viss usikkerhet knyttet til elastisiteter. Derfor er det etablert to andre tilleggs-case. I det ene caset legges det til grunn en fullstendig elastisk tilbudsside, mens i det andre caset antas det en tilbudselastisitet på 0.75.

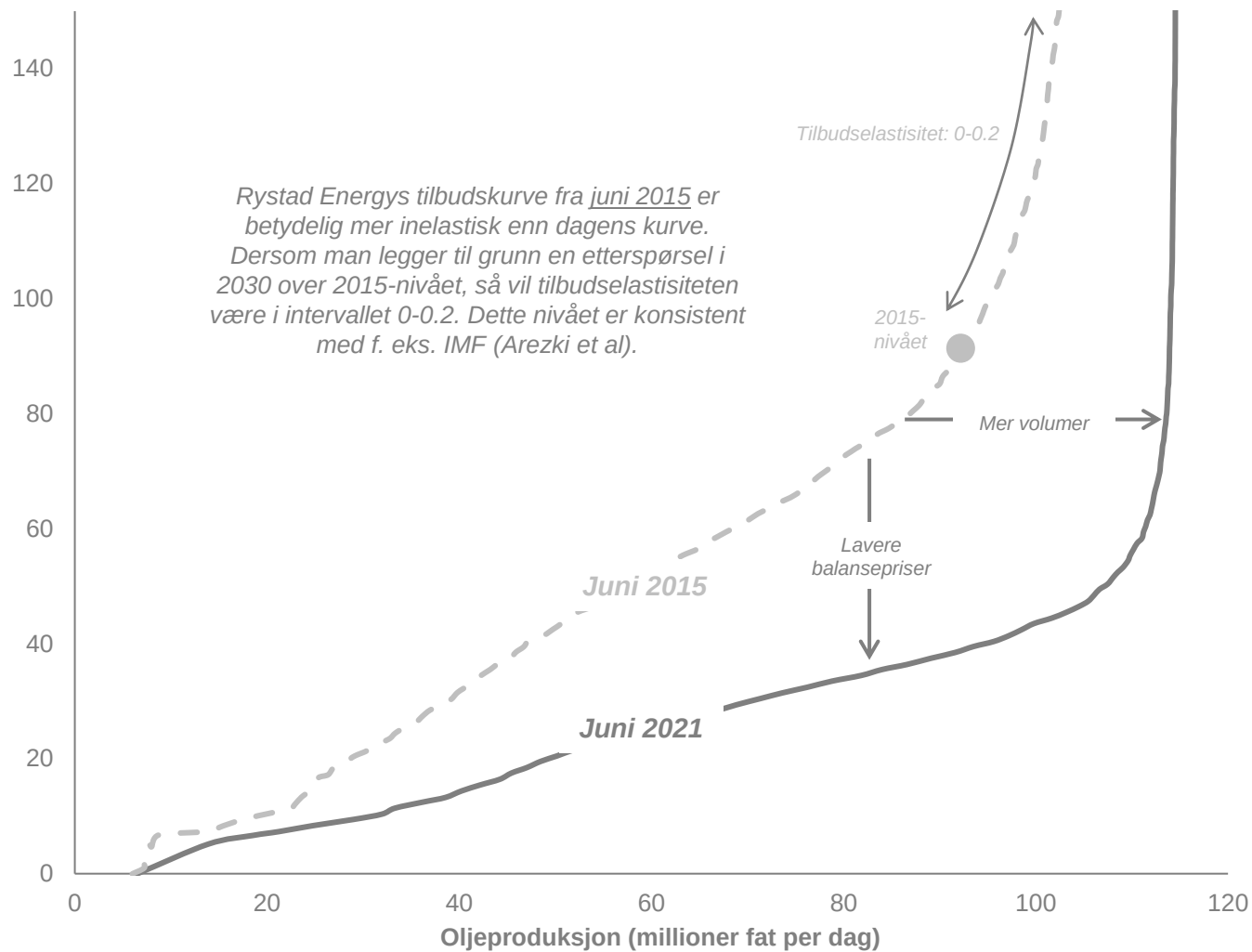
*Inkluderer NGL og kondensat.
Kilde: Rystad Energy; Rystad Energy UCube

Steg 1 – Olje, Tilbudselastisitet

Skiferrevolusjonen har gjort tilbudskurven for olje betydelig mer elastisk

Global tilbudskurve («cost of supply») for olje* 2030, juni 2015 vs. juni 2021

Balansepris (USD/fat)



- Det eksisterer lite forskningslitteratur på langiktig tilbudselastisitet for olje. Noen som refereres til er Fæhn** et al [2013] og Arezki*** et al [2017]. Her anvendes en tilbudselastisitet på hhv. 0.5 og 0.12. Disse tallene/studiene baserer seg imidlertid på utdatert data/informasjon og tar ikke hensyn til skiferoljerevolusjonen som i 2014-2015 førte til en global overkapasitet i markedet og en påfølgende kollaps i oljeprisen. En annen faktor som har påvirket tilbudselastisiteten signifikant er de store investeringene i ny kapasitet som ble gjennomført i blant annet Brasil, Irak og Canada (oljesand) i perioden 2011-2014. Samlet sett har dette resultert i en betydelig mer elastisk tilbudskurve i dag enn det vi hadde for bare noen år siden.
- Grafen til venstre viser hvordan tilbudskurven for olje har endret seg fra juni 2015 til juni 2021. Den første observasjonen er at tilbudskurven har blitt betydelig mer elastisk siden 2015, dvs. flatere. Selv om balanseprisene har blitt redusert i alle tilbudssegmentene gjennom nedturen, så er det skiferolje som har bidratt mest til denne utflatningen.
- Den andre observasjonen er at det globale tilbudspotensialet har økt betydelig. For eksempel har volumene økt med ca. 45 millioner fat per dag fra 2015 til 2021 ved en oljepris på 60 USD/fat.

*Inkluderer NGL og kondensat. **Baserer seg på tidligere litteratur for å fastsette en langiktig tilbudselastisitet for «non-Opec» olje. **Datagrunnlaget er fra 1983-2014.

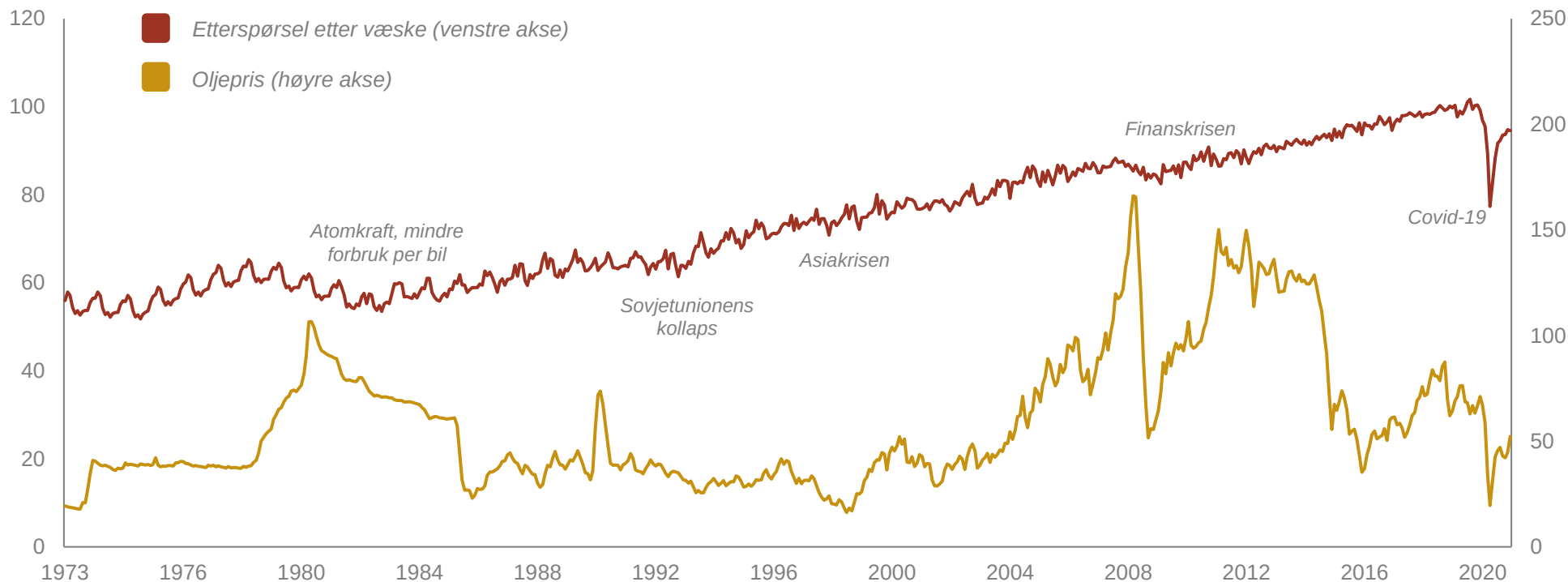
Kilde: Rystad Energy; Rystad Energy UCube

Steg 1 – Olje, Etterspørselselastisitet

Historisk analyse av global oljeetterspørsel og oljepris gir en lav etterspørselselastisitet

Global oljeetterspørsel*
Millioner fat per dag

Reell oljepris (Brent)
USD/fat



- Grafen viser utviklingen i oljeetterspørsel* og reell oljepris i perioden 1971 til 2020. Etterspørselen har økt jevnt med 1.5% i året tross store svingninger i oljepris.
- Oljeprisen doblet seg rundt 1973, i 1980, i 1999, 2004, 2008 og 2011. I årene etter er det en viss utflating i etterspørselen som gir en priselastisitet på 0.01-0.05. Kun på starten av 1980-tallet var det en markant nedgang som følge av prisseksplasjonen på 1970-tallet. For denne perioden er elastisiteten 0.10-0.15.
- Tilsvarende ser vi en halvering av oljeprisen rundt 1985, 1998, 2009 og 2015. Veksten etter er kun marginalt større enn trend – med en elastisitet på 0.01-0.03.
- I perioden 1986-2003 tok OPEC og Saudi-Arabia tilbake markedsandeler og prisen forble lav, mens etterspørselen beveget seg. Derfor kan studier avgrenset til denne perioden også gi en noe høyere elastisitet.
- Samlet over hele tidsperioden er elastisiteten 0.04-0.10, med høyest verdi der starten av 1980-tallet er med og ned mot 0.04 for det siste tiåret.

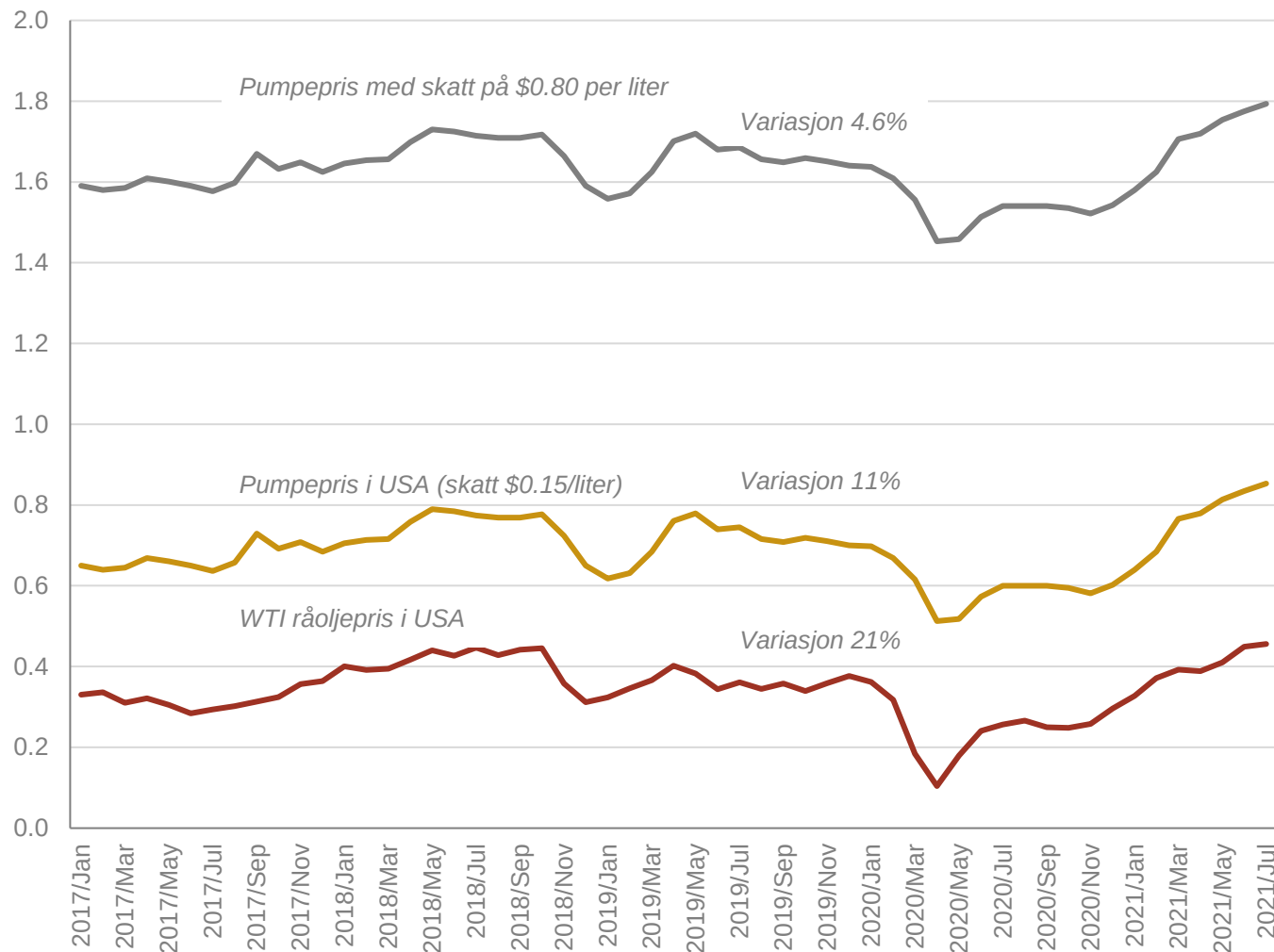
*Inkluderer NGL og kondensat. Kilde: Rystad Energy

Steg 1 – Olje, Etterspørselselastisitet

Fire grunner til at studier av bensinnetterspørselselastisitet ikke har relevans

Bensinpris og råoljepris i USA

USD per liter



Det er **fire grunner** til at studier av elastisitet for bensin ikke kan brukes for studier av global oljeelastisitet:

1. Grafen til venstre viser råoljepris, pumpepris for bensin i USA (\$0.15 per liter i skatt), en bensinpris med antatt \$0.8/liter i skatt (typisk i Europa), samt variasjon i pris (standardavvik delt på snitt). Med samme variasjon i forbruk vil dette gi en priselastisitet som blir 2 ganger høyere i USA og 4.5 ganger høyere i Europa.
2. Mange studier er laget for å studere effekt av skatteendringer for bensin. De fanger opp at en kjent skatteøkning gjør at folk kjøper ekstra mye bensin rett før endringen og mindre bensin rett etter.
3. Mange studier er laget i markeder der bensinkjøp utgjør en stor del av disponibel inntekt. (Kina, utviklingsland, USA i årene 1970-85, osv.)
4. Oljerike land har større forbruk ved høy oljepris på grunn av høy inntekt. Andre land vil da ha større elastisitet, men den globale effekten blir mindre eller delvis kansellert av oljerike land.

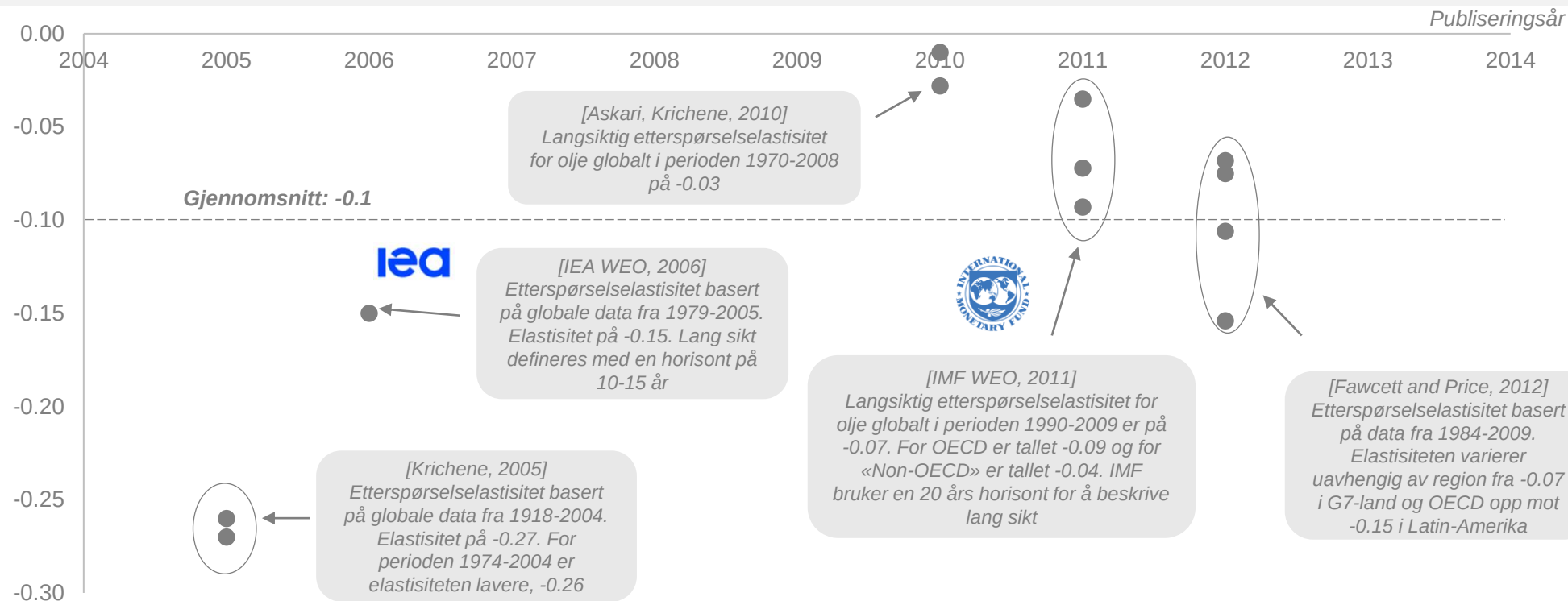
På bakgrunn av dette forventer vi at studier av bensinelastisiteter for geografiske segmenter kan vise tall som ligger 5 til 10 ganger høyere enn global råoljeelastisitet.

Kilde: EIA; Rystad Energy; Elastisitetsstudier nevnt gjennom rapporten

Steg 1 – Olje, Etterspørselselastisitet

Forskningslitteraturen gir en gjennomsnittlig etterspørselselastisitet for olje på -0.1

Etterspørselselastisitet for olje på lang sikt fra forskningslitteratur



- Grafen viser langsiktige etterspørselselastisiteter for olje fra relevant forskningslitteratur. Utvalget inkluderer studier over lengre tidsrom, samt bredere geografisk tilnærming (studier fra enkeltland er ekskludert). Studier som ikke inkluderer data etter år 2000 er også ekskludert.
- Gjennomsnittet av langsiktig etterspørselselastisitet for olje fra relevant litteratur er -0.1. Dette innebærer at 1% økning i oljeprisen vil føre til en reduksjon i etterspørselen etter olje på 0.1%. Forskjellene mellom elastisitetsresultatene fra litteraturen kan delvis forklares ved ulike forutsetninger/premisser/antagelser; region, tidshorisont, statistisk fremgangsmåte, osv. Rystad Energys analyse av historisk korrelasjon mellom etterspørsel og pris er konsistent med relevant litteratur, og følgelig legger vi til grunn -0.1 som etterspørselselastisitet for olje.
- Etterspørselselastisitet for bensin har av enkelte blitt benyttet som approksimasjon for olje. Forskningslitteraturen viser imidlertid at det er en stor forskjell mellom dem (bensin over dobbelt så høy som olje*). Bensinestimaten er ikke relevante i denne sammenhengen, og er derfor ikke inkludert i grafen over.

