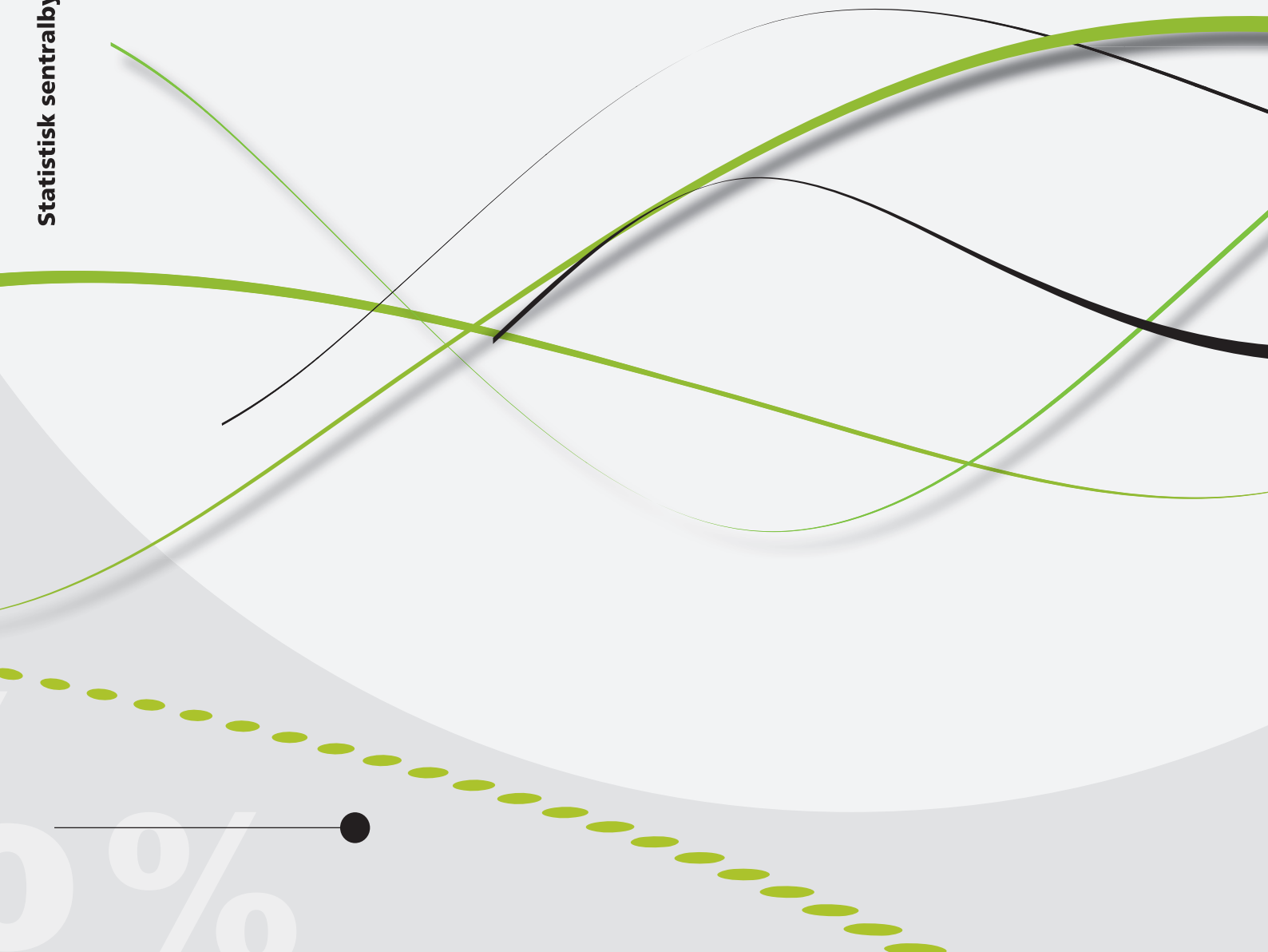




Finn Roar Aune og Taran Fæhn

Makroøkonomisk analyse for Norge av klimapolitikken i EU og Norge mot 2030



Finn Roar Aune og Taran Fæhn

**Makroøkonomisk analyse for Norge av
klimapolitikken i EU og Norge mot 2030**

I serien Rapporter publiseres analyser og kommenterte statistiske resultater fra ulike undersøkelser. Undersøkelser inkluderer både utvalgsundersøkelser, tellinger og registerbaserte undersøkelser.