*Hamilton 2008, Understanding Crude Oil Prices
Kilde: Rystad Energy

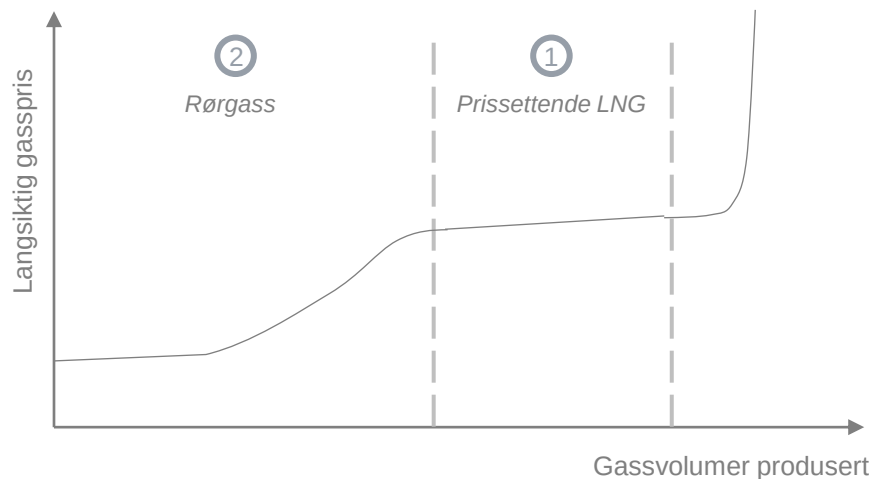
Steg 1 – Gass, Tilbudselastisitet

Russisk rørgass og LNG er tilbudssubstituttene for norsk gass til Europa

Scenario A*

Norsk produksjonskutt erstattes av russisk rørgass**

- 1 I et balansert marked vil balanseprisen på flytende naturgass (LNG) være høyere enn for rørgass grunnet flytendegjøring av gass. LNG-kostnaden er prissettende for gassmarkedet i Europa, og LNG representerer en betydelig del av tilbudet.
- 2 Dersom et produksjonskutt fra Norge blir erstattet med rørgass fra Russland med lavere balansepris en LNG, vil dette ikke påvirke prisen på gass i Europa.



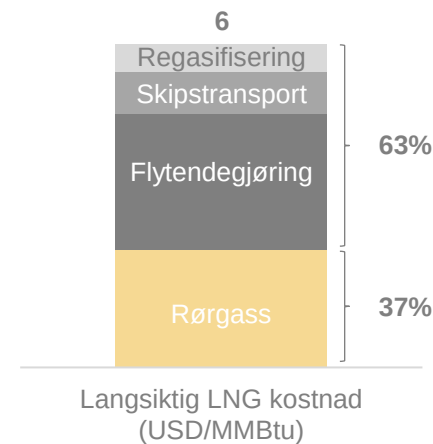
Resultat: Tilnærmet uendret gasspris i Europa og dermed ingen innvirkning på etterspørselen av gass

Scenario B*

Norsk produksjonskutt erstattes av (global) LNG

Dersom et produksjonskutt av gass fra Norge blir erstattet med LNG fra det globale markedet, er det tilbudselastisiteten i det globale LNG-markedet som er relevant å vurdere. Omtrent 2/3 av langsiktig balansepris for LNG til Europa fra USA er knyttet til flytendegjøring, skipstransport og regassifisering. Kun 1/3 er knyttet til oppstrøms gassproduksjon. Som følge av dette vil den prosentvise endringen i det variable priselementet knyttet til rørgass i USA være større enn den prosentvise endringen i prisen på global LNG.

Rystad Energys tilbudskurve for gass i USA gir en tilbudselastisitet på 0.8. Kostnadselementene flytendegjøring, skipstransport og regassifisering antas her uavhengig av tilbudet (fullstendig elastisk). Dette gir en tilbudselastisitet for LNG på 2.2.



$$\frac{\Delta \text{Volum}}{\Delta \text{Pris}} = \frac{0.8\%}{1\% * 37\%} \approx 2.2$$

Resultat: Gasspris i Europa påvirkes ved tilbudselastisitet på 2.2

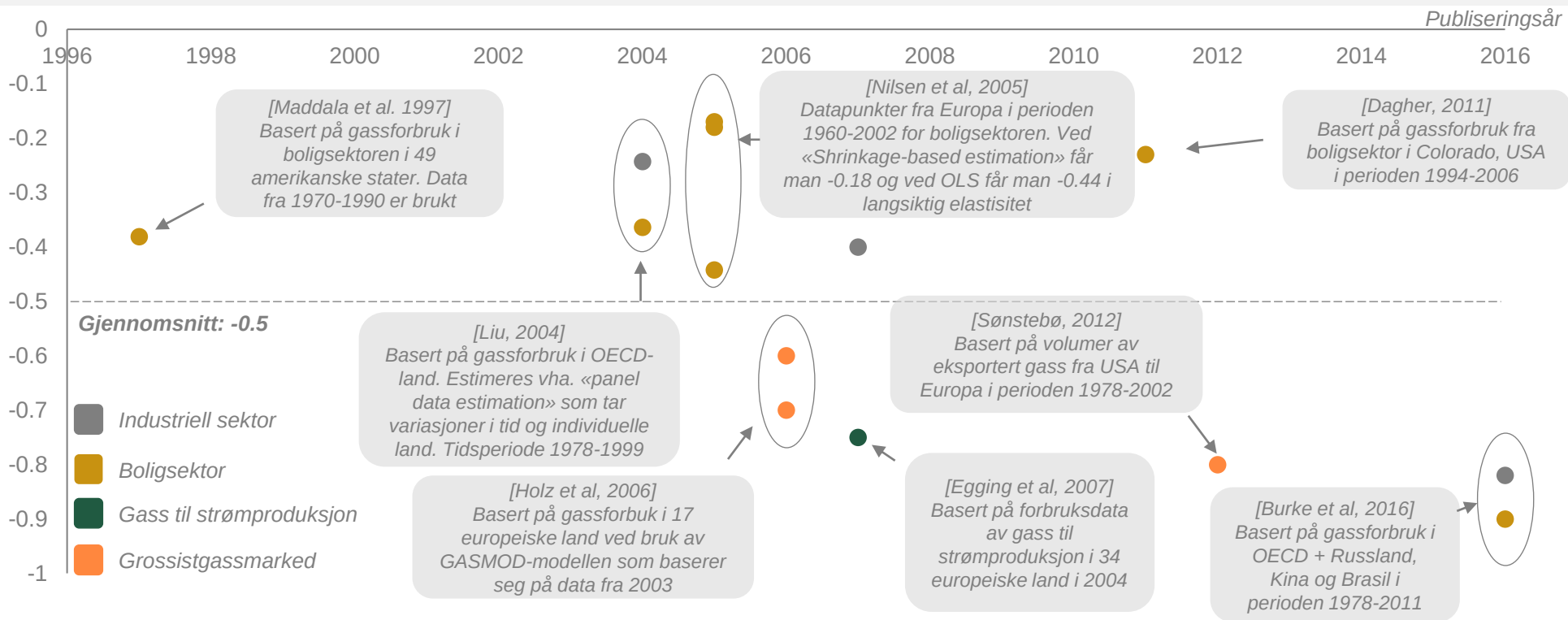
*Antar balansert marked. **Det antas at dersom det oppstår kapasitetsbegrensninger for infrastruktur, så vil denne ha god tid til å respondere.

Kilde: Rystad Energy UCube

Steg 1 – Gass, Etterspørselselastisitet

Forskningslitteraturen gir en gjennomsnittlig etterspørselselastisitet for gass på -0.5

Etterspørselselastisitet for gass på lang sikt fra forskningslitteratur

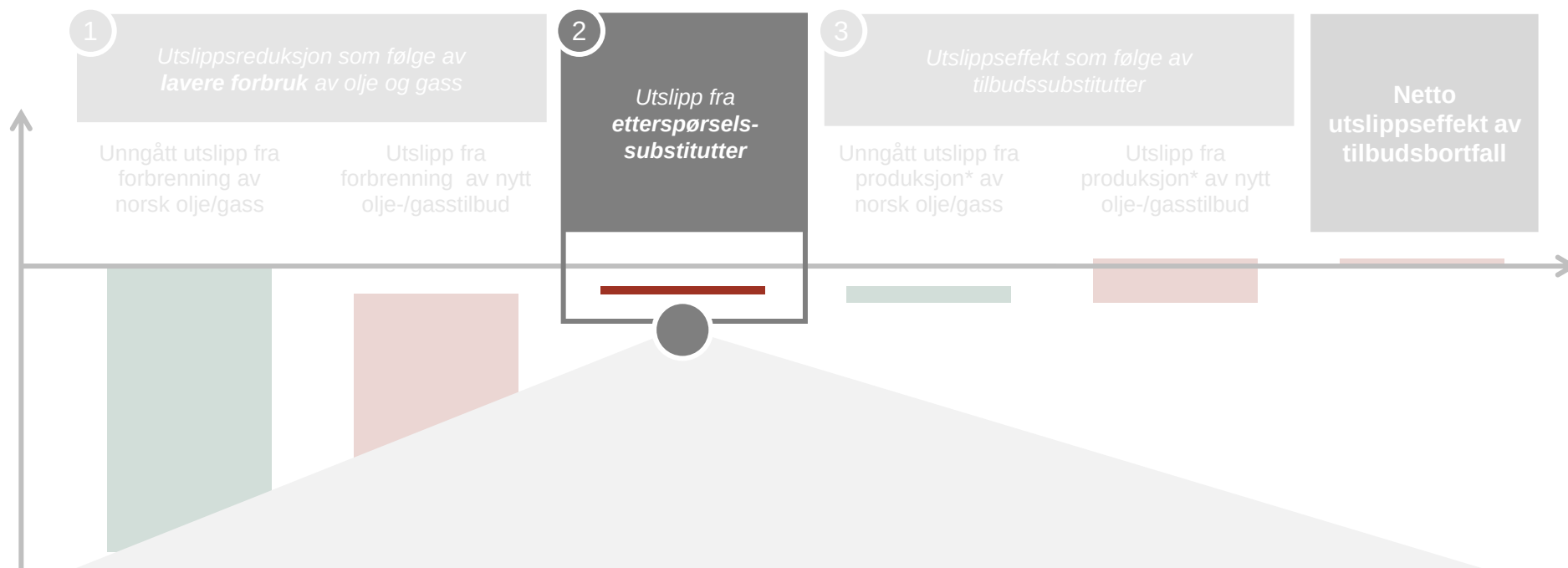


- Grafen viser langsiktig etterspørselselastisitet for gass fra forskningslitteraturen. Studiene har forskjellig fokus hva gjelder sektor, region/land, og tidsrom. Dette forklarer de til dels store forskjellene mellom resultatene.
- Forskningslitteraturen tar ikke for seg global, langsiktig etterspørselselastisitet for gass. Rystad Energy legger derfor til grunn gjennomsnittet av tilgjengelig litteratur/tallmateriale. Basert på datapunktene over er denne beregnet til -0.5.

Kilde: Rystad Energy analyser

Steg 2: Utslipp fra etterspørselssubstitutter

Metode for beregning av utslippseffekten knyttet til et langsiktig tilbudsutfall

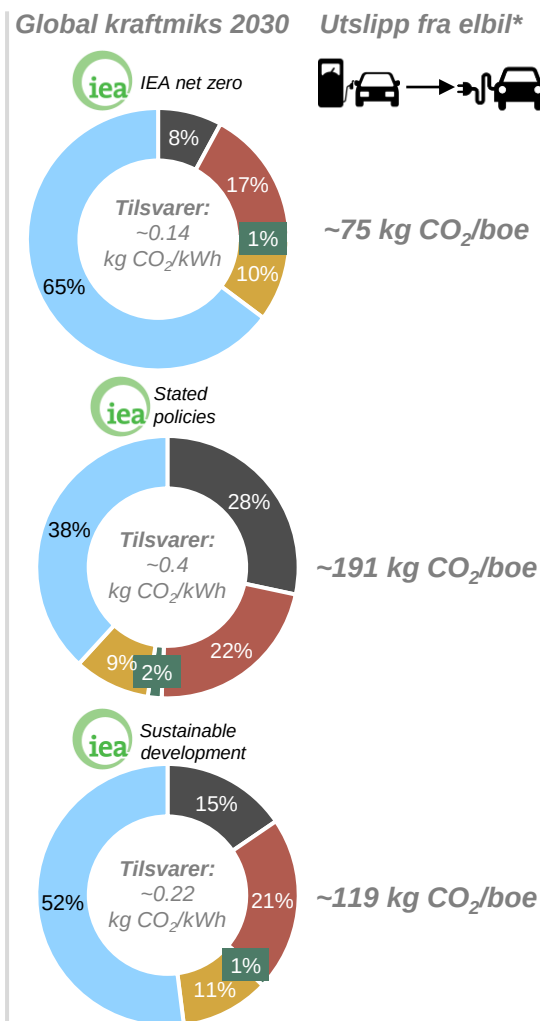
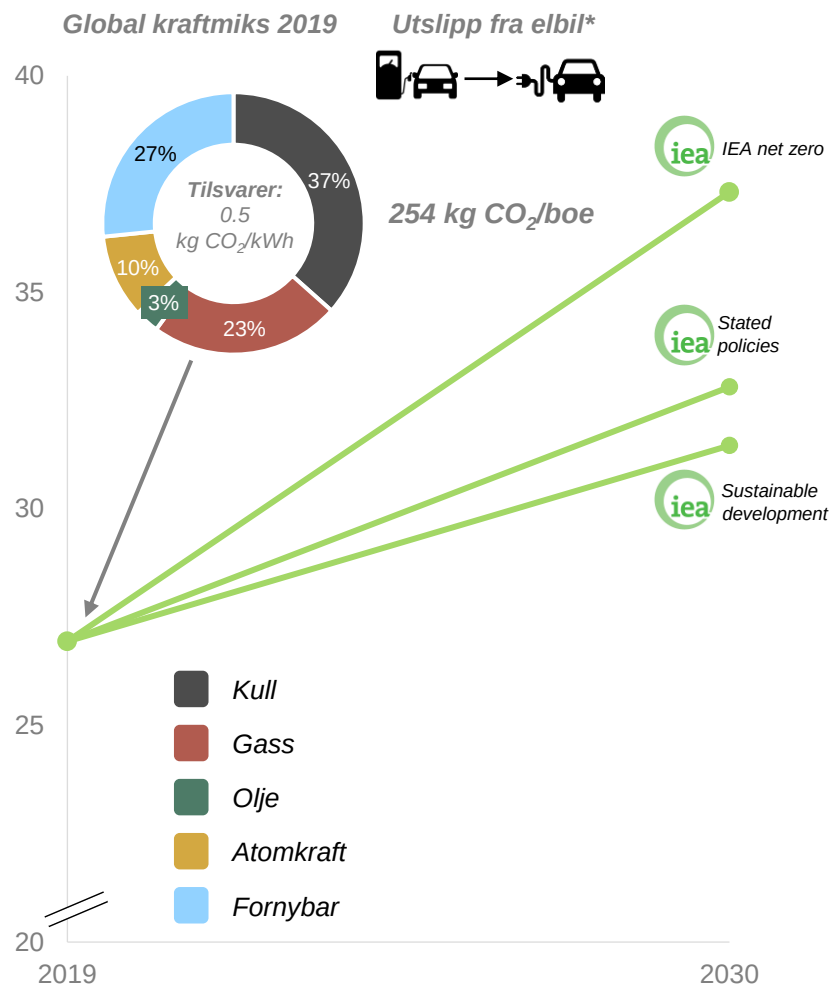


- Dette kapittelet tar for seg metoden for beregning av Steg 2 – Utslipp fra etterspørselssubstitutter.
- Etterspørselen reduseres dersom prisen øker ved et produksjonskutt. Dette bortfallet vil erstattes av substitutter (alternative energiformer). Disse etterspørselssubstituttene vil imidlertid også ha et utslipp knyttet til seg, og vil følgelig bidra til den totale utslippseffekten av et produksjonskutt. Rystad Energy inkluderer utslippene ved selve forbruket, ikke produksjon og transport.
- Rystad Energy antar i denne rapporten at elektriske biler erstatter etterspørselsbortfallet av olje. Utslippseffekten avhenger av intensiteten til kraftmiksen som går med til å lade elbilen, samt elbilens virkningsgrad. Det legges til grunn global kraftmiks fra IEAs scenarier (Net Zero, Sustainable Development, og Stated Policies).
- Rystad Energy antar i denne rapporten at elektrisitet erstatter gass i Europa. Det legges til grunn forventet kraftmiks som rapportert fra EU-kommisjonen. I tillegg gjøres det caser/sensitiviteter på andre plausible utfall; kull erstatter gass, og 100% fornybar.

Steg 2 – Olje

Elektrisitet sannsynlig hovedsubstitutt for olje på lang sikt – utslipp avhengig av kraftmiks

Elektrisitetsgenerering og global kraftmiks for IEA-scenarier Petawatt-timer (PWh)



- Dersom oljeetterspørselen reduseres som følge av et produksjonskutt forventes det at hovedsubstituttet vil være elektrisitet. Dette vil kunne gjelde flere sektorer, men primært vil det være personbiler (overgang til elbiler). For å kunne beregne netto utslippseffekt må man analysere fremtidig utslipp knyttet til elektrisitet globalt, dvs. energimiksen på 2030-tallet. Denne vil variere signifikant mellom regioner/land.
- I denne rapporten tar vi utgangspunkt i IEAs globale kraftmiksscenarier for Net Zero, Sustainable Development, og Stated Policies. Intensitetene i kraftmiksen varierer mellom 0.14 og 0.4 kg CO₂/kWh. Sammenlignet med i dag (0.5 kg CO₂/kWh) vil utslippene knyttet til substitusjon være lavere i alle de tre IEA-scenariene. De to viktigste grunnene er betydelig lavere utslipp fra kull, samt en større andel fornybar (hele 65% i Net Zero).
- Substitusjonseffekten ved å gå fra en forbrenningsbil til en elektrisk drevet bil avhenger også av bilens virkningsgrad. En elektrisk drevet bil har en betydelig høyere virkningsgrad enn en forbrenningsbil. Dersom man fjerner et fat olje som går til en forbrenningsbil vil tilsvarende kjøring med en elbil resultere i 75 kg CO₂/kWh i Net Zero og 191 kg CO₂/kWh i Stated Policies.

*Dersom man fjerner et fat olje som går til en forbrenningsbil, hvor store utslipp vil tilsvarende kjøring med en elbil resultere i. Dette avhenger av CO₂-intensiteten til kraftmiksen, samt virkningsgrad.

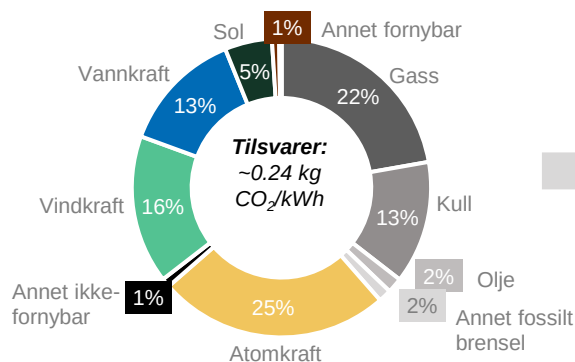
Kilde: Rystad Energy; IEA

Steg 2 – Gass

Elektrisitet sannsynlig substitutt til gass i Europa

Europeisk kraftmiks 2020 og 2030 og tilhørende intensiteter

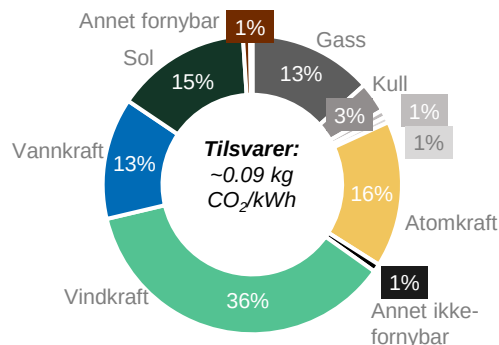
Europeisk* kraftmiks 2020



🔥 → ⚡ Utslipp fra elektrisitet**: ~217 kg CO₂/boe

Den europeiske energimiksen for elektrisitet inneholder i dag en betydelig andel fossilt brensel, som fører til en utslippsintensitet på 0.24 kg CO₂/kWh. I dette scenarioet vil elektrisitet for å erstatte én boe gass som går til gasskraftverk slippe ut 217 kg CO₂.

Europeisk* kraftmiks 2030 – EU MIX scenario



🔥 → ⚡ Utslipp fra elektrisitet**: ~80 kg CO₂/boe

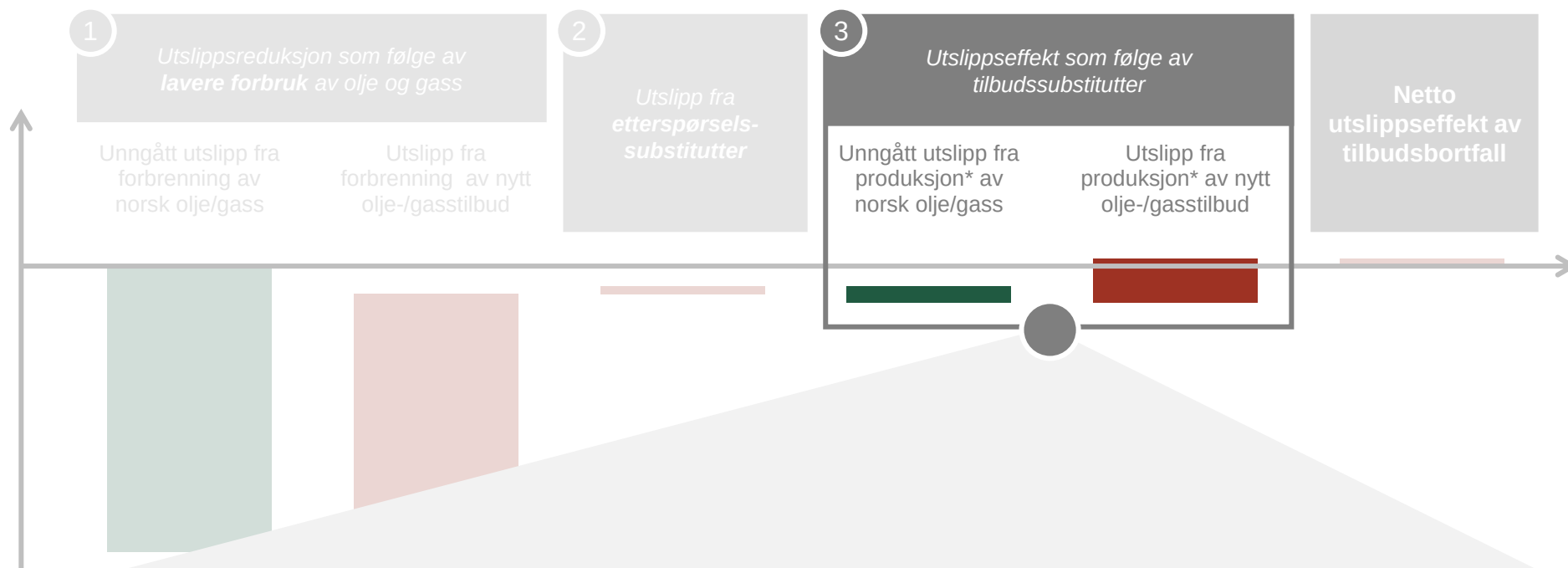
I EUs MIX scenario for 2030 er det forventet at andelen fornybar vil øke betraktelig sammenlignet med i dag. Dette resulterer i en gjennomsnittlig utslippsintensitet på 0.09 kg CO₂/kWh. I dette scenarioet vil elektrisitet for å erstatte én boe gass som går til gasskraftverk slippe ut 80 kg CO₂.

- Gassetterspørselen i Europa er i dag jevnt fordelt mellom kraft, industri og bygninger. Ved en overgang til substitutter for gass er det realistisk at dette blir elektrisitet til industri og bygninger. Gass i kraftsektoren kan bli erstattet av fornybar eller kullkraft. Selv om europeisk kullkraft er forventet redusert betraktelig frem mot slutten av 2030-tallet, vil det fremdeles være land som er avhengige av kull (for eksempel Polen).
- En overgang fra fossile energikilder til fornybare energikilder vil kunne gjøre energimiksen på 2030-tallet i Europa betydelig renere enn i dag, men hvor mye renere er usikkert.
- Utslippene avhenger av hvordan energikildene til elektrisitet endrer seg frem mot 2030-tallet. Figuren viser kraftmiksen (2030) i EUs MIX-scenario. I dette scenarioet vil elektrisitet som kreves for å erstatte én boe gass som går til gasskraft, slippe ut ca. 80 kg CO₂.
- Det forutsettes at gasskonsum som erstattes har 50% virkningsgrad ved bruk i gasskraftverk. Om man antar at gassen som erstattes i stedet benyttes til oppvarming, vil det være behov for mer elektrisitet per boe gass erstattet, ettersom virkningsgraden for gass brukt til oppvarming er nærmere 90%.
- Det vil dermed være nesten dobbelt så store utslipp fra substitusjon av gass hvis gassen blir antatt brukt til oppvarming, og ikke gasskraftverk som antatt her.

*EU + UK, uten biogass og biomasse. **Antar 50% virkningsgrad for gasskraft. **Dersom man fjerner en boe med gass som går til gasskraft, hvor store utslipp vil det medføre å erstatte dette med kraft fra europeisk kraftmiks? Kilde: Rystad Energy, European Commission, Eurostat, ENTSO-E

Steg 3: Utslippseffekt som følge av tilbudssubstitutter

Metode for beregning av utslippseffekten knyttet til et langsiktig tilbudsfall

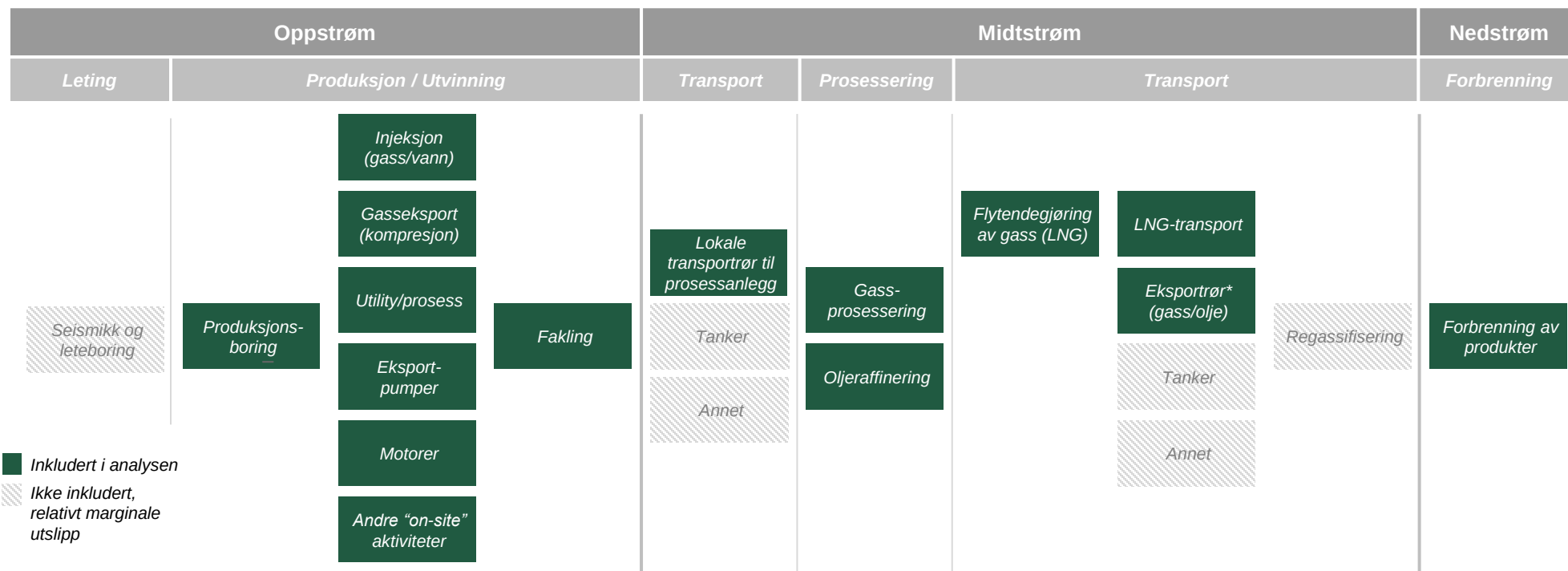


- Dette kapittelet tar for seg metoden for beregning av Steg 3 – Utslippseffekten som følge av tilbudssubstitutter.
- Steg 3 er relevant når hele eller deler av tilbudsfaller blir erstattet av «nye» volumer (tilbudssubstitutter). Utslippene knyttet til produksjon av hydrokarboner (oppstrøm) varierer signifikant mellom felt, og er drevet av en rekke forskjellige elementer: felttype (konvensjonelle felt, skiferolje, oljesand osv.), olje/gass-forhold, oljekvalitet, reservoarforhold (f. eks. trykkforhold), infrastruktur osv. Det er også store variasjoner i transport- og prosesseringsleddet (midtstrøm). For olje er det utslippene knyttet til raffinering som dominerer i midtstrømsleddet, der oljekvaliteten er av avgjørende betydning. For gass er transportleddet (rørgass) signifikant, i tillegg til flytendegjøringsprosessen (LNG).
- Ved et produksjonskutt på norsk sokkel vil en andel av volumene (potensielt alle) bli erstattet av «nye» volumer som har sitt eget karbonfotavtrykk. Derfor er det viktig med en fundamental analyse av utslippene både på norsk sokkel og ellers i verden. Rystad Energy har gjennom 10 år bygd opp en komplett global utslippsdatabase (CO₂) på feltnivå. Denne baserer seg på rapporterte utslippstall (feltnivå, selskapsnivå osv.), samt andre tilgjengelige kilder (for eksempel satellittdata for utslipp knyttet til fakling, OCI osv.). Utslippsdatabasen benyttes i analysen.

Steg 3 – Introduksjon

Oppstrøm/midtstrøm/nedstrøm – Rystad inkluderer alle signifikante utslippskilder

Utslippselementer fra oppstrøms- og midtstrømssektoren



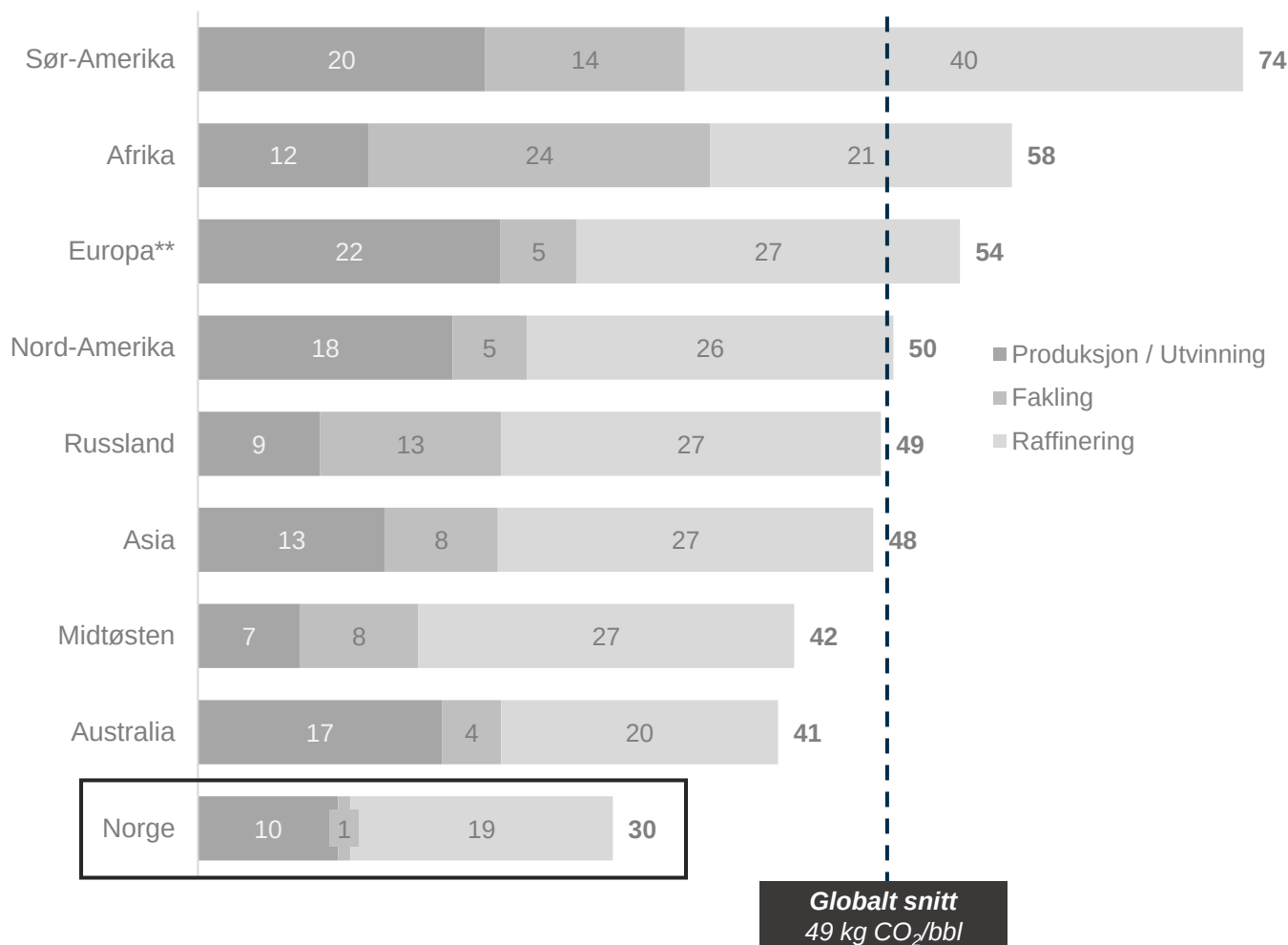
- Grafikken over viser en oversikt over utslippselementene som inngår i oppstrøm/midtstrøm. Rystad Energy inkluderer alt med unntak av seismikk/leteboring, tanker (transport av olje) og regassifisering. Disse elementene er ikke inkludert primært på grunn av at de relativt sett er marginale.
- CO₂-utslipp fra oppstrømsleddet drives hovedsakelig av kompresjon av gass for rørekspert og/eller reinjeksjon (trykkstøtte i oljereservoarer), reinjeksjon av vann (trykkstøtte), og fakling (enkelte regioner). Prosessering «on-site» kan også bidra med signifikante utslippsvolumer. I midtstrømsleddet er det raffinering som står for mesteparten av CO₂-utslippene for olje, mens for gass er transportleddet (rørgass) og flytendegjøring (LNG) de desidert største elementene. Utslipp knyttet til forbrenning av oljeprodukter er også inkludert i analysen ettersom oljekvalitet er direkte knyttet til produktsammensetning.
- CH₄-utslipp (metan) knytter seg primært til transport/distribusjon av gass via rørledninger (utslippskilder). Det kan imidlertid også være signifikante oppstrømsutslipp der metan blir sluppet ut i atmosfæren (tilsiktet). Dette refereres ofte til som «venting». Rystad Energy inkluderer effekten av CH₄-utslipp for de relevante tilbyderne av gass til Europa (potensielle tilbudssubstitutter).

*Utslipp knyttet til rørtransport av gass (eksport til markedet) er inkludert i analysen. Kilde: Rystad Energy

Steg 3 – Olje

Norsk olje har 19 kg CO₂/bbl lavere intensitet enn snittet i oppstrøms- og midstrømsleddet

Olje*: Gjennomsnittlig CO₂-utslipp fra oppstrøms- og midstrømsaktivitet i 2019
kg CO₂/bbl



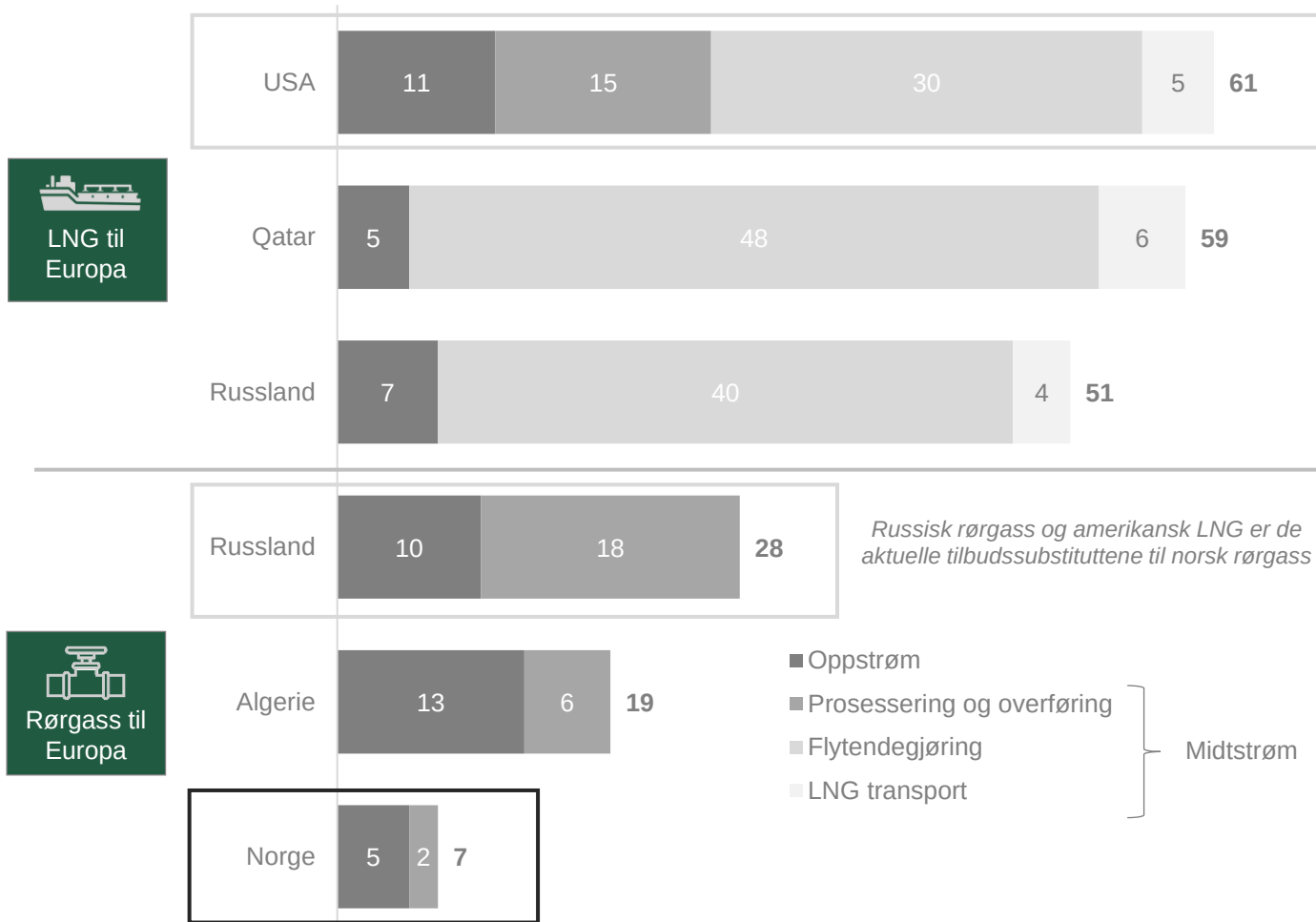
- Grafen viser globale CO₂-utslipp fra oppstrøms- og midstrømsleddet (raffinering) for oljeproduksjon* i 2019.
- Det er store forskjeller mellom de ulike kontinentene. Sør-Amerika har det høyeste karbonfotavtrykket (primært på grunn av tungolje i Venezuela), mens Australia har det laveste (mye gassproduksjon). Det globale snittet er 22 kg CO₂/bbl for oppstrøm og 27 kg CO₂/bbl for midtstrøm, dvs. 49 kg CO₂/bbl samlet sett.
- Norsk olje har en samlet oppstrøms- og midstrømsintensitet (30 kg CO₂/bbl) som er betydelig lavere enn snittet for hvert kontinent. Sammenlignet med det globale snittet er intensiteten 19 kg CO₂/bbl lavere (-39%). Det er flere grunner til at norsk olje har et avtrykk som er blant de laveste i verden: elektrifiserte felt, lite fakling (assosiert gass hovedsakelig re-injiseres eller eksporteres), betydelig andel NGL og kondensat, god oljekvalitet m.m.
- Ved et produksjonskutt på norsk sokkel vil en andel av (eller alle) volumene bli erstattet. De «nye» volumene har et annet karbonfotavtrykk. I dette steget legger Rystad Energy til grunn at tilbudssubstituttene har en utslippsintensitet lik det globale snittet (49 kg CO₂/bbl).