© Statistisk sentralbyrå
Ved bruk av materiale fra denne publikasjonen
skal Statistisk sentralbyrå oppgis som kilde.

Publisert 9. september 2016

ISBN 978-82-537-9376-4 (trykt)
ISBN 978-82-537-9377-1 (elektronisk)
ISSN 0806-2056

Standardtegn i tabeller	Symbol
Tall kan ikke forekomme	.
Oppgave mangler	..
Oppgave mangler foreløpig	...
Tall kan ikke offentliggjøres	:
Null	-
Mindre enn 0,5 av den brukte enheten	0
Mindre enn 0,05 av den brukte enheten	0,0
Foreløpig tall	*
Brudd i den loddrette serien	—
Brudd i den vannrette serien	
Desimaltegn	,

Forord

Norsk og europeisk klimapolitikk mot 2030 vil ha konsekvenser for norske utslipp, kostnader og makroøkonomi. Et vesentlig spørsmål er hvor stor fleksibilitet det vil bli lagt opp til mellom europeiske land, og mellom Norge og EU spesielt, i klimapolitikken. Rapporten vurderer ulike scenarioer basert på modellanalyser for EU og Norge. Analysene er finansiert av Finansdepartementet og Klima- og miljødepartementet. Vi vil rette en spesiell takk til Geir Bjertnæs, som har lagt et stort arbeid i modellsimuleringer og -analyse.

Statistisk sentralbyrå, 30. august 2016.

Kjetil Telle

Sammendrag

Bakgrunnen for analysen er de klimapolitiske forpliktelsene for 2030 i EU og Norge, som blant annet er meldt inn som resultat av den internasjonale avtalen fra Paris-forhandlingene. Begge har meldt inn at utslippene skal redusere, som behandles som ett marked, med minst 40 prosent i 2030 sammenliknet med 1990. Forpliktelsen er fordelt på kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor og innebærer at utslippene som omfattes av det europeiske kvotesystemet (EU ETS) skal ned med 43 prosent fra 2005. I ikke-kvotepliktig sektor har EU et totalt mål om 30 prosent reduksjon. Her vil reduksjonsforpliktelsene til det enkelte land fastsettes mellom 0 og 40 prosent. Norges ønske om å få til en felles løsning med EU vil innebære at i tillegg til bidraget gjennom EU ETS vil Norge også få et reduksjonsmål for ikke-kvotepliktig sektor, som foreløpig er foreslått til 40 prosent. EU legger opp til fleksibilitet i gjennomføringen av forpliktelsen. Fleksibilitet skal blant annet sikres ved at kjøp av kvoter i ETS i et visst omfang kan godtgjøres i utslippsregnskapet for ikke-kvotepliktig sektor. Videre skal det legges til rette for betydelig økt bruk av landenes anledning til å krediteres for å finansiere andre europeiske lands utslippsreduksjoner utenfor kvotemarkedet.