*Dette er ikke oljefelt, men utslipp fordelt på oljeproduksjon (summen av råolje, kondensat og NGL) **Ekskludert Norge. Kilde: Rystad Energy; selskapsinformasjon

Steg 3 – Gass

Norsk gass har et lavt CO₂-fotavtrykk sammenlignet annen gass til Europa

Gjennomsnittlig CO₂-utslipp fra oppstrøm og midtstrøm for tilbydere av gass til Europa i 2019
kg CO₂/boe



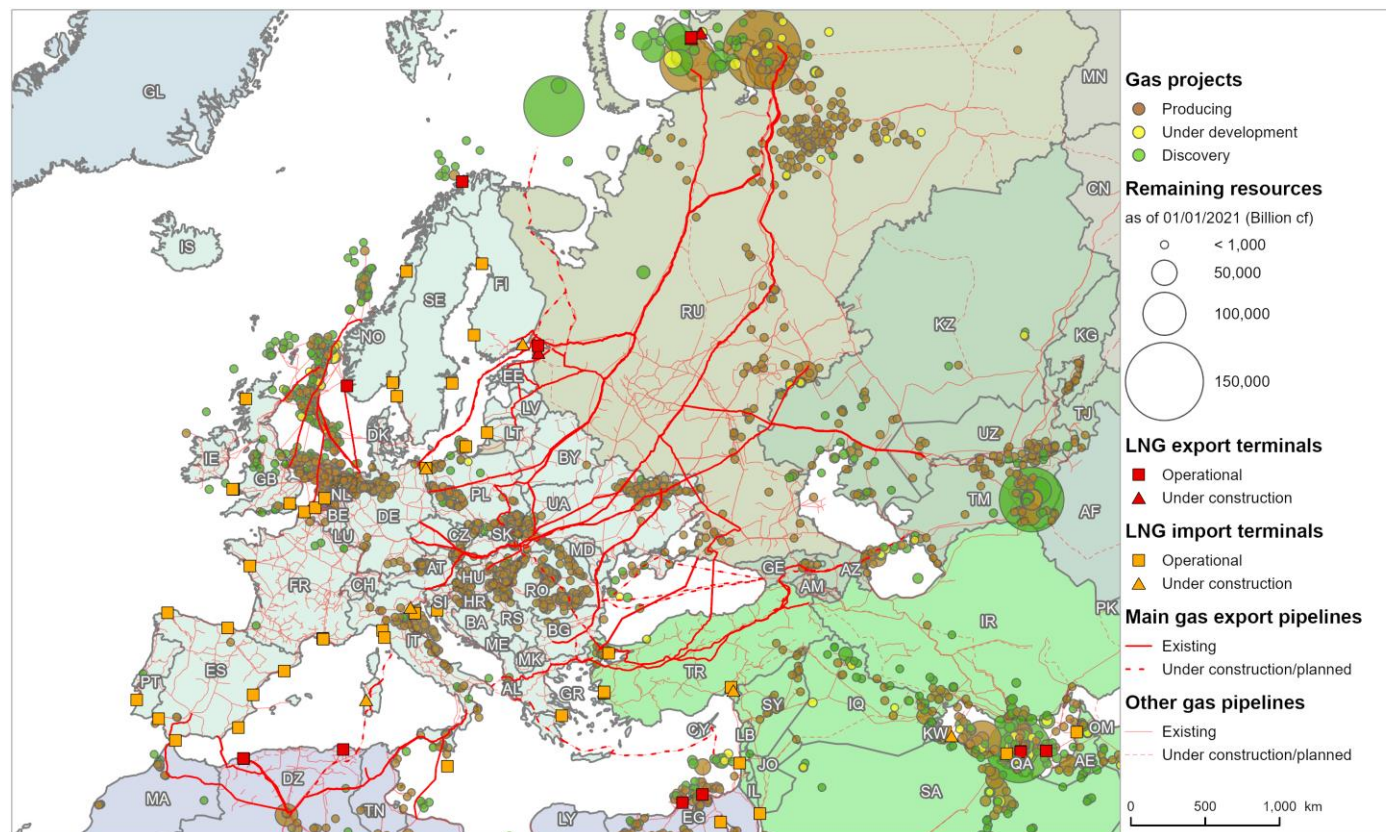
- Grafen viser CO₂-utslippsintensitet knyttet til produksjon (oppstrøm), prosessering, overføring/transport, flytendegjøring, og LNG-transport.
- Den øvre delen av grafen viser kg CO₂/boe knyttet til importert LNG til Europa. LNG har generelt høyere utslippsintensitet enn rørgass på grunn av utslipp knyttet til flytendegjøring av gassen. Russland leverer LNG til Europa med den laveste utslippsintensiteten på 51 kg CO₂/boe, mens USA leverer LNG med høyest utslippsintensitet på 61 kg CO₂/boe.
- Den nedre delen av grafen viser kg CO₂/boe knyttet til importert rørgass til Europa fra Norge, Algerie og Russland. Gass levert fra Norge har den laveste utslippsintensiteten på totalt 7 kg CO₂/boe. Algerie og Russland har langt høyere utslippsintensitet enn Norge – nesten tre ganger høyere for Algerie og fire ganger høyere for Russland. Årsaken til forskjellen i intensitetene er lavere oppstrømsutslipp i Norge, kombinert med kortere transportdistanse og høyere andel elektrifisering av prosesserings- og overføringsfasiliteter.
- Ved et tilbuds-bortfall av norsk gass er det primært russisk rørgass og amerikansk LNG som vil være de aktuelle tilbudssubstituttene.

Kilde: Rystad Energy; selskapsinformasjon

Steg 3 – Gass

Russisk gass må transporteres ca. fire ganger så langt som norsk gass til nordvest-Europa

Oversikt over gassinfrastruktur i Europa

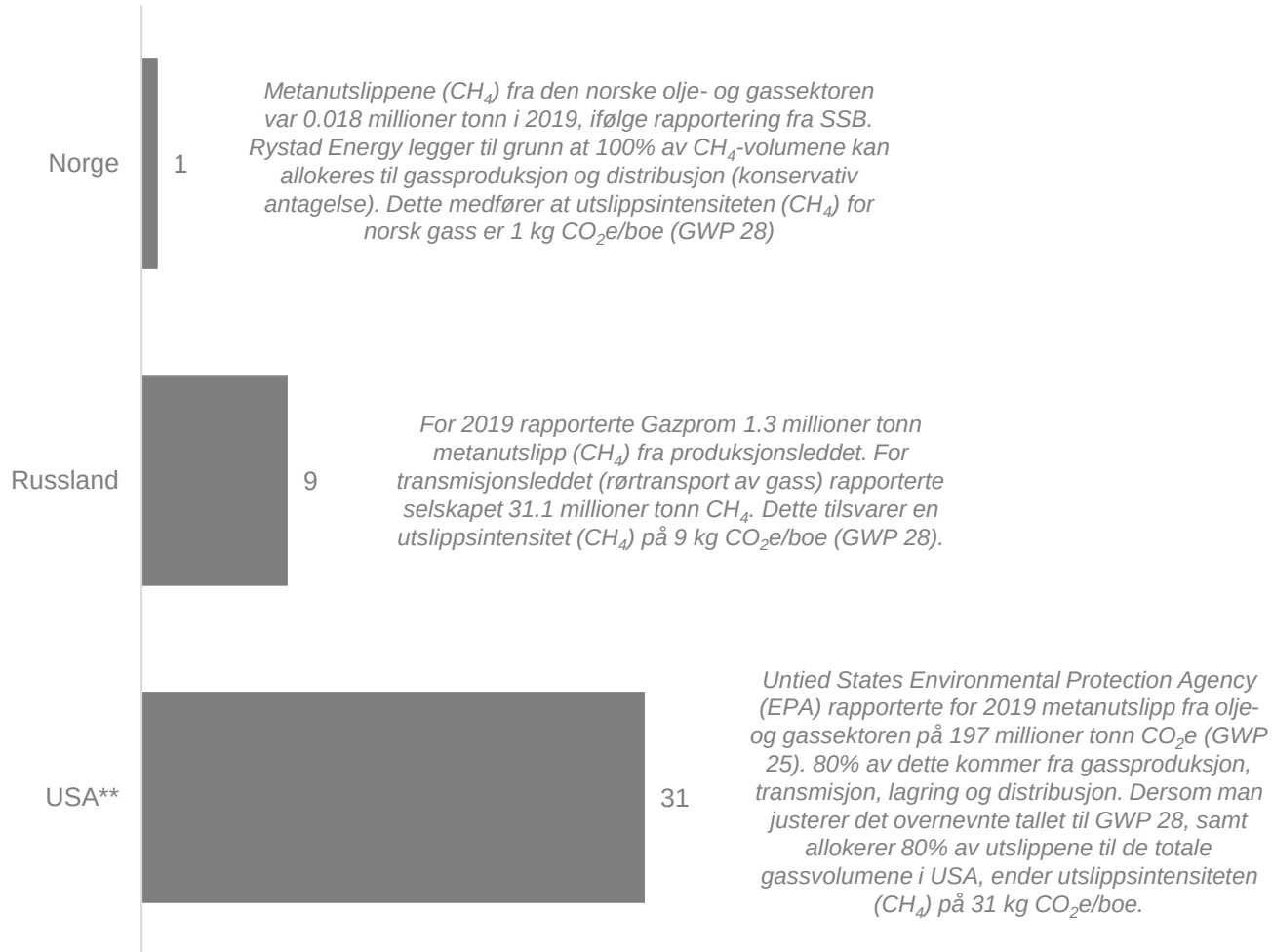


- Russland er den største kilden til importert naturgass for EU og Storbritannia, og regionen er også det største eksportmarkedet for Russland. Mesteparten av gassen som produseres for eksport til Europa stammer fra vest-Sibir, spesielt Yamal-området. Kartet nedenfor viser de viktigste rørledningssystemene som leder gass fra dette området til de europeiske eksportmarkedene.
- I tillegg til å være en stor eksportør av naturgass, er Russland også en av de største forbrukerne. Dette betyr at rørledningssystemet betjener både innenlandsk forbruk og eksport.
- Vi har valgt å evaluere gjennomsnittlig intensitet for prosessering og overføring av utslipp av russisk gass basert på landets total, i motsetning til bare de eksporterte volumene. Årsaken til dette er datatilgjengelighet og kvalitet.
- Transport av gass fra de enorme naturgassreservene på Yamal-halvøya til den østlige grensen i Tyskland er en distanse på mer enn 4000 km – fire ganger lenger enn gjennomsnittlig lengde på rørledninger fra Norge til Europa. Dette øker også energiforbruket og følgelig utslippsintensiteten til russisk natur.
- 254 store kompressorstasjoner, hver med høye utslipp, er brukt i det russiske gassrørnettet.

Steg 3 – Gass

Norsk gass har lave metanutslipp sammenlignet med Russland og USA

Gjennomsnittlig CH₄-utslipp fra oppstrøm og midtstrøm (distribusjon) for utvalgte tilbydere av gass til Europa i 2019, kg CO₂e/boe



- Metanutslipp (CH₄) fra olje- og gassaktivitet er betydelig mange steder i verden. Metanutslipp fra olje- og gassektoren er primært relatert til produksjon, prosessering og transport (via rørledninger) av gass. Ved et produksjonskutt av norsk gass til Europa vil det primært være rørgass fra Russland og LNG fra USA som vil være tilbudssubstituttet.
- Grafen viser rapporterte metanutslipp fra Norge (SSB), Russland (Gazprom) og USA (EPA) i 2019. Norge har desidert lavest utslipp per produsert enhet. Dersom man legger til grunn GWP* 28 var utslippene i Norge 1 kg CO₂e/boe i 2019. Dette er 8 kg CO₂e/boe lavere enn Russland, og hele 30 kg CO₂e/boe lavere enn USA.
- Rystad Energy legger til grunn tallene i grafen ved beregning av Steg 3 for metan. Det er usikkerhet knyttet til metandata fra ulike kilder, ettersom det benyttes ulike måle- og estimeringsmetoder. Det er få selskaper som gjør kontinuerlige målinger av metanutslipp, og det meste av det som rapporteres er estimer.
- Det benyttes her 100-års GWP* på 28 (IPCC, AR5), for å konvertere metanutslipp til CO₂-ekvivalenter. Dette justerer for hvor mye varme/energi ett tonn metan absorberer over en 100-års periode i forhold til CO₂. Ved bruk av 20-års GWP vil denne faktoren øke til 84 (IPCC, AR5) og dermed tredoble effekten av metan. Dette ville skape enda større forskjeller mellom norsk gass og gass fra Russland eller USA.

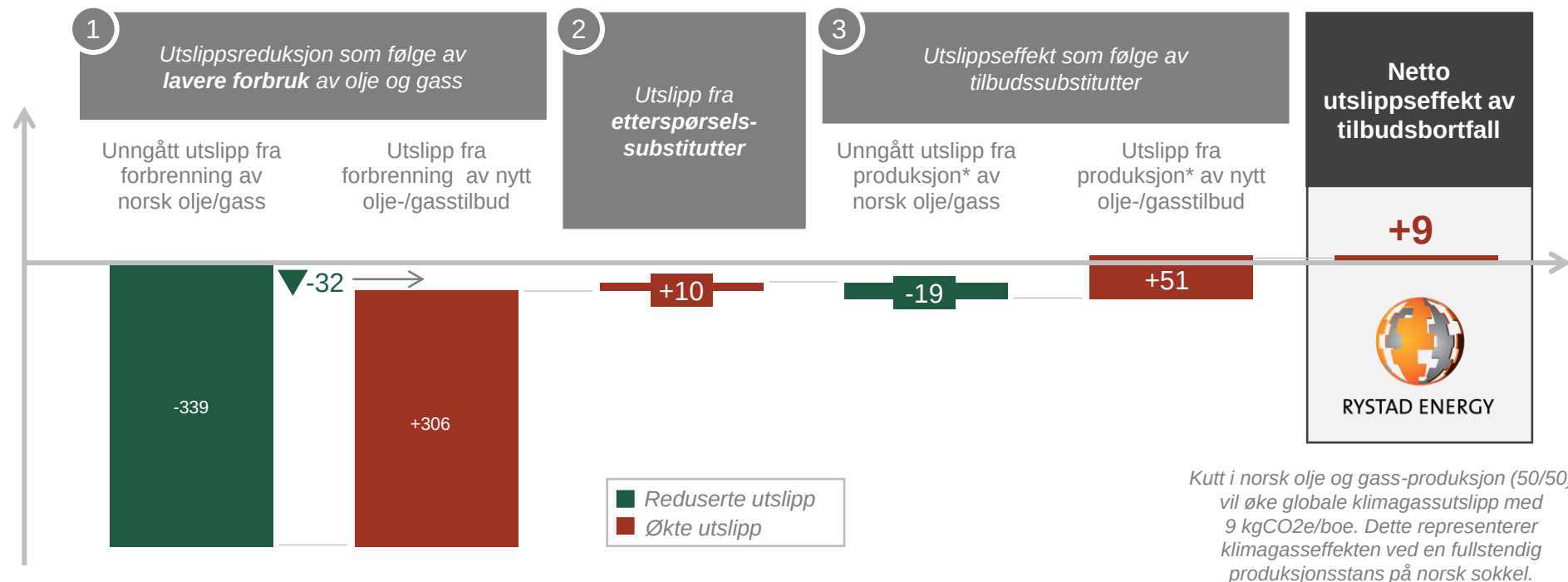
*Global Warming Potential.

Kilde: Rystad Energy; SSB; EPA, Gazprom

Oppsummering

Kutt i olje- og gassproduksjon på norsk sokkel gir høyere klimagassutslipp

Effekten på globale klimagassutslipp som følge av et langsiktig produksjonskutt på norsk sokkel
kg CO₂e/boe (reduisert), 0.5 fat olje/0.5 fat (boe) gass



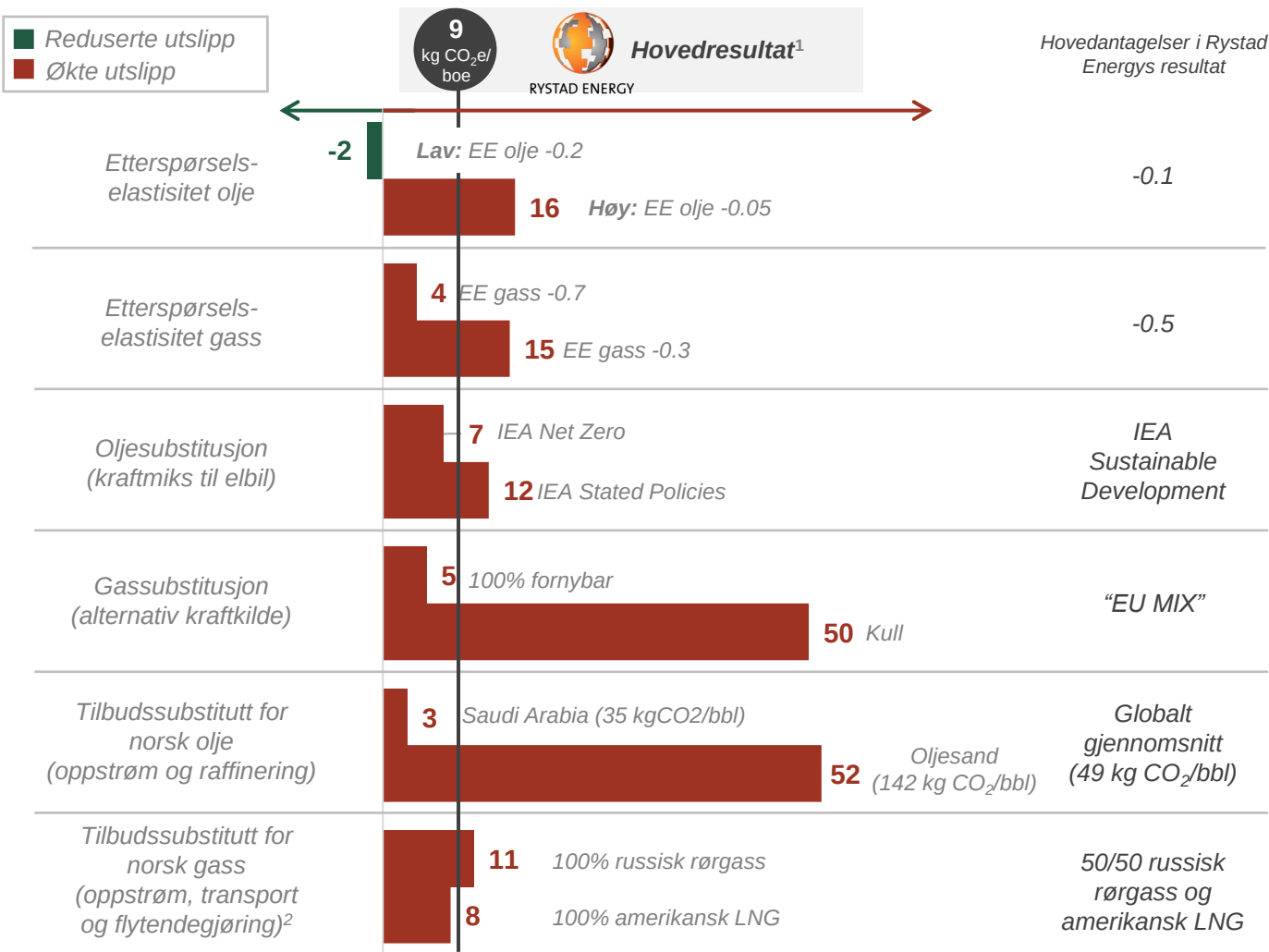
Effekten på globale klimagassutslipp som følge av et langsiktig produksjonskutt på norsk sokkel
kg CO₂e/boe (reduisert), hhv. 1 fat olje og 1 fat (boe) gass

1 fat olje	-362	▼-33	+329	+11	-30	+45	-8
1 fat (boe) gass	-315	▼-32	+283	+8	-8	+58	+26

*Produksjonsutslipp inkludere utslipp oppstrøm, prosessering og transport, nærmere beskrevet i introduksjon av rammeverk
Kilde: Rystad Energy

Sensitivitetsanalyse av hovedresultatet: Utslippene øker i alle unntatt ett scenario

Utslippseffekt ved langsiktig tilbuds-bortfall av 50/50 olje/gass fra norsk sokkel, Sensitivitetsanalyse¹ av Rystad Energys hovedresultat, kg CO₂e/boe (redusert)



- Grafen viser ulike sensitiviteter for Rystad Energys hovedresultat ved lik andel kutt i olje og gass (50/50). For hver sensitivitet holdes alle antagelser konstante, med unntak av elementet som undersøkes.
- Analysen viser at et produksjonskutt på norsk sokkel fører til økte utslipp globalt for alle unntatt én sensitivitet. Utslippene reduseres marginalt i scenarioet der etterspørsels-elasticiteten for olje er -0.2, som tilsvarer 20% redusert etterspørsel ved 100% økning i pris.
- Oljesubstitusjon (kraftmikks til elbil) har en relativt lav sensitivitet; IEA Net Zero vs Stated Policies gir kun 5 kg CO₂/boe differanse. Alternative kraftkilder for gass (gasssubstitusjon) har en betydelig større differanse, primært på grunn av karbonfotavtrykket til kull. 100% fornybar gir forøvrig også netto økte utslipp (marginalt).
- Karbonfotavtrykket fra oppstrøm og raffinering av olje varierer betydelig mellom ulike kilder/felt. «Rystad Energy»-caset legger til grunn det globale snittet, men de faktiske volumene kan både være høyere og lavere. Scenarioet der substituttet er oljesand illustrerer hvordan effekten kan bli dersom tyngre olje kommer inn i markedet. Scenarioet der substituttet er olje fra Saudi-Arabia (med omtrent samme totalutslipp fra oppstrøm og raffinering) gir en tilnærmet uendret total utslippseffekt.

1) Det antas en produksjonskutt på 0.5 fat olje og 0.5 (boe) fat gass; 2) I scenarioet med kun russisk rørgass antas det også et fullstendig elastisk tilbud. I scenarioet med kun LNG antas det en tilbudselasticitet på 2.2. Kilde: Rystad Energy

Innhold

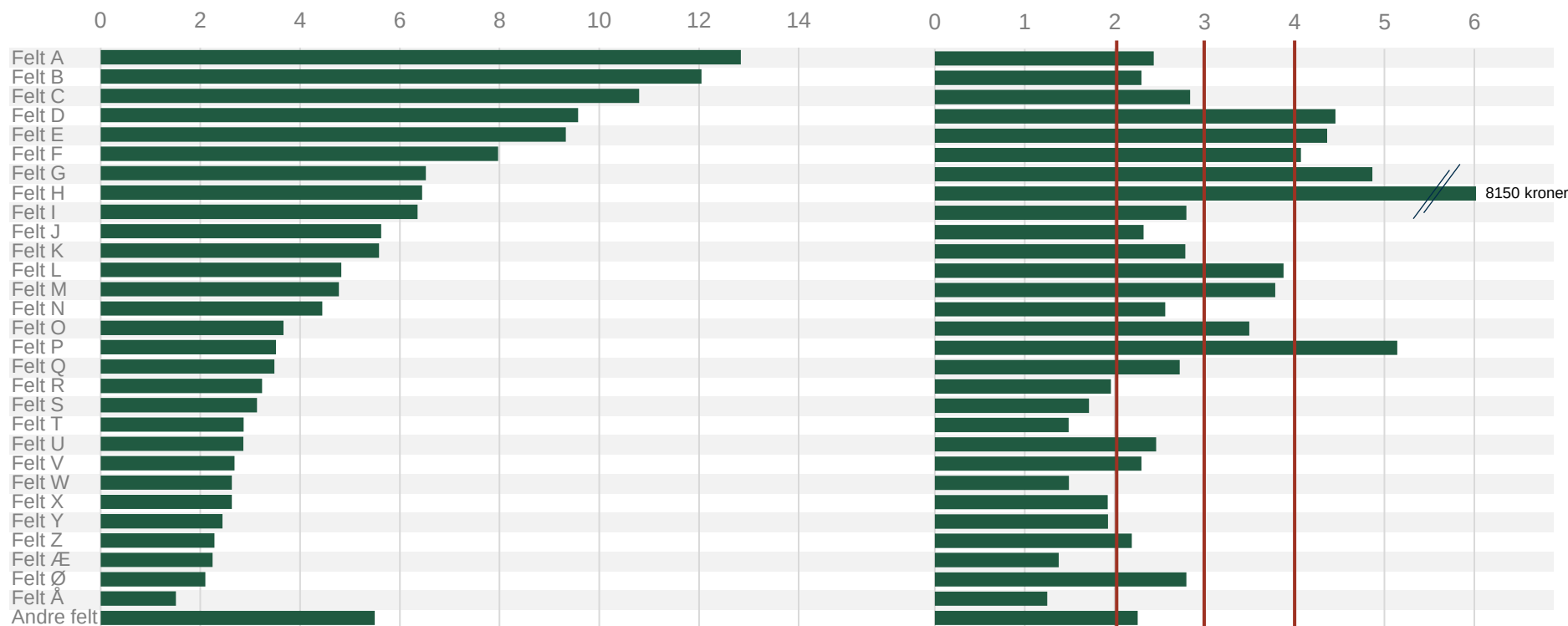
1. Oppsummering
2. Metode og hovedresultater
3. Andre utslippseffekter
4. Case-eksempler

Appendiks

For 22 av 30 felt vil det være ulønnsomt med klimatiltak dersom sluttdatoen er 2035

Antatte investeringer for å redusere CO₂-utslipp med 60% fra 2025
Milliarder kroner (reelt 2021)¹

Tiltakskost med sluttdato i 2035
Tusen kroner per tonn CO₂ kuttet



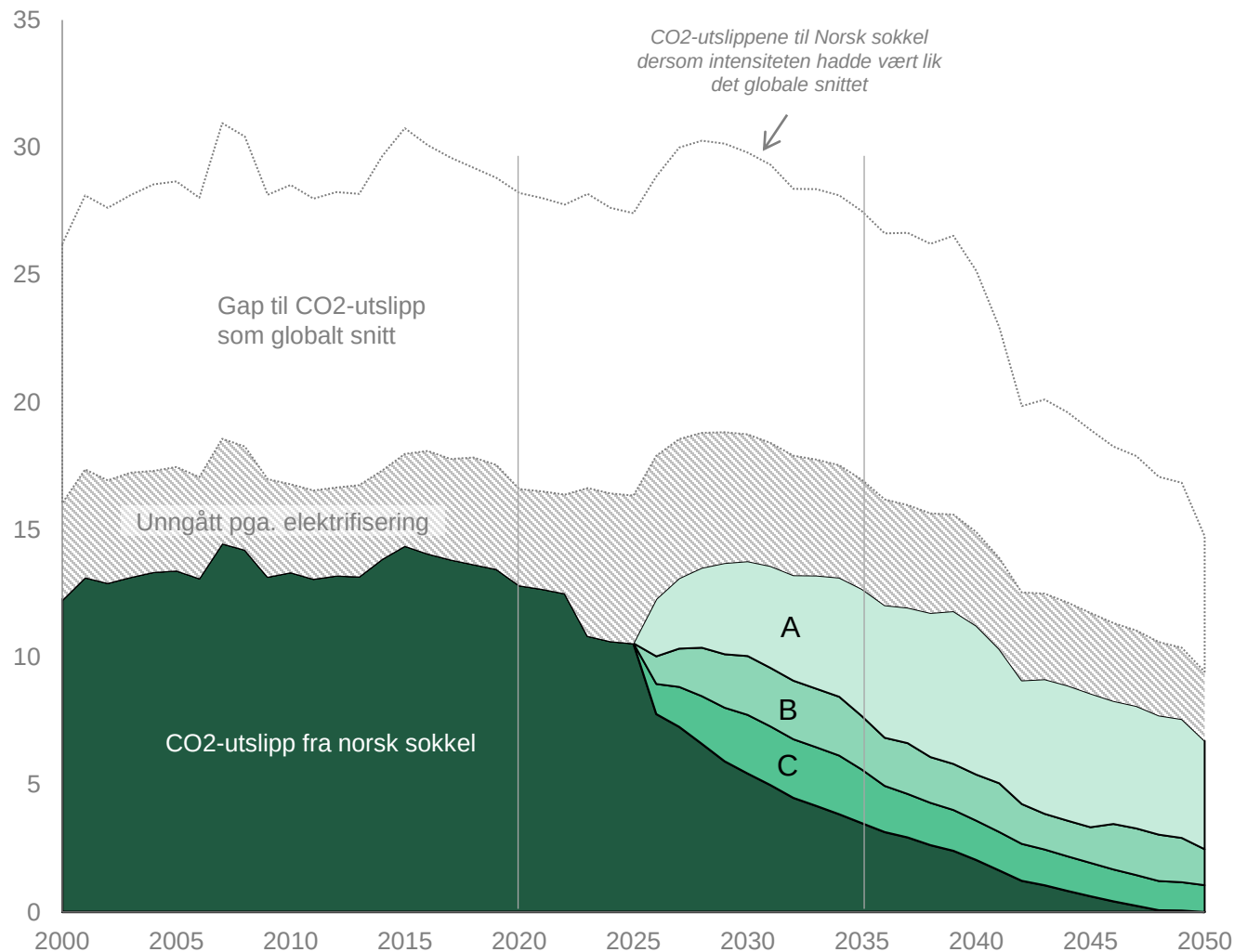
- I denne analysen er det antatt en tiltakskost på 1250 kroner per tonn CO₂ spart, gitt at feltet produserer ut sin økonomiske levetid og at 60% av utslippene kuttes. Resulterende investeringer er vist til venstre over. (Det er ikke verifisert at relevante tiltak faktisk finnes på hvert felt.) Til høyre er tiltakskosten per tonn vist *dersom feltet stenges i 2035* – altså totalinvesteringen delt på 60% av utslippene som kommer før 2035 ifølge vår database².
- Samlet vil tiltakene redusere utslippene med 106 megatonn (Mt) CO₂ med 130 milliarder kroner investert. Av dette er 42 Mt innen 2035 og 85 Mt innen 2050. Nå har regjeringen kunngjort en opptrapping av CO₂-avgiften fra 590 kroner per tonn til 2000 kroner i 2030. Som det fremgår av tallene over til høyre, vil 22 av 30 felt ha en tiltakskostnad som ligger over 2000 kroner per tonn dersom sluttdatoen er 2035. Disse tiltakene må derfor regnes som usikre, i og med at de er ulønnsomme. Ni felt får en tiltakskostnad på over 3000 kroner, noe som gjør realiseringen usannsynlig.

1) Feltene er anonymisert 2) Rystad Energy UCube – database for alle felt i verden inkludert klimagassutslipp. Kalibrert med Oljedirektoratets database for Norge og miljørapportering felt for felt. Kilde: Rystad Energy

Økte utslipp på kort og mellomlang sikt kan være resultatet av at en sluttdato settes

CO₂-utslipp fra norsk sokkel

Millioner tonn per år



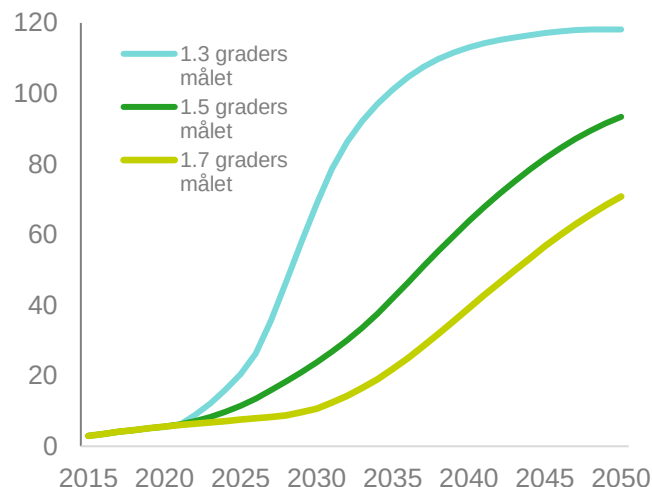
- Den øverste linjen viser CO₂-utslipp på norsk sokkel dersom utslippene hadde vært som det globale gjennomsnittet. Gjennom tiltak som elektrifisering (vist i grått), lav faking, skalafordel, effektive motorer og kompressor, varmegjenvinning og optimalisering av drift har i stedet utslippene blitt redusert til under halvparten av det globale gjennomsnittet, som vist i mørke grønn farge.
- Dersom det holdes høyt tempo i utslippsreducerende tiltak fremover, kan utslippene halveres til 2030 og gå til null i 2050.
- «A» viser nåværende forventet utslippsreduksjon basert på krav om elektrifisering og andre tiltak til nye utbygginger med tiltakskost under 2000 kroner per tonn redusert CO₂-utslipp.
- «B» viser nye kutt som krever tiltakskost over 2000 kroner per tonn med stopp i 2035, som er usikre på grunn av tidlig stopp.
- «C» viser tilleggskutt som krever tiltakskost på 3000 kroner eller mer per tonn med stopp i 2035, som er usannsynlige med tidlig produksjonsstopp.
- B+C er 41 Mt til 2035 og 87 Mt til 2050.

Kilde: Rystad Energy

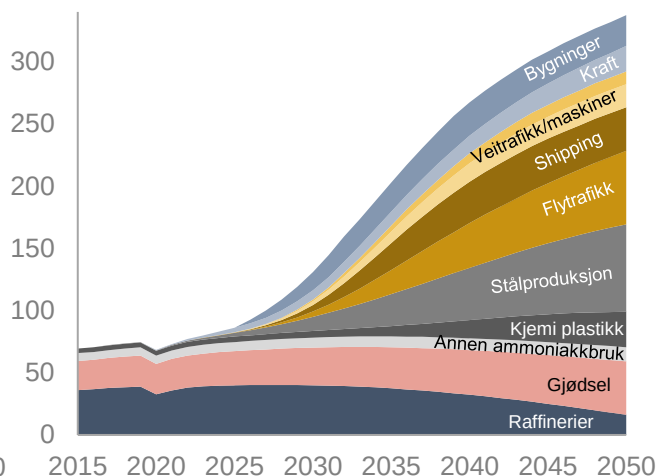
Gjenbruk av infrastruktur og reservoarer for klimatiltak er vanskelig dersom sluttdato er gitt

Forventet utvikling, vindkraft, hydrogenproduksjon og karbonfangst og lagring

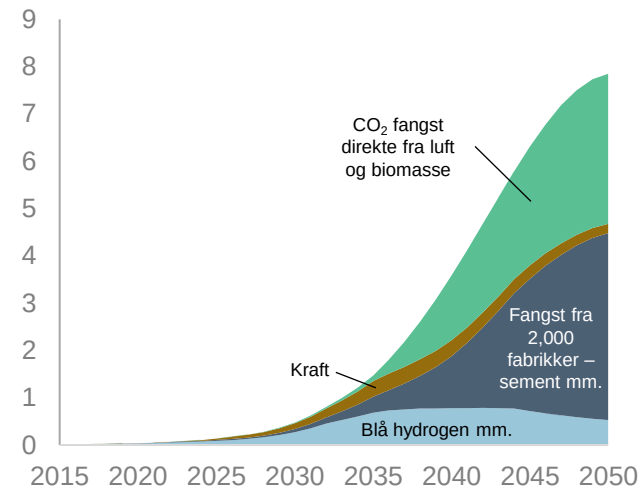
Vekst i global vindproduksjon – prognose
EJ per år produsert strøm



Global hydrogenetterspørsel – prognose
Millioner tonn per år¹



Karbonfangst og lagring – prognose
Milliarder tonn¹



Som vist i grafene under, forventer vi en enorm vekst i vindkraft, hydrogenproduksjon og karbonfangst og -lagring over de neste tre tiårene. Oljeselskapene vil ha en viktig rolle i å drive frem denne veksten, og olje- og gassfelt vil kunne utgjøre en god infrastruktur for å gjennomføre denne veksten:

- Rør kan i noen tilfeller gjenbrukes til transport av både hydrogen og karbondioksid.
- Reservoarer kan i noen tilfeller gjenbrukes til lagring av både hydrogen og CO₂, eller plattformene kan brukes som utgangspunkt for brønner som plasseres i nye reservoarer som egner seg til midlertidig lagring av hydrogen eller permanent lagring av karbondioksid.
- Plattformene kan i noen tilfeller brukes til produksjon av grønn eller blå hydrogen.
- Plattformene kan benyttes til batterier, likerettingsstasjoner eller til annen elektrisk infrastruktur som støtte blant annet til vindkraft.
- Plattformene vil utgjøre et marked for flytende og bunnfast vindkraft og kan på den måten gi en raskere oppstart av enkelte vindprosjekter.
- Det finnes visjoner for hvordan Nordsjøen kan knyttes sammen i et stort nettverk av kabler og rør for kraftgenerering, hydrogenproduksjon og karbonfangst og -lagring. På sikt kan dette nettverket bli en energiressurs for hele Europa.

I en overgangsfase vil en kombinasjon av kontantstrøm fra gjenværende olje og gass og fra de nye energiformene kunne gi bedre lønnsomhet, mindre finansiell risiko og raskere utvikling av en slik grønn og utslippsfri energisektor.

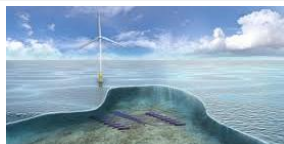
1) Utvikling i et scenario der man når 1.5 graders målet Kilde: Rystad Energy; RystadEnergy ScenarioCube

Global utslippsgevinst gjennom bruk av norske teknologier kan reduseres

Eksempler på utslippsreducerende teknologier

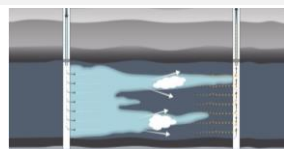
Offshore flytende vind med energilagring

Tiltakskostnad er NOK 1665/tonn CO₂¹ (2019 kroner) ved en 35% reduksjon av utslipp fra gassturbinene². Ved bruk av energilagringssystemer (eksempelvis hydrogen Deep Purple) er det mulig å redusere utslippene med 80%. Tiltakskost for Deep Purple er beregnet til NOK 1000/tonn CO₂ (2025-kroner).



Vannavledning ved vannflømming og CO₂ injeksjon for EOR

Vannavledningsteknologier reduserer behovet for vanninjeksjon, noe som gir lavere CO₂-utslipp fra gassturbiner på feltet. I tillegg fører det til redusert gassløft, noe som reduserer utslippene ytterligere. På lengre sikt, når CO₂ for EOR er tilgjengelig, vil CO₂-utslipp gå ned ved at injisert CO₂ lagres i reservoaret inntil reservoaret er mettet.



Elproduksjon fra eksosvarme i dampturbiner (dampbasert bunnsyklus)

Gassturbiner er mest effektive på full last, men kjøres ofte på 50-60%. CO₂-utslippene kan reduseres med 20% ved bruk av dampbasert bunnsyklus som utnytter restvarmen i eksosen. Tilsvarende effekt kan oppnås med brenselceller.