Hovedformålet med denne analysen er å studere effekter på utslipp, makroøkonomiske konsekvenser og samfunnsøkonomiske kostnader for Norge i 2030 av å få til en felles løsning med EU om klimapolitikken. Hvor stor fleksibilitet det vil bli lagt opp til for ikke-kvotepliktige utslippskilder i det europeiske samarbeidet vil være avgjørende for konsekvensene av en slik løsning. Analysen viser at fleksibilitet gjør det billigere å gjennomføre forpliktelsene både for EU og Norge. Vi studerer fire ulike scenarier fram mot 2030 ved hjelp av modellsimuleringer, der graden av fleksibilitet i gjennomføringen både mellom Norge og EU og mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor varierer fra ingen til full fleksibilitet. De ulike regimene innføres simultant i EU og Norge, og endringer i EU har innflytelse på norsk økonomi, først og fremst gjennom kvotepriser og energipriser. For å få frem slike effekter er analysen utført ved hjelp av landmodellen MSG-TECH for Norge og modellen LIBEMOD for de europeiske/internasjonale energimarkedene. Det gir også anledning til å sammenligne forskjellene i utslippskuttene som finner sted i EU og i Norge.

I yttertilfellet med et fullt fleksibelt system, som for eksempel et kvotesystem som dekker alle kilder og land, finner vi en marginalkostnad (kvotepris) for å redusere utslipp av CO₂ på 450 kroner/tonn. Dette vil gjøre forpliktelsene minst kostnads-krevende for både Norge og EU som helhet. I det andre yttertilfellet, der det ikke gis anledning til noe fleksibilitet utenfor kvotesektoren for Norge, vil marginalkostnaden komme opp i minst 4 800 kroner/tonn klimautslipp i følge beregningene. Det bidrar til å minst doble de samfunnsøkonomiske kostnadene, målt ved landets velferdsreduksjon. Til sammenlikning blir marginalkostnadene i EUs ikke-kvotepliktige sektor beregnet til 2 000 kroner/tonn. De innenlandske utslippene blir om lag 10 mill. tonn lavere, og det er først og fremst transportutslippene som faller. Beregningene finner også at EUs klimapolitikk reduserer gassprisen med rundt 10 prosent i alle de simulerte scenarioene, noe som påfører den norske økonomien betydelige kostnader i tillegg til kostnadene ved utslippskuttene. Modellsimuleringene legger til grunn at man lykkes med å utløse de mest kostnads-effektive klimatiltakene. Hvis ikke, vil de samfunnsøkonomiske kostnadene bli enda høyere.

Abstract

This report analyses the 2030 climate targets of the EU and Norway and, in particular, how the degree of flexibility across countries and across emission sources within and outside the EU Emission Trading System (EU ETS) affects the abatement costs, emission patterns and economic performance. The study is conducted by Statistics Norway and funded by the Ministry of Finance and the Ministry of Climate and Environment in Norway.

Flexibility is already ensured in the ETS sector, in the sense that the common target for Norway and the EU of 43 per cent reduction from 2005 can be met by allowance trading. The EU intends to increase flexibility for non-ETS sources, both across countries and vis-à-vis the ETS. Norway aims for joint action with the EU also for the non-ETS sector. EU's common aim for the sector is a 30 per cent reduction from 2005, with country-specific targets varying between 0 and 40 per cent. The proposed effort-sharing, published in July 2016, assigns Norway a 40 per cent reduction target.

The implemented degree of flexibility will be pivotal for the Norwegian economic impacts of fulfilling its 2030 goal. We simulate four scenarios distinguished by the degree of flexibility – starting at no and increasing, via two medium cases, to full flexibility. The regimes are introduced simultaneously in the EU and Norway and the resulting marginal abatement costs and energy-related prices in EU impact the Norwegian economy. We have adopted a European energy market model (LIBEMOD) as well as a general equilibrium model for Norway (MSG-TECH) for the simulations.

We find that a fully flexible system both across sectors and across Norway and the EU (as an entity) yields a common allowance price (marginal cost) of 450 NOK/ton CO₂-equivalent. This is the cheapest way for Norway, and also for the EU as a whole, to comply with the emission targets. At the other extreme, with no flexibility mechanisms facing the Norwegian non-ETS sources, the necessary domestic uniform emission tax amounts to 4 800 NOK/ton CO₂-equivalent, implying a doubling of the welfare costs compared to the fully flexible scenario. For comparison, the corresponding marginal cost with a uniform emission tax in the EU non-ETS sector is simulated to 2 000 NOK/ton CO₂-equivalent. The Norwegian emissions are cut back by 10 million tons compared to the fully flexibility scenario, the major part taking place within transportation. The analysis shows that in addition to the costs of emission reductions, the Norwegian economy will suffer from reduced petroleum prices. The reduction is first of all seen for the gas price, which drops by 10 per cent. In all the flexibility regimes cost-effective policies, e.g. allowance markets, are assumed. Otherwise, costs will be higher.