Hel-elektrisk undervannsanlegg

Elektriske anlegg har mer informasjon og mindre nedetid enn hydrauliske anlegg, og regulariteten av anleggene går derfor opp. Et resultat av dette er mindre faking. En økning i regularitet på 3,5% representerer en 21% reduksjon i nedetid og assosiert faking.



Helautomatisk boring

Utvikling innen digitalisering, automatisering og robotisering vil kunne føre til hel-automatisert boring i fremtiden dersom det utarbeides systemer for å integrere alle deler av boreprosessen. Boredeksroboter, wired pipe-teknologier, automatisert boring, MPD-teknikker og fjernstyring er elementer som må integreres. Tidsbruken blir redusert og utslippene fra borerigg tilsvarende lavere.



- Norsk oljesektor har gjennom de siste tre-fire tiårene utviklet og eksportert verdensledende teknologier som har kommet hele industrien til gode gjennom billigere produksjon med lavere utslipp. Avansert seismikk, retningsboring av brønner, strømningssimuleringer og flerfasemåling er fire eksempler blant hundrevis av teknologier som norsk sokkel har frembrakt.
- Dette forsknings-, utviklings-, og piloteringsarbeidet pågår fremdeles med stor styrke. Til venstre har vi vist noen aktuelle teknologier som samlet har potensial til å redusere globale klimagassutslipp med milliarder av tonn over tid.
- Dersom det settes en sluttdato for produksjonen på norsk sokkel vil det, som vist på de foregående sidene, være mindre lønnsomt å utvikle og pilotere disse prosjektene i Norge. Dette vil igjen ha konsekvenser for hvor raskt slike teknologier kan utvikles og spres globalt.
- Dersom den globale petroleumsindustrien gjennom norske teknologier og konsepter kommer ned på «kun» 50% høyere klimagassutslipp enn vi har i Norge, vil det alene kunne spare verden for 130 Mt klimagassutslipp i året.
- Det sier seg selv at en slik effekt vanskelig kan tallfestes. Men her som i andre sektorer er det nettopp spredningen av nye teknologier som på sikt har den suverent viktigste innflytelsen på ytelse og miljøfotavtrykk – slik som tilfellet er nå med globalt disruptive teknologier som elbiler, solceller og batterier.

1) PUD Hywind Tampen 2) Ekskluderer ENOVA-støtten, men inkluderer sparte CO2-avgifter; Kilde: Rystad Energy

Innhold

1. Oppsummering
2. Metode og hovedresultater
3. Andre utslippseffekter
4. **Case-eksempler**

Appendiks

Utslippseffekten av et norsk produksjonskutt analyseres gjennom fire caser

Introduksjon til caser

Case	Casebeskrivelse
Rystad Energy	«Rystad Energy» er et case basert på hva Rystad Energys analyser indikerer er representative antagelser. Caset legger til grunn en TE ¹ for olje på 1 og en EE ¹ på -0.1. I et slikt scenario vil et kutt i norsk oljeproduksjon resultere i en etterspørselsreduksjon på 9%. Det vil si at 91% erstattes av andre tilbydere. Det er da antatt at produksjonsutslippene knyttet til oljen som erstatter den norske oljen ligger på det globale snittet. Videre forventes det at bortfall i etterspørsel erstattes av elbiler som benytter seg av en kraftmiks gitt av IEAs SDS ² scenario. For gass er det lagt til grunn elastisiteter som resulterer i en etterspørselsreduksjon på 10%. Etterspørselsbortfallet er antatt erstattet med strøm produsert med en kraftmiks som i EUs MIX scenario. Tilbudet som erstattes er antatt erstattet av 50/50 russisk rørgass og amerikansk LNG.
Fullstendig elastisk tilbudsside	Caset «Fullstendig elastisk tilbudsside» viser hva effekten av et produksjonskutt vil være i et scenario der de norske produksjonskuttene ikke er prisdrivende, hverken for olje eller gass, og dermed ikke har noen etterspørselsrespons. Det er følgelig kun forskjeller i utslipp ved å produsere og transportere den norske oljen og gassen sammenlignet med global olje og gass som bidrar til endringer. Foruten at det ikke er noen etterspørselsrespons i dette caset, skiller det seg også fra «Rystad Energy»-caset ved at den norske gassen erstattes av 100% russisk rørgass.
Lav tilbuds-elasticitet	Tilbudselastisiteten har økt de siste årene, og Rystad Energy sin tilbudskurve indikerer en tilbudselastisitet på ~1 i 2030. Dette er blant annet et resultat av skiferrevolusjonen i USA samt kraftige investeringer i perioden 2011-2014 (blant annet i Irak, Brasil og oljesand i Canada), som har skapt en mer fleksibel tilbudsside. Vi legger likevel opp til et case med lavere tilbudselastisitet, henholdsvis 0.75 for olje og 2.2 for gass. Etterspørselselastisiteten holdes uendret fra «Rystad Energy»-caset med -0.1 for olje og -0.5 for gass. Med disse elastisitetene vil etterspørselsreduksjonen være 12% for olje og 19% for gass. Det vil si at 88% av oljen og 81% av gassen erstattes av andre tilbydere. Caset skiller seg også fra «Rystad Energy»-caset ved at det antas at norsk gass erstattes av amerikansk LNG.
Kull erstatter gass	«Kull erstatter gass»-caset legger til grunn de samme etterspørselsreduksjonene ved et produksjonskutt som «Rystad Energy»-caset. Caset skiller seg fra «Rystad Energy»-caset ved at nedgangen i etterspørsel etter gass erstattes med kull. Dette er uheldig, men definitivt et mulig utfall. For begrensede kutt vil kull kunne være det mest naturlige initielle substituttet i flere regioner. Denne substitusjonseffekten er særlig relevant for kutt i nær fremtid, og jo lenger frem i tid det er forventet at kuttet vil finne sted, jo mindre kull er det forventet at det vil være i den globale energimiksen. Kull vil likevel kunne være det mest naturlige initielle substituttet i flere regioner.

- Det er til nå redegjort for metodikken som ligger til grunn for beregningen av endringer i utslipp som følge av et norsk produksjonskutt. Det er også redegjort for hvilke verdier Rystad Energy vurderer som representative som input i denne metodikken.
- Resultatseksjonen viser utslippsendringer ved ulike inputvariabler innenfor denne metoden. I Norge produseres det omlag 50/50 olje og gass, og som metodekapittelet illustrerer vil det være vanskelig å kutte olje uten å kutte gass. For hvert scenario vises derfor også utslippseffekten av å kutte et halvt fat olje og et halvt fat gass.
- Fire caser med ulik input er valgt for å illustrere effekten av et norsk produksjonskutt. «Rystad Energy»-caset er et balansert case som representerer utslippsendringer gitt det Rystad Energy mener er representative verdier. «Fullstendig elastisk tilbudsside» representerer et scenario der norske produksjonskutt ikke er prisdrivende, og følgelig ikke leder til noen etterspørselsrespons. «Lav tilbudselastisitet» legger til grunn et scenario med en lavere tilbudselastisitet enn Rystad Energys estimerer. Det siste caset, «Kull erstatter gass», representerer et scenario der bortfall i gassetterspørsel erstattes av kull.

1) TE = Tilbudselastisitet, EE = Etterspørselselastisitet 2) Sustainable Development Kilde: Rystad Energy

Case: «Rystad Energy»

- «Rystad Energy»-caset er et balansert case basert på hva Rystad Energys analyser indikerer er representative verdier.
- Olje:** Caset legges til grunn en **tilbudselastisitet på ~1 for olje**. Dette tilsvarer Rystad Energys globale kostnadskurve (felt-for-felt) i 2030. Dette vil følgelig gi en etterspørselsrepons. I dette caset legges det også til grunn en **etterspørselastisitet på -0.1 for olje**. Etterspørselastisiteten er basert på det historiske forholdet mellom etterspørsel og pris globalt, samt relevante forskningsartikler. Ved denne kombinasjonen av elastisiteter vil **etterspørselsreduksjonen være 9% for olje**. Det vil si at **91% erstattes av andre tilbydere**. Sustainable Development kraftmix legges til grunn for substitutter til olje.
- Gass:** Bortfall av gass antas erstattet 50/50 av russisk rørgass og LNG fra USA. Tilbudselastisiteten er da delvis gitt av en kombinasjon av tilbudselastisiteten for LNG og delvis av tilbudselastisiteten for rørgass. LNG har en estimert tilbudselastisitet på 2.2 og rørgass er perfekt elastisk. Følgelig blir den relevante **tilbudselastisiteten i dette scenarioet 4.4**. **Etterspørselastisiteten i dette scenarioet er på -0.5** og er basert på snittet av relevante forskningsartikler. Ved denne kombinasjonen av elastisiteter vil **etterspørselsreduksjonen være 10%**. Det vil si at **90% erstattes av andre tilbydere**.

Olje	Steg 1	I steg 1 ser vi på forbrenningseffekten av at det konsumeres 9% mindre olje. Det slippes ut 362 kg CO ₂ ved å forbrenne olje, og utslippene reduseres følgelig med 0.09*362.	362 kg CO ₂ /boe * (-9%) =	-33 kg CO ₂ /boe
	Steg 2	I steg 2 ser vi på effekten av å erstatte de 9 prosentene i redusert oljeetterspørsel med elektrisitet. Å kjøre en elektrisk bil tilsvarende et fat olje slipper ut 119 kg CO ₂ /boe i IEAs SDS² scenario .	119 kg CO ₂ /boe * 9% =	11 kg CO ₂ /boe
	Steg 3	I steg 3 ser vi på effekten på opp- og midtstrøm ved å fjerne et fat norsk olje (30 kg CO ₂ /boe) og legge til 0.91 fat fra andre tilbydere (globalt snitt på 49 kg CO ₂ /boe antas).	(49 kg CO ₂ /boe * 91%) - 30 kg CO ₂ /boe =	15 kg CO ₂ /boe
	Sum olje	Summert viser steg 1 til 3 effektene ved å kutte et fat norsk olje. Det vil si reduserte utslipp som følge av redusert etterspørsel, nye utslipp som kommer til fra substitutter samt effekten av at andre land produserer oljen som erstattes.		-8 kg CO ₂ /boe
Gass	Steg 1	I steg 1 ser vi på forbrenningseffekten av at det konsumeres 10% mindre gass. Det slippes ut 315 kg CO ₂ ved å forbenne en boe gass, og utslippene reduseres følgelig med 0.1*315.	315 kg CO ₂ /boe * (-10%) =	-32 kg CO ₂ /boe
	Steg 2	I steg 2 ser vi på effekten av å erstatte de 10 prosentene i redusert gassetterspørsel med elektrisitet ³ . Energi fra elektrisitet tilsvarende en boe gass slipper ut 80 kg CO ₂ /boe i EUs MIX scenario .	80 kg CO ₂ /boe * 10% =	8 kg CO ₂ /boe
	Steg 3	I steg 3 ser vi på effekten på opp- og nedstrøm ved å fjerne en boe norsk gass (8 kg CO ₂ /boe) og legge til 0.9 boe fra andre tilbydere (65 kg CO ₂ /boe) ⁴ .	65 kg CO ₂ /boe * 90% - 8 kg CO ₂ /boe =	50 kg CO ₂ /boe
	Sum gass	Summert viser steg 1 til 3 effektene ved å kutte et fat norsk gass. Det vil si reduserte utslipp som følge av redusert etterspørsel, nye utslipp som kommer til fra substitutter samt effekten av at andre land produserer gassen som erstattes.		26 kg CO ₂ /boe
Sum total		«Rystad Energy»-caset fører til en utslippsreduksjon for olje på -8 kg CO ₂ /boe og en utslippsøkning for gass på 26 kg CO ₂ /boe. Antas det at vi kutter 0.5 boe olje og 0.5 boe gass får vi en utslippsøkning på 9 kg CO ₂ /boe.		9kg CO ₂ /boe

1) TE: Tilbudselastisitet, EE: Etterspørselastisitet; 2) IEA Sustainable Development Scenario 3) Antas at gass som brukes til kraftproduksjon erstattes av strøm. 4) 65 kg CO₂/boe baserer seg på CO₂ utslipp fra 50% russisk rørgass (28 kg CO₂/boe) og 50% amerikansk LNG (61 kg CO₂/boe). Metan er vektet tilsvarende. Norsk metan = 1 kg CO₂/boe, Russisk = 9 og USA LNG = 31; Kilde: Rystad Energy

Case: «Fullstendig elastisk tilbudsside»

- «Fullstendig elastisk tilbudsside» viser hva effekten av produksjonskutt vil være i et scenario der de norske produksjonskuttene ikke er prisdrivende, hverken for olje eller gass, og dermed ikke har noen etterspørselsrespons. Caset legger følgelig til grunn at et norsk kutt **ikke vil resultere i noen reduksjon i etterspørsel**. Ettersom det ikke vil være noen reduksjon i etterspørsel er det kun forskjeller i utslipp ved å produsere og transportere den norske oljen og gassen sammenlignet med global olje og gass som bidrar til endringer.
- Det antas her at en boe med kutt i norsk gass vil erstattes av russisk rørgass.

Olje	Steg 1	En fullstendig elastisk tilbudsside impliserer at det ikke er noen endring i konsum. Følgelig er det ingen endring i steg 1.	$362 \text{ kg CO}_2/\text{boe} * (0\%) =$	0 kgCO ₂ /boe
	Steg 2	En fullstendig elastisk tilbudsside impliserer at det ikke er noen endring i konsum. Følgelig er det ingen endring i steg 2.	$119 \text{ kg CO}_2/\text{boe} * (0\%) =$	0 kgCO ₂ /boe
	Steg 3	I steg 3 ser vi på effekten på opp- og midtstrøm ved å fjerne et fat norsk olje (30 kg CO ₂ /boe) og legge til et fat fra andre tilbydere (globalt snitt på 49 kg CO ₂ /boe antas).	$(49 \text{ kg CO}_2/\text{boe} * 100\%) - 30 \text{ kg CO}_2/\text{boe} =$	19 kg CO₂/boe
	Sum olje	I et scenario der norske kutt ikke har noen etterspørselsrespons er det kun steg 3 som er relevant. Det vil si forskjeller i utslipp ved å produsere og transportere den norske oljen sammenlignet med olje fra andre tilbydere.		19 kg CO₂/boe
Gass	Steg 1	En fullstendig elastisk tilbudsside impliserer at det ikke er noen endring i konsum. Følgelig er det ingen endring i steg 1.	$315 \text{ kg CO}_2/\text{boe} * (0\%) =$	0 kgCO ₂ /boe
	Steg 2	En fullstendig elastisk tilbudsside impliserer at det ikke er noen endring i konsum. Følgelig er det ingen endring i steg 2.	$80 \text{ kg CO}_2/\text{boe} * (0\%) =$	0 kgCO ₂ /boe
	Steg 3	I steg 3 ser vi på effekten på opp- og nedstrøm ved å fjerne en boe norsk gass (8 kg CO ₂ /boe) og legge til en boe russisk rørgass (37 kg CO ₂ /boe) ³ .	$37 \text{ kg CO}_2/\text{boe} - 8 \text{ kg CO}_2/\text{boe} =$	29 kg CO₂/boe
	Sum gass	I et scenario der norske kutt ikke har noen etterspørselsrespons er det kun steg 3 som er relevant. Det vil si forskjeller i utslipp ved å produsere og transportere den norske og gassen sammenlignet med andre relevante tilbydere av gass.		29 kg CO₂/boe
Sum total		«Fullstendig elastisk tilbudsside» caset fører til en utslippsøkning for olje på 19 kgCO ₂ /boe og en utslippsøkning for gass på 29 kg CO ₂ /boe. Antas det at vi kutter 0.5 boe olje og 0.5 boe gass får vi en utslippsøkning på 24 kg CO ₂ /boe.		24 kg CO₂/boe

1) TE: Tilbudselastisitet, EE: Etterspørselsetlastisitet; 2) IEA Sustainable Development Scenario 3) Utslipp fra opp- og midtstrøm er 7 kg og 28 kg CO₂/boe for hhv. Norge og Russland. Utslipp fra metan knyttet til dette er 1 kg og 9 kg CO₂/boe for hhv. Norge og Russland; Kilde: Rystad Energy

Case: «Lav tilbudselasticitet»

- Det er usikkerhet knyttet til fremtidig tilbudselasticitet. Tilbudselasticiteten har økt de siste årene. Dette er blant annet et resultat av skiferproduksjon i USA samt kraftige investeringer i perioden 2011-2014 som har skapt en langsiktig overkapasitet (blant annet i Irak, Brasil og oljesand i Canada).
- **Olje:** «Lav tilbudselasticitet»-caset er et case med en **tilbudselasticitet på 0.75**. Dette er lavere enn 1 som anvendes i «Rystad Energy»-caset, men ikke like lavt som før skiferrevolusjonen. Etterspørselselasticiteten holdes slik den er i «Rystad Energy»-caset, det vil si -0.1. Ved denne kombinasjonen vil **etterspørselsreduksjonen være 12%**, dvs. at **88% erstattes av andre tilbydere**.
- **Gass:** For gass legges det til grunn en **tilbudselasticitet på 2.2**. Det vil si tilbudselasticiteten knyttet til amerikansk LNG. **Etterspørselselasticiteten holdes på -0.5**, slik den er i «Rystad Energy» caset. Ved denne kombinasjonen vil **etterspørselsreduksjonen være 19%**, dvs. at **81% erstattes av andre tilbydere**.

Olje	Steg 1	I steg 1 ser vi på forbrenningseffekten av at det konsumeres 12% mindre olje. Det slippes ut 362 kg CO ₂ ved å forbrenne olje, og utslippene reduseres følgelig med 362.	362 kg CO ₂ /boe * (-12%) =	-43 kg CO ₂ /boe
	Steg 2	I steg 2 ser vi på effekten av å erstatte de 12 prosentene i redusert oljeetterspørsel med elektrisitet. Å kjøre en elektrisk bil tilsvarende et fat olje slipper ut 119 kg CO ₂ /boe i IEAs SDS² scenario .	119 kg CO ₂ /boe * 12% =	14 kg CO ₂ /boe
	Steg 3	I steg 3 ser vi på effekten på opp- og midtstrøm ved å fjerne et fat norsk olje (30 kg CO ₂ /boe) og legge til 0.88 fat fra andre tilbydere (globalt snitt på 49 kg CO ₂ /boe antas).	(49 kg CO ₂ /boe * 88%) - 30 kg CO ₂ /boe =	13 kg CO ₂ /boe
	Sum olje	Summert viser steg 1 til 3 effektene ved å kutte et fat norsk olje. Det vil si reduserte utslipp som følge av redusert etterspørsel, nye utslipp som kommer til fra substitutter samt effekten av at andre land produserer oljen som erstattes.		-15 kg CO ₂ /boe
Gass	Steg 1	I steg 1 ser vi på forbrenningseffekten av at det konsumeres 19% mindre gass. Det slippes ut 315 kg CO ₂ ved å forbrenne en boe gass, og utslippene reduseres følgelig med 0.19*315.	315 kg CO ₂ /boe * (-19%) =	-58 kg CO ₂ /boe
	Steg 2	I steg 2 ser vi på effekten av å erstatte de 19 prosentene i redusert gassetterspørsel med elektrisitet ³ . Energi fra elektrisitet tilsvarende en boe gass slipper ut 80 kg CO ₂ /boe i EUs MIX-scenario .	80 kg CO ₂ /boe * 19% =	15 kg CO ₂ /boe
	Steg 3	I steg 3 ser vi på effekten på opp- og nedstrøm ved å fjerne en boe norsk gass (8 kg CO ₂ /boe) og legge til 0.81 boe amerikansk LNG (92 kg CO ₂ /boe) ⁴ .	92 kg CO ₂ /boe * 81% - 8 kg CO ₂ /boe =	67 kg CO ₂ /boe
	Sum gass	Summert viser steg 1 til 3 effektene ved å kutte et fat norsk gass. Det vil si reduserte utslipp som følge av redusert etterspørsel, nye utslipp som kommer til fra substitutter samt effekten av at andre land produserer gassen som erstattes.		23 kg CO ₂ /boe
Sum total		«Lav tilbudselasticitet» fører til en utslippsreduksjon for olje på 15 kg CO ₂ /boe og en utslippsøkning for gass på 23 kg CO ₂ /boe. Antas det at vi kutter 0.5 boe olje og 0.5 boe gass får vi en utslippsøkning på 4 kg CO ₂ /boe.		4 kg CO ₂ /boe

1) TE: Tilbudselasticitet, EE: Etterspørselselasticitet; 2) IEA Sustainable Development Scenario 3) Antas at gass som brukes til kraftproduksjon erstattes av strøm. 4) Utslipp fra opp- og midtstrøm er 7 kg og 92 kg CO₂/boe for hhv. Norge og USA. Utslipp fra metan knyttet til dette er 1 kg og 31 kg CO₂/boe for hhv. Norge og Russland; Kilde: Rystad Energy

Case: «Kull erstatter gass»

- «Kull erstatter gass»-caset legger til grunn de samme etterspørselsreduksjonene ved et produksjonskutt som «Rystad Energy»-caset. Caset skiller seg fra dette caset ved at nedgangen i etterspørsel etter gass erstattes med kull. Dette er et uheldig, men definitivt mulig utfall. For begrensede kutt vil kull kunne være det mest naturlige initielle substituttet i flere regioner. Sannsynligheten for at kull erstatter gass vil likevel også avhenge av timingen for utfasingen.

Olje	Steg 1	I steg 1 ser vi på forbrenningseffekten av at det konsumeres 9% mindre olje. Det slippes ut 362 kg CO ₂ ved å forbrenne olje, og utslippene reduseres følgelig med 0.09*362.	362 kg CO ₂ /boe * (-9%) =	-33 kg CO ₂ /boe
	Steg 2	I steg 2 ser vi på effekten av å erstatte de 9 prosentene i redusert oljeetterspørsel med elektrisitet. Å kjøre en elektrisk bil tilsvarende et fat olje slipper ut 119 kg CO ₂ /boe i IEAs SDS ² scenario.	119 kg CO ₂ /boe * 9% =	11 kg CO ₂ /boe
	Steg 3	I steg 3 ser vi på effekten på opp- og midtstrøm ved å fjerne et fat norsk olje (30 kg CO ₂ /boe) og legge til 0.91 fat fra andre tilbydere (globalt snitt på 49 kg CO ₂ /boe antas).	(49 kg CO ₂ /boe * 91%) - 30 kg CO ₂ /boe =	15 kg CO ₂ /boe
	Sum olje	Summert viser steg 1 til 3 effektene ved å kutte et fat norsk olje. Det vil si reduserte utslipp som følge av redusert etterspørsel, nye utslipp som kommer til fra substitutter samt effekten av at andre land produserer oljen som erstattes.		-8 kg CO ₂ /boe
Gass	Steg 1	I steg 1 ser vi på forbrenningseffekten av at det konsumeres 10% mindre gass. Det slippes ut 315 kg CO ₂ ved å forbenne en boe gass, og utslippene reduseres følgelig med 0.1*315.	315 kg CO ₂ /boe * (-10%) =	-32 kg CO ₂ /boe
	Steg 2	I steg 2 ser vi på effekten av å erstatte de 10 prosentene i redusert gassetterspørsel med elektrisitet. Energi fra kull tilsvarende en boe gass slipper ut 880 kg CO ₂ /boe.	880 kg CO ₂ /boe * 10% =	90 kg CO ₂ /boe
	Steg 3	I steg 3 ser vi på utslippene av opp- og nedstrøm ved å fjerne en boe norsk gass (8 kg CO ₂ /boe) og legge til 0.9 boe fra andre tilbydere (65 kg CO ₂ /boe) ³ .	65 kg CO ₂ /boe * 90% - 8 kg CO ₂ /boe =	50 kg CO ₂ /boe
	Sum gass	Summert viser steg 1 til 3 effektene ved å kutte et fat norsk gass. Det vil si reduserte utslipp som følge av redusert etterspørsel, nye utslipp som kommer til fra substitutter samt effekten av at andre land produserer gassen som erstattes.		108 kg CO ₂ /boe
Sum total		«Kull erstatter gass» fører til en utslippsreduksjon for olje på 8 kg CO ₂ /boe og en utslippsøkning for gass på 108 kg CO ₂ /boe. Antas det at vi kutter 0.5 boe olje og 0.5 boe gass får vi en utslippsøkning på 50 kg CO ₂ /boe.		50 kg CO ₂ /boe

1) TE: Tilbudselastisitet, EE: Etterspørselsetlastisitet; 2) IEA Sustainable Development Scenario 3)) 65 kg CO₂/boe baserer seg på CO₂-utslipp fra 50% russisk rørgass (28 kg CO₂/boe) og 50% amerikansk LNG (61 kg CO₂/boe). Metan er vektet tilsvarende. Norsk metan = 1 kg CO₂/boe, Russisk = 9 og USA LNG = 31; Kilde: Rystad Energy

Produksjonskutt har en netto negativ utslippseffekt i alle casene med 50/50 kutt i olje og gass

Utslippseffekt ved langsiktig tilbuds-bortfall av olje/gass fra norsk sokkel
Kg CO₂/boe

Type	Steg	Utslippselement	Rystad Energy	Fullstendig elastisk tilbudsside	Lav tilbuds-elasticitet	Kull erstatter gass
Olje	Steg 1	Utslipsreduksjon for følge av lavere forbruk av olje	-33	0	-43	-33
	Steg 2	Utslipp fra etterspørselssubstitutter	11	0	14	11
	Steg 3	Utslippseffekt som følge av tilbudssubstitutter	15	19	13	15
	Sum olje	Netto utslippseffekt ved norsk tilbuds-bortfall (et fat olje)	-8	19	-15	-8
Gass	Steg 1	Utslipsreduksjon for følge av lavere forbruk av gass	-32	0	-58	-32
	Steg 2	Utslipp fra etterspørselssubstitutter	8	0	15	90
	Steg 3	Utslippseffekt som følge av tilbudssubstitutter	50	29	67	50
	Sum gass	Netto utslippseffekt ved norsk tilbuds-bortfall (et fat gass)	26	29	23	108
Olje og gass	Netto utslippseffekt ved norsk tilbuds-bortfall (0.5 fat olje og 0.5 fat [boe] gass)		9	24	4	50

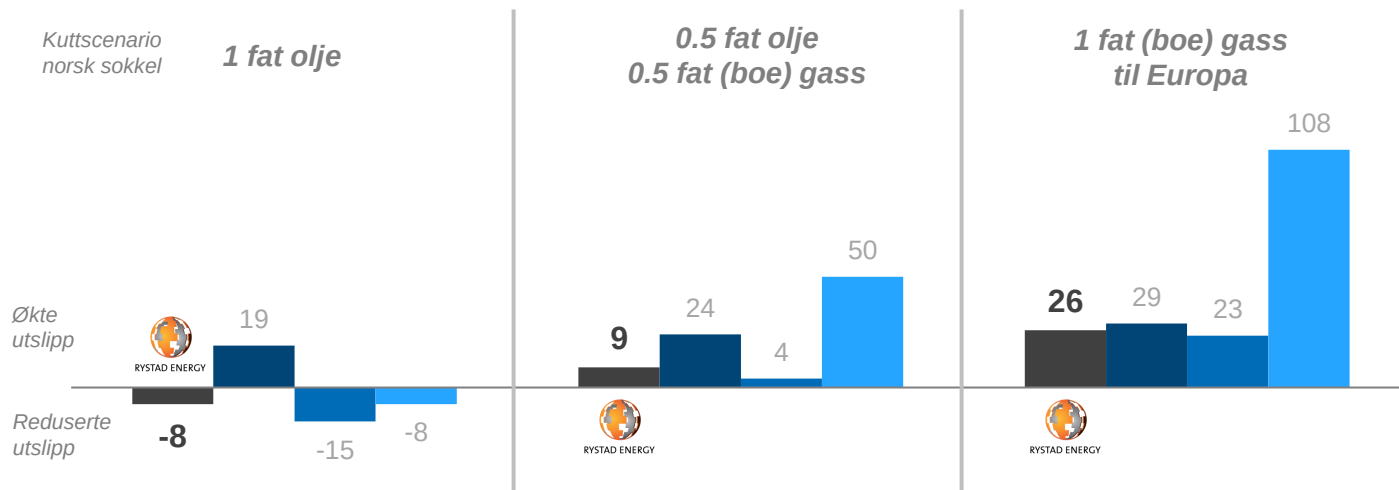
- Tabellen til venstre viser en oppsummering av utslippseffekten til de ulike casene.
- Som illustrert ved den nederste raden fører alle casene til en økning i utslipp i scenarioer der det kuttes et halvt fat olje og en halv boe gass.
- Scenarioet som fører til den minste økningen i utslipp er scenarioet med «lav tilbudselasticitet». I dette scenarioet er den samlede effekten av det norske produksjonskuttet omtrent nøytral med 4 kgCO₂/boe kuttet.
- Tabellen viser videre hvordan det er et tydelig skille mellom utslippseffekten av å kutte olje vs. utslippseffekten av å kutte gass.
- Det er kun i caset «fullstendig elastisk tilbudsside» at et kutt i norsk oljeproduksjon ikke fører til reduserte utslipp. I dette caset er det heller ingen etterspørselsreduksjon, følgelig er det kun endringen i produksjonsutslipp via tilbudssubstitutter som fører til endring i utslipp.
- For kutt i gassproduksjon fører alle scenarioer til økte utslipp. Utslippene øker særlig mye i et scenario der bortfall av norsk gass erstattes av kull. Dette er et uheldig, men ikke usannsynlig scenario ved mindre kutt.
- Det er vanskelig å oppnå rene oljekutt eller rene gasskutt i praksis. Følgelig er det 0.5 fat olje/0.5 fat gass-casene som er mest relevante.

Kilde: Rystad Energy

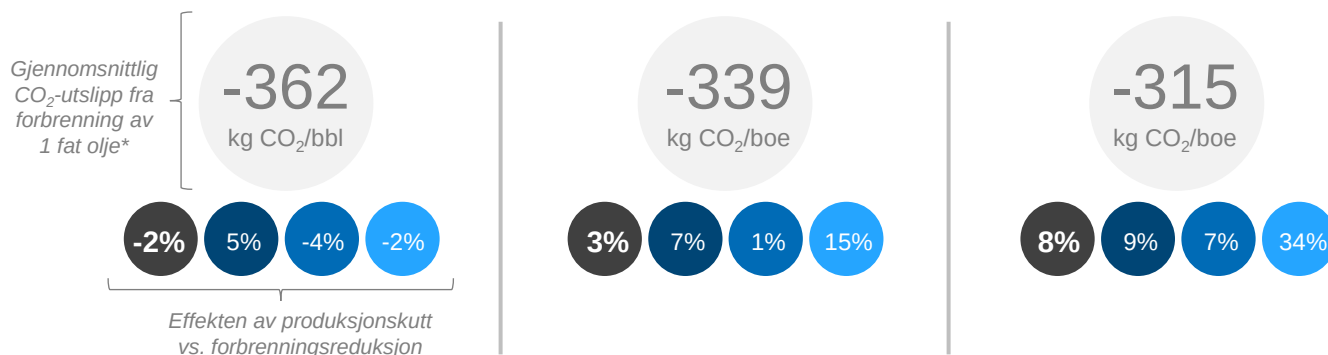
Langsiktig produksjonskutt fra norsk sokkel vil sannsynligvis resultere i økte utslipp

Utslippseffekt ved langsiktig tilbuds-bortfall av olje/gass fra norsk sokkel, case-eksempler kg CO₂e/boe (reduisert)

■ Rystad Energy ■ Fullstendig elastisk tilbudsside ■ Lav tilbudselastisitet ■ Kull erstatte gass



Utslippseffekt ved direkte forbrenningsreduksjon av norsk olje/gass kg CO₂e/boe (reduisert)



- Den øverste grafen viser effekten av et langsiktig produksjonskutt på norsk sokkel for fire utvalgte caser.
- En sluttdato for hele sokkelen vil innebære omtrent like stor andel olje og gass kuttet. Dette illustreres i den midterste kolonnen (0.5/0.5 fat olje/gass).
- Et langsiktig produksjonskutt på norsk sokkel (0.5/0.5 olje/gass) vil mest sannsynlig resultere i økte utslipp. «Rystad Energy» er et balansert gjennomsnittscase basert på relevant forskningslitteratur, samt Rystad Energys vurderinger, data og markedsinnsikt. Dette caset gir økte utslipp med 9 kg CO₂e/boe. De tre andre casene representerer plausible utfallsrom (se casebeskrivelser i kap. 4 i hoveddelen av rapporten). «Lav tilbudselastisitet» gir tilnærmet ingen utslippseffekt, mens «Kull erstatte gass» øker utslippene med 50 kg CO₂e/boe.
- Den nederste illustrasjonen viser utslippseffekten ved en direkte forbrenningsreduksjon av norsk olje og gass. Dersom man kutter forbrenningen med 0.5/0.5 olje/gass reduseres CO₂-utslippene med 339 kg CO₂/boe. For olje og gass er denne reduksjonen hhv. 362 kg og 315 kg. Dette viser at størrelsesordenen av effekten ved et produksjonskutt er relativt liten sammenlignet med utslipp knyttet til forbrenning.

* Inkluderer kondensat og NGL. Antar at alle volumer forbrennes. Kilde: Rystad Energy

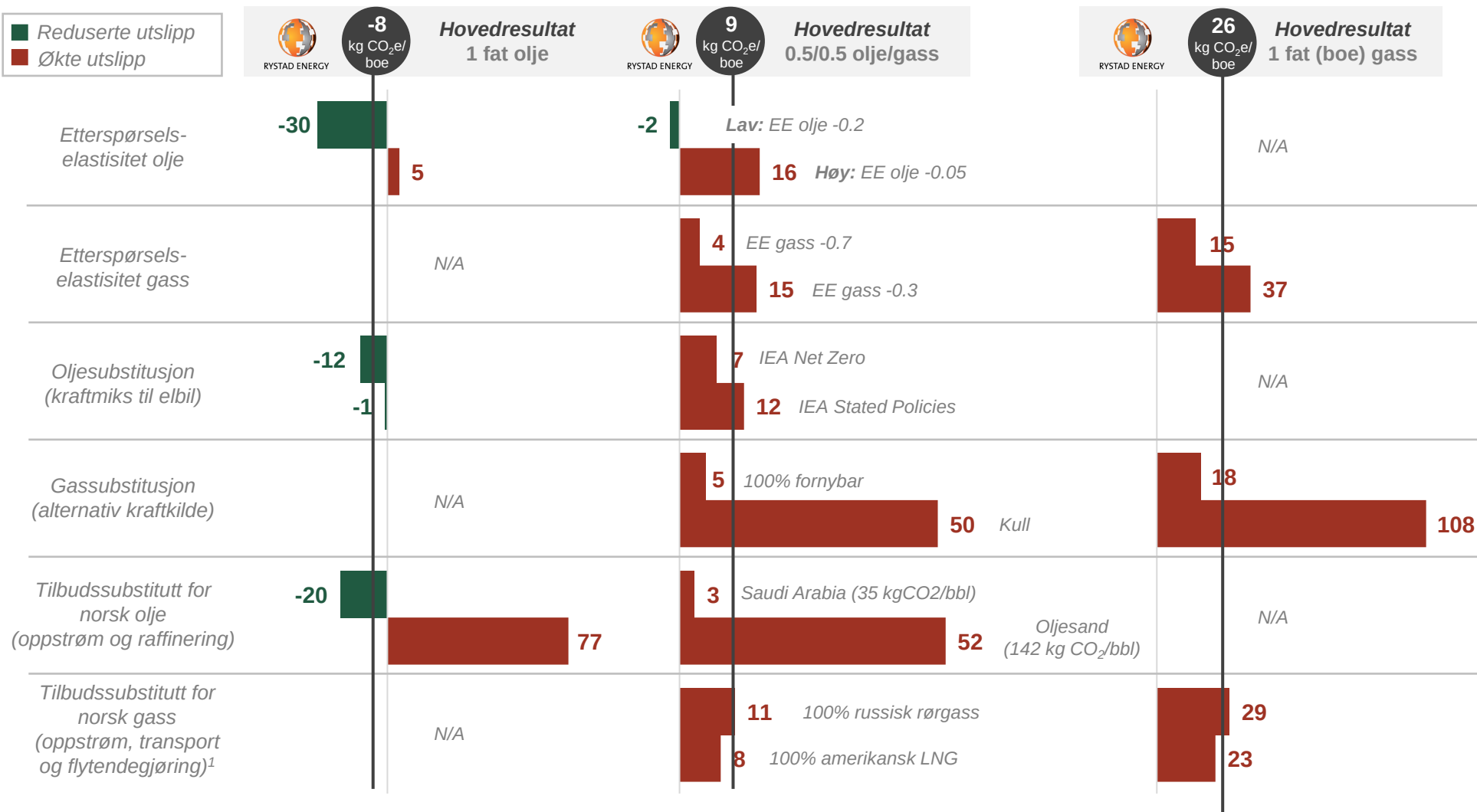
Innhold

1. Oppsummering
2. Metode og hovedresultater
3. Andre utslippseffekter
4. Case-eksempler

Appendiks

Sensitivitetanalyse: Utslippene øker i de fleste scenarioene

Utslippseffekt ved langsiktig tilbuds-bortfall fra norsk sokkel,
Sensitivitetsanalyse av Rystad Energys hovedresultat, kg CO₂e/boe (reduisert)

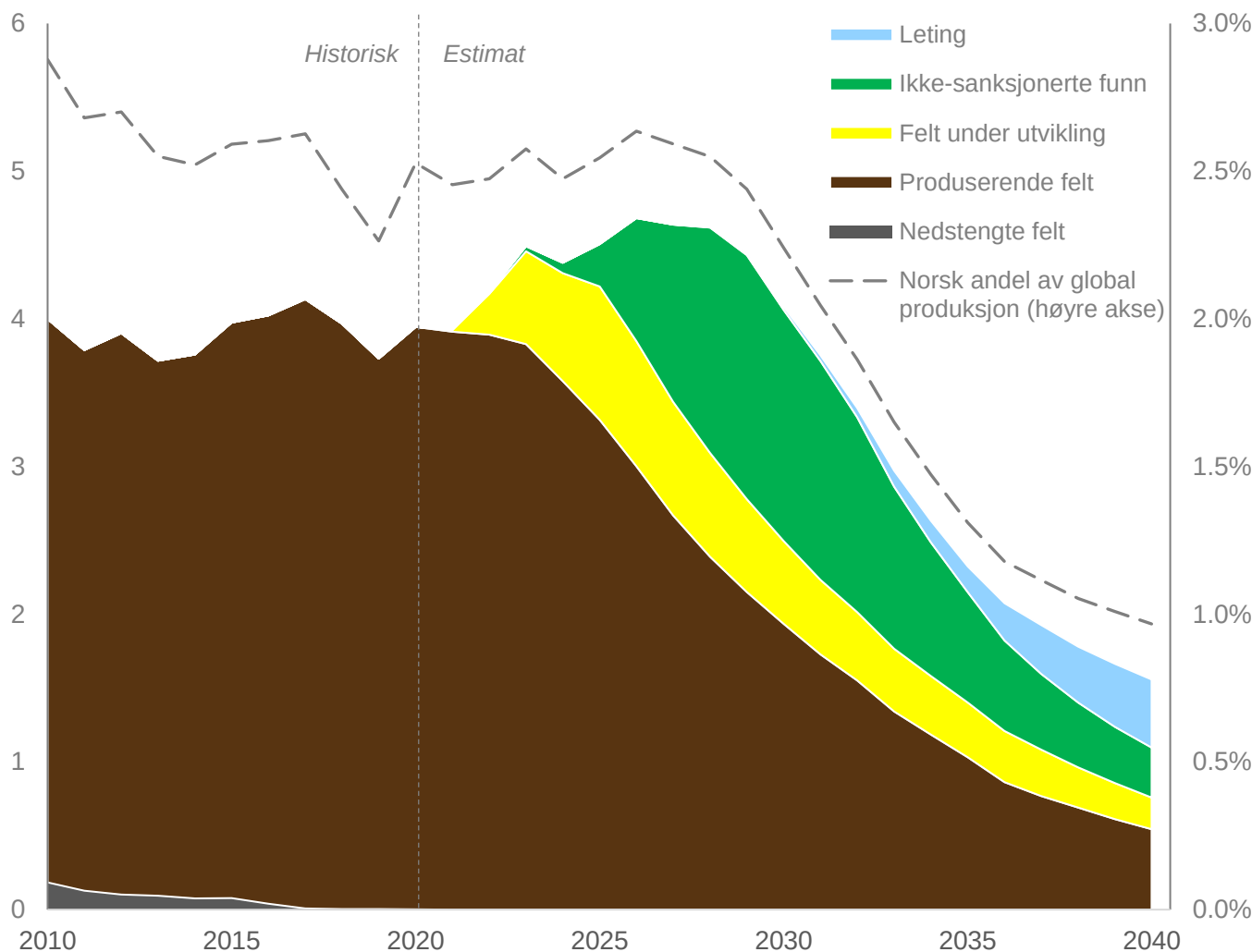


1)) I scenarioet med kun russisk rørgass antas det også et fullstendig elastisk tilbud. I scenarioet med kun LNG antas det en tilbuds-elastisitet på 2.2. Kilde: Rystad Energy