Innhold

Forord	3
Sammendrag	4
Abstract	5
1. Innledning	7
2. Beregningsmetoder	9
2.1. Studiens to faser	9
2.2. Scenarioene	10
2.3. Samfunnsøkonomiske kostnader i MSG-TECH	12
3. Referansebanene (R0)	15
3.1. R0: LIBEMOD-beregninger av referansescenarioet for Europa	15
3.2. R0: MSG-TECH-beregninger for Norge	16
4. Full fleksibilitet (S1)	19
4.1. S1: LIBEMOD-beregninger for EU	19
4.2. S1: MSG-TECH-beregninger for Norge	20
5. Ingen fleksibilitet (S2)	24
5.1. S2: LIBEMOD-beregninger for EU	24
5.2. S2: MSG-TECH-beregninger for Norge	24
6. Delvis fleksibilitet (S3 og S4)	28
6.1. S3 og S4: LIBEMOD-beregninger for EU	28
6.2. S3 og S4: MSG-TECH-beregninger for Norge	28
7. En partiell følsomhetsberegning av noen alternative forutsetninger om tiltak i veitransport	32
8. Konklusjon	35
Referanser	36
Vedlegg A: LIBEMOD-modellen	38
Vedlegg B: MSG-TECH-modellen	40
Figurregister	47
Tabellregister	48

1. Innledning¹

Denne rapporten redegjør for makroøkonomiske modellberegninger som anslår effekter på utslipp, kostnader og makroøkonomi av å få til en felles løsning med EU om klimapolitikken fram mot 2030, der graden av fleksibilitet i gjennomføringen både mellom EU og Norge og mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor er i fokus.

Både Norge og EU har satt et mål om å redusere utslippene innen 2030 med minst 40 prosent fra 1990-nivået; se European Commission (2014) og Meld. St. 13 (2014-2015). Norge ønsker en felles gjennomføring av klimapolitikken fram mot 2030 med EU. Utslippstaket for EUs kvotesystem (EU ETS) er satt 43 prosent lavere enn 2005-nivået. Dette gjelder hele markedet, der også Norge er en del. I tillegg til at Norge fortsatt skal delta i EU ETS, har Norge meldt at de også ønsker en felles løsning for ikke-kvotepliktig sektor (ikke-ETS). Samlet skal EU redusere utslippene med 30 prosent fra 2005 i denne sektoren. I juli 2016 ble forslag til reduksjonsmål på mellom 0 og 40 prosent for de enkelte landene lagt fram, avhengig av BNP/innbygger og justert for kostnadseffektivitet². I analysen har vi lagt til grunn at Norges mål er det foreslåtte 40 prosent.

EU tillater ikke å bruke FN-kvoter (f.eks. CDM) for å innfri de nasjonale målene etter 2020, men det legges opp til fleksible mekanismer på EU-nivå. Ordningen med å gjennomføre klimatiltak i andre EU-land i ikke-kvotepliktig sektor er foreslått videreført, og det skal legges til rette før betydelig økt tilgjengelighet. Det vil i tillegg åpnes opp for at noen land som et engangskjøp får anledning til å kansellere kvoter i EUs kvotesystem for å innfri utslippsmålene i ikke-kvotepliktig sektor; omfanget på dette vil være begrenset. Det legges opp til at muligheten forbeholdes land som har et utslippsmål som er høyere enn EU-gjennomsnittet. I Meld. St. 13 (2014-2015) om ny norsk klimaforpliktelse forutsettes det at Norge skal ha samme fleksibilitet i ikke-ETS-sektoren som sammenliknbare land i EU. Hvordan Norge vil gjennomføre sin forpliktelse er ennå ikke klart. Både nivået på forpliktelsen i ikke-kvotepliktig sektor og tilgangen på fleksibilitet er fortsatt ikke avklart.

Første fase av denne analysen har undersøkt effektene av utslippsmålene i EU under ulike forutsetninger om fleksibilitet ved hjelp av den internasjonale energimarkedsmodellen LIBEMOD. I andre fase brukes resultatene fra LIBEMOD for internasjonale utslipps- og energipriser i den makroøkonomiske likevektsmodellen for Norge, MSG-TECH, for å se på konsekvenser for norsk økonomi av at EU og Norge simultant innfører 2030-politikken. Scenarioene vurderes i forhold til en referansebane der det ikke er satt kvantitative krav til nasjonale utslipp i 2030. De samme globale kuttbidragene gjelder også i referansebanen, men disse kan oppfylles vha. kjøp av EU- eller CDM-kvoter i den grad dagens CO₂-avgifter og deltakelsen i EU ETS ikke utløser innenlandske kutt.

Vi finner at et europeisk regime med full fleksibilitet både på tvers av land og sektorer i 2030 (scenario S1) gir en marginalkostnad ved utslippskutt lik for alle utslippskilder på 450 kroner/tonn CO₂. Når utslippskuttene utenfor kvotepliktig sektor må tas i EU og Norge hver for seg (scenario S2), blir den beregnede marginalkostnaden (uniforme utslippsprisen) i EU 2 000 kroner/tonn CO₂, mens den norske blir 4 800 kroner/tonn. Den totale velferdskostnaden for Norge dersom

¹ Vi er takknemlige for diskusjoner underveis med eksperter i Finansdepartementet og Klima- og miljødepartementet, samt med kolleger i SSB: Geir Bjertnæs, Brita Bye, Kjetil Telle og Ådne Cappelen.

² Se <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1469436573132&uri=COM%3A2016%3A482%3AFIN>.

alt tas innenlands (S2) med en uniform utslippsprising for hele ikke-ETS sektoren er kvantifisert til 44,5 mrd. kr i 2030, noe som er om lag dobbelt så høyt som i tilfellet med full fleksibilitet (S1). I mellomscenarier med delvis fleksibilitet ligger de samfunnsøkonomiske kostnadene mellom dem i S1 og S2. Det mest utslagsgivende for kostnadsforskjellene mellom scenarioene for norske økonomi er måten utslippsforpliktelsen i ikke-ETS løses.

Modellsimuleringer for tiårene framover hviler på mange antakelser. Modellenes virkemåter, viktige usikkerhetskilder og eksogene antakelser som ligger til grunn er beskrevet i vedleggene – se også avsnitt 2.3. En viktig usikkerhet er knyttet til marginalkostnadsantakelsene for kutt ved de ulike utslippskildene mot 2030. Videre legger modellsimuleringene til grunn at man lykkes i å utløse de mest kostnadseffektive klimatiltakene; hvis ikke vil de samfunnsøkonomiske kostnadene bli høyere. Vi gjør en partiell følsomhetsanalyse for alternative antakelser om tiltakskostnader og politikk i veitransport, siden tiltakene i denne sektoren står for en stor andel av kuttene i beregningene.

2. Beregningsmetoder

Hovedintensjonen med analysen er å studere effekter på utslipp, makroøkonomiske konsekvenser og samfunnsøkonomiske kostnader for Norge under ulike fleksibilitetsregimer. I de fire simulerte scenarioene økes fleksibiliteten gradvis fra ingen, via to mellomscenarier, til full fleksibilitet. Analysene legger til grunn at Norge samordner sin klimapolitikk for perioden 2021 til 2030 med EU, slik det er uttrykt i Meld. St. 13 (2014-2015). Antakelsene om gjennomføringen av politikk i de ulike scenarioene er derfor så langt det er mulig modellert likt for EU og Norge og antas å bli gjennomført simultant. I alle hovedscenarioene legges det til grunn at politikken utformes mest mulig optimalt, i den forstand at de kostnadseffektive tiltakene vil utløses, bare begrenset av fleksibilitetsbetingelsene som gjelder i de ulike scenarioene. Det gjøres ved å anta bruk av utslippspriser som er uniforme innenfor kategorier av utslipp med samme betingelser.

2.1. Studiens to faser

Studien består av to faser. I første fase simuleres effekter i EU av klimamålene for 2030 vha. den internasjonale energimarkedsmodellen LIBEMOD (Aune mfl., 2008; se også vedlegg A). LIBEMOD gir en langsiktig likevekt for energimarkedene, basert på at modellens ulike aktører maksimerer sin nytte i økonomisk forstand. Modellens detaljeringsgrad er størst for europeiske kraft- og gassmarkeder. For EUs del rapporterer vi sammensetningen av EUs utslippsreduksjoner og produksjonen av fornybarkraft. Gitt hovedfokuset på norsk økonomi er de viktigste dataene fra LIBEMOD likevel dem som har direkte innvirkning på norsk økonomi, slik som utslippspriser og energipriser. EU behandles som en forenkling som ett land i simuleringene, hvilket innebærer at utslippene i ikke-ETS-sektoren kuttes kostnadseffektivt på tvers av land. I alle scenarioene er det altså, på samme måte som for ETS, kun ett marked for utslippsrettigheter på tvers av EU-landene. Fleksibiliteten mellom Norge og EU varierer fra scenario til scenario.

I andre fase av prosjektet simuleres effekter for Norge vha. den makroøkonomiske likevektsmodellen MSG-TECH (Fæhn mfl., 2013; Fæhn og Isaksen, 2016; se også vedlegg B og avsnitt 2.3). Prisdatabene fra LIBEMOD fra de ulike scenarioene legges eksogent inn i MSG-TECH. Sammen med den simultane nasjonale politikken bidrar disse til å endre næringers produksjon og faktorbruk, konsumets nivå og sammensetning, samt klimautslipp som følger av reallokeringsene. I modellen drives de makroøkonomiske endringene i stor grad av kravene om at likevekt i vare- og faktormarkedene skal gjenopprettes, samt at driftsbalansen overfor utlandet og budsjettbalansen for det offentlige ikke skal endres som følge av endringer i EUs og Norges politikk. Budsjettbalansen gjenopprettes ved proporsjonal justering av inntektsskattesatsene.

Spesielt for MSG-versjonen MSG-TECH er at modellen også tar eksplisitt innover seg at tilpasninger til klimavirkemidler og prisendringer kan skje ved å investere i helt nye typer utslippseffektive teknologier. Slike teknologitiltak er modellert for prosessindustri, petroleumsvirksomhet og veitransport. Veitransport inkluderer transporten i bedrifter, husholdninger og offentlig sektor. Det er også viktig å merke seg at modellen behandler produksjonsnivåene i jordbruk, skogbruk, tradisjonelt fiske, petroleumsutvinning og kraftsektoren som eksogene og uendrede mellom scenarioene. Som drøftet i avsnitt 2.3 vil alle endringer i samfunnsøkonomiske kostnader og gevinster, slik de framkommer i modellen, til sist tilflyte den representative konsumenten. Velferdseffektene i 2030 av de simulerte endringene i klimapolitikken kan således måles ved endringer i det private konsumet. Av viktige gevinster og kostnader som ikke er inkludert i modellens velferdsbegrep, kan særlig nevnes at kostnader som oppstår ved at tilpasninger tar tid ses bort fra, at eksterne effekter, som lokal forurensning, i hovedsak ikke er

modellert og at endringer i arbeidstilbudet er utelatt og dermed ikke påvirker velferden.

Det er noen viktige avvik mellom MSG-TECH-versjonen vi har benyttet og den som er dokumentert i Fæhn mfl. (