Norsk olje- og gassproduksjon utgjorde 2.5% av global produksjon i 2020

Norsk olje- og gassproduksjon¹ i IEAs SDS scenario²
Millioner fat oljeekvivalenter per dag

Norsk andel av global produksjon¹
%

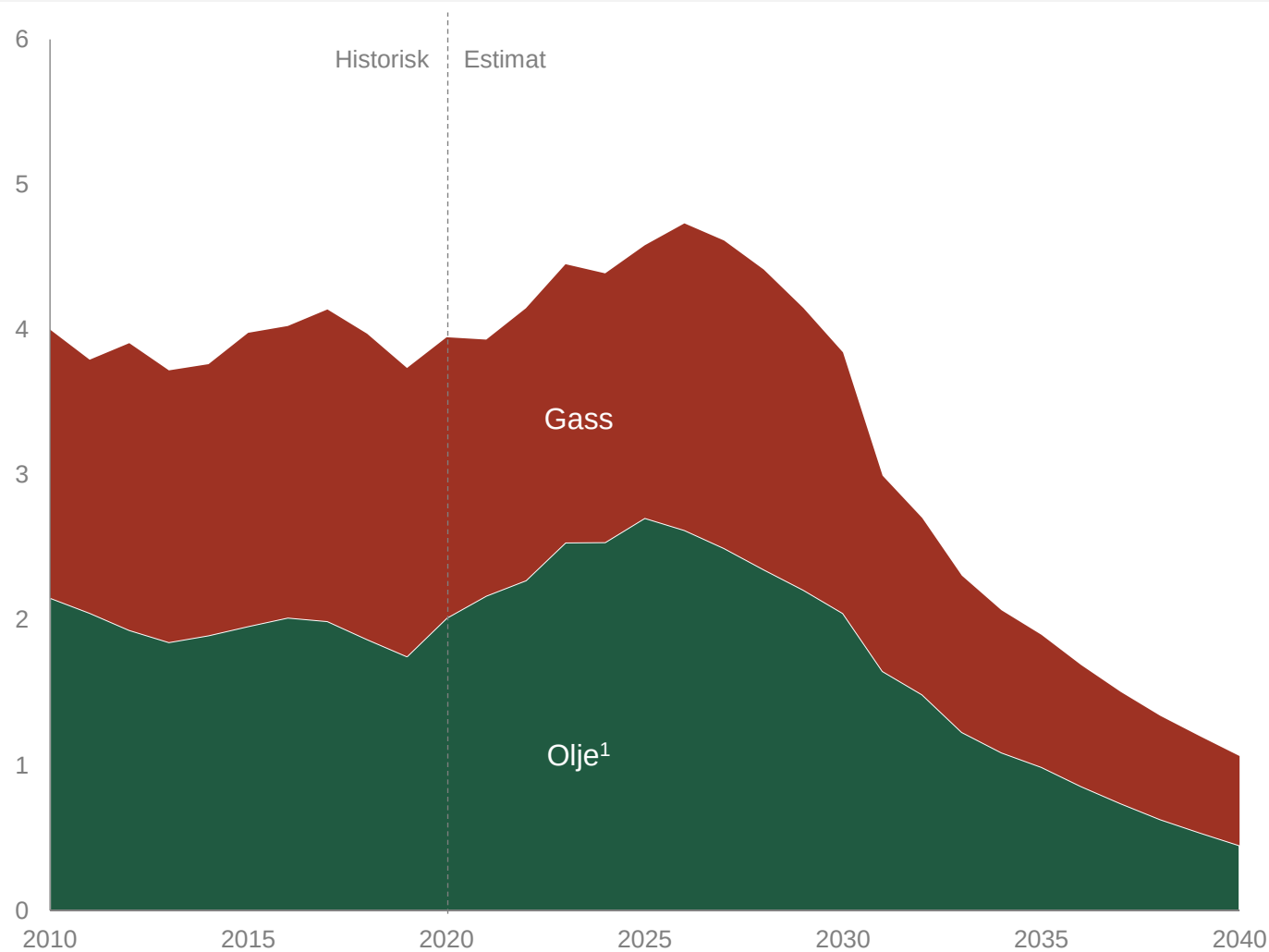


- Grafen viser olje- og gassproduksjon* på norsk sokkel i perioden 2010-2040. Feltkategorien gir «status» på feltene per august 2021. «Felt under utvikling» betyr at endelig investeringsbeslutning har blitt tatt (men feltet produserer ikke i dag), mens «ikke-sanksjonerte funn» er funn som det ennå ikke har blitt tatt en investeringsbeslutning for. «Leting» er olje- og gassressurser som ennå ikke har blitt funnet, men som er forventet å bidra til produksjonen mellom 2030 og 2040.
- I SDS-scenariet er det forventet at norsk sokkel når en produksjonstopp mellom 2025 og 2030. Økningen vil være drevet av felt som per i dag ikke produserer.
- Fra slutten av 2020-tallet forventer Rystad Energy at produksjonen vil avta i SDS-scenariet og mer enn halvere seg frem mot 2040.
- Fra 2010 til 2020 har norsk andel av global olje- og gassproduksjon avtatt moderat fra omtrent 3% til 2,5%. Denne andelen (2,5%) er forventet relativt stabil frem mot produksjonstoppen i siste halvdel av 2020-tallet.
- Norsk andel av global produksjon er imidlertid forventet å avta signifikant etter 2030. Rystad Energy estimerer at andelen vil være omtrent 1% i 2040. Dette impliserer at norske volumer vil være mindre viktig i det globale tilbudet enn det de er i dag.

*Olje, kondensat, NGL og gass. 2) Produksjon konsistent med IEAs Sustainable Development scenario (gjelder global og norsk produksjon)
Kilde: Rystad Energy UCube

Norsk sokkel produserte omtrent 50/50 olje og gass i 2020

Produksjon på norsk sokkel splittet på olje¹ og gass i SDS scenario²
Millioner fat oljeekvivalenter per dag (mmboe/d)

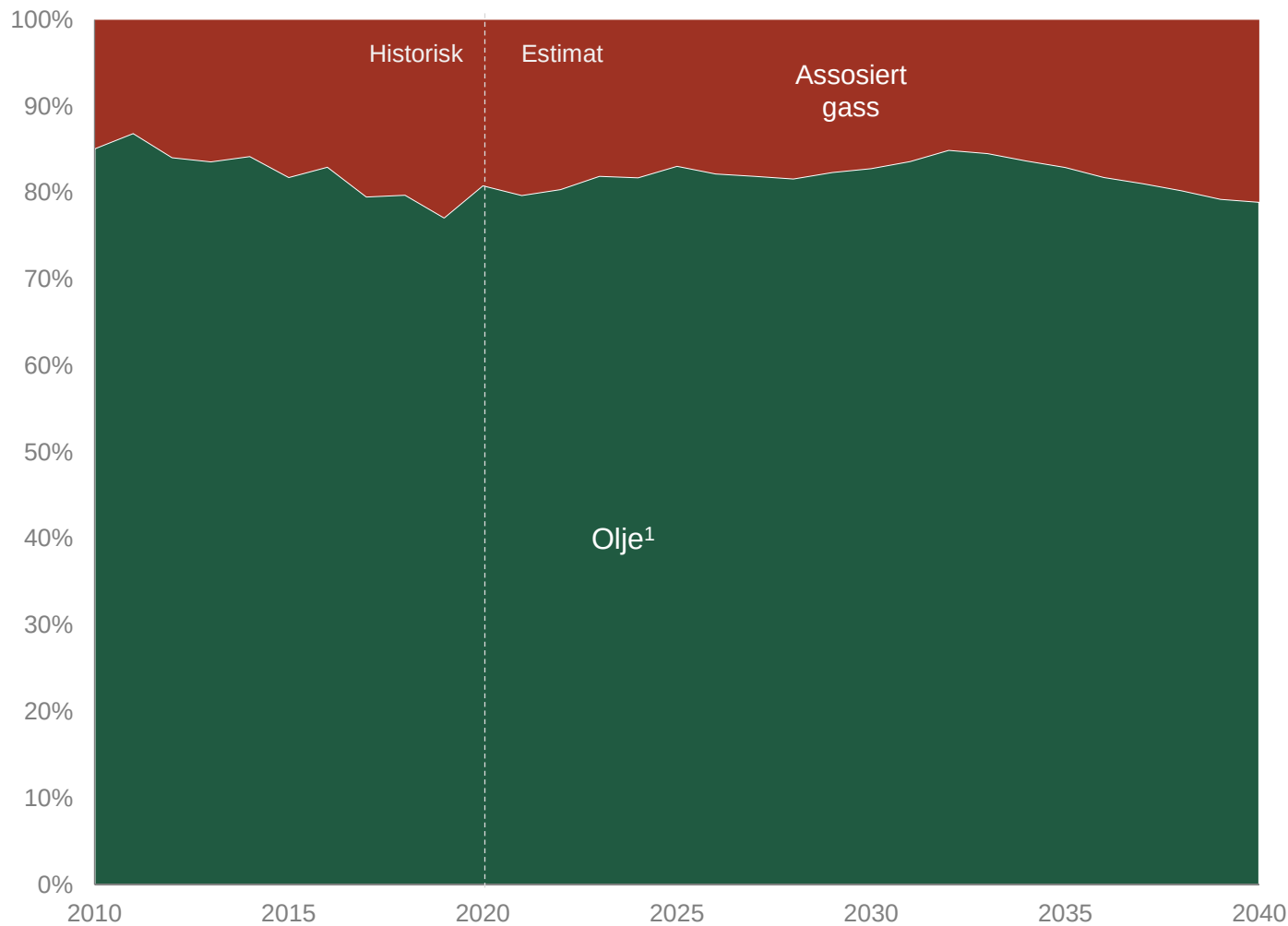


- Grafen viser produksjon på norsk sokkel fra 2010 til 2040 fordelt på olje¹ og gass. Olje inkluderer her også NGL og kondensat.
- Total produksjon av olje og gass er forventet å øke utover 2020-tallet til en topp i 2026. I 2026 er produksjonen forventet å være 4.7 millioner fat oljeekvivalenter per dag (mmboe), fordelt på 55% olje og 45% gass. I 2040 forventes daglig produksjon på nærmere 1.1 mmboe, som representerer et fall på 77% fra toppen i 2026.
- Produksjonsforholdet mellom olje og gass har historisk sett vært 50/50, og er forventet å være relativt uendret frem mot 2035. En liten økning kan hovedsakelig knyttes til Johan Sverdrup, som er et rent oljefelt.
- Gassen som produseres i Norge leveres hovedsakelig til Europa.

1) Olje inkluderer NGL og kondensat 2) Produksjon dersom IEAs Sustainable Development scenario slår til
Kilde: Rystad Energy UCube

Assosiert gass står for 15-20% av produksjonen fra oljefelt på norsk sokkel

Olje- og gassproduksjon fra oljefelt på norsk sokkel i SDS scenario²
Andel av produksjon i millioner fat oljeequivalenter per dag (mmboe/d)

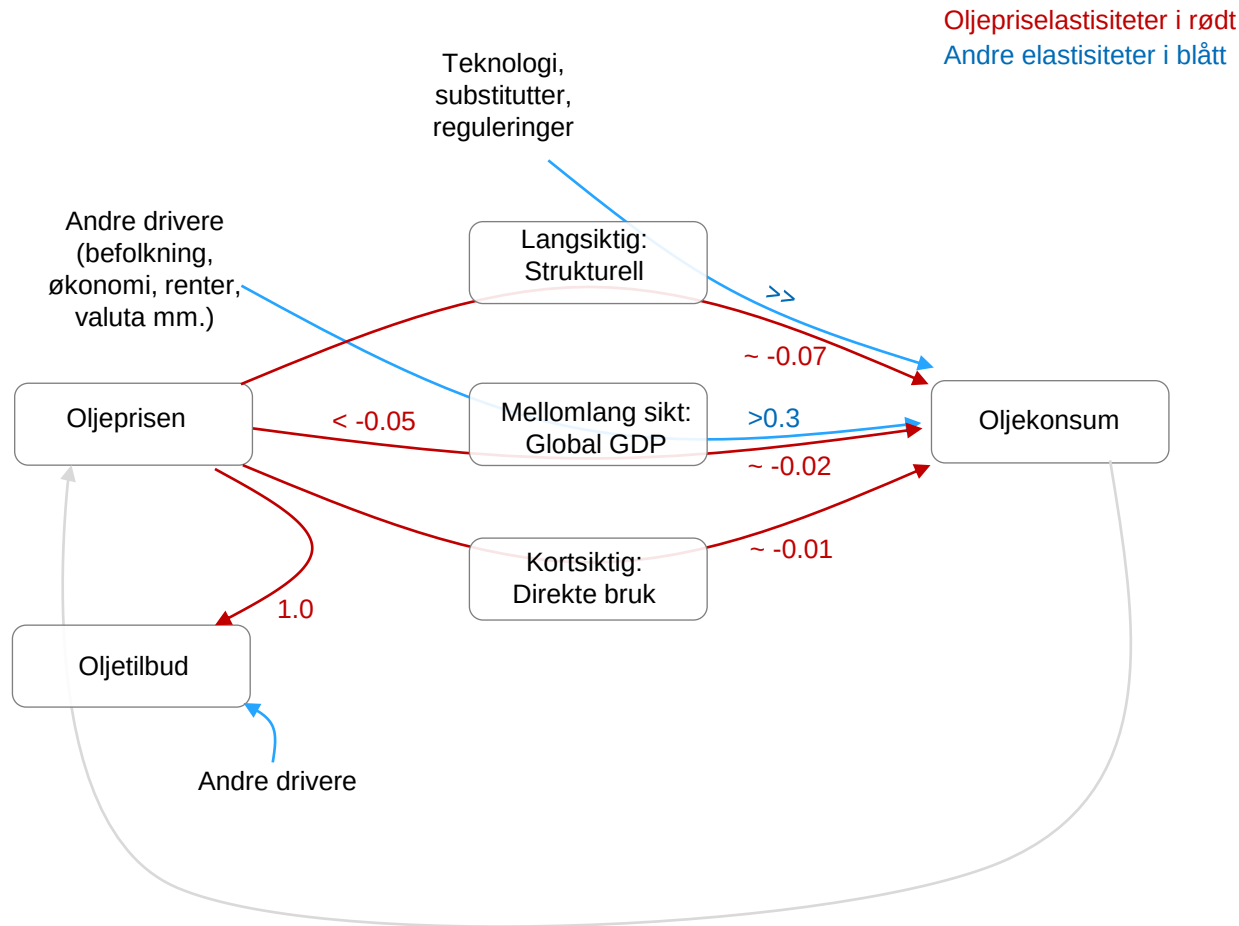


- Grafen til venstre viser total produksjon fra alle oljefelt på norsk sokkel, og inkluderer oljeproduksjon og all assosiert gass fra denne produksjonen.
- Assosiert gass er en naturlig konsekvens av produksjonen ved oljefelt. Andelen gass varierer mellom oljefelt, men øker ofte etter hvert som feltet modnes og trykket i reservoaret faller.
- På globalt nivå har nivået av assosiert gass ligget på omlag 10% av produksjonen fra oljefelt, mens i Norge har denne andelen vært nærmere 20%. De neste årene er andelen forventet å ligge et sted mellom 15% og 20% i Norge.
- Et resultat av at gass også produseres som assosiert gass fra oljefelt er at det ikke er rett frem å kutte oljeproduksjon uten også å ramme gassproduksjon.

1) Olje inkluderer NGL og kondensat 2) Produksjon dersom IEAs Sustainable Development scenario slår til
Kilde: Rystad Energy UCube

Etterspørselselastisiteten kan deles inn i tre ulike drivere med ulik tidshorisont

Oversikt over mekanismer i etterspørselastisiteten



Oljeprisen kan innvirke på oljekonsumet gjennom tre mekanismer:

- **Langsiktig:** Høy oljepris gir fortgang i å drive frem substitutter som atomkraft og biler med lavt forbruk (1970-tallet), elektrisk oppvarming, elektrisk transport og fornybar kraft. Men teknologiutvikling, reguleringer og klimatiltak er uavhengige drivere som påvirker langsiktig etterspørsel mer enn oljepris.
- **Mellomlang sikt:** Verdensøkonomien påvirker etterspørselen i stor grad, med typiske elastisiteter på 0.3 til 0.8. Oljeprisen påvirker til en viss grad verdensøkonomien, blant annet gjennom å dempe etterspørsel etter andre varer når oljeprisen er høy.
- **Kort sikt:** Oljeprisen påvirker etterspørselen direkte gjennom at konsumenter tar andre valg, men effekten er liten i de fleste land.

Samlet gir disse tre mekanismene global etterspørselselastisitet. De kan til dels virke sammen eller mot hverandre ut fra tidsforsinkelse og lokale forhold – slik som at i OPEC-land har høy oljepris positiv effekt på GDP, som kan virke sterkere enn en eventuell negativ effekt fra økt drivstoffpris.

Oljetilbudet blir i større grad påvirket av prisen, slik at prisen raskt justeres inn i en ny likevekt.

Referanser, forskningslitteratur

Relevant innhold	Forfatter	Tittel	Publiseringsår
EE, Olje	Noureddine Krichene	A simultaneous Equations Model for World Crude Oil and Natural Gas Markets	2005
EE, Olje	IEA	IEA World Energy Outlook 2006	2006
EE, Olje	Askari, Krichene	An oil demand and supply model incorporating monetary policy	2010
EE, Olje	IMF	IEA World Energy Outlook April 2011	2011
EE, Olje	Fawcett and price	World oil demand in the short run and the long run: across country panel analysis	2012
EE, Gass	G. S. Maddala et al.	Estimation of Short-Run and Long-Run Elasticities of Energy Demand From Panel Data Using Shrinkage Estimators	1997
EE, Gass	Liu Gang	Estimating Energy Demand Elasticities for OECD countries. A Dynamic Panel Data Approach	2004
EE, Gass	Nielsen et al.	Natural Gas Demand in the European Household Sector	2005
EE, Gass	F Holz et al.	A Strategic Model of European Gas Supply (GASMOD)	2006
EE, Gass	Egging et al.	A Complementarity Model for the European Natural Gas Market	2007
EE, Gass	Dagher L	Natural Gas Demand at the Utility Level: An Application of Dynamic Elasticities	2011
EE, Gass	Sønstebo	Wholesale gas export from the US to Europe	2012
EE, Gass	Burke and Yang	The price and income elasticities of natural gas demand: International evidence	2016
TE, Olje	Fæhn et al.	Climate policies in a fossil fuel producing country	2013
TE, Olje	Arezki et al.	IMF Working Paper: Oil Prices and the Global Economy	2017
TE, Olje	Newell and Prest	The Unconventional Oil Supply Boom: Aggregate Price Response from Microdata	2019

EE = Etterspørselastisitet, TE = Tilbudselastisitet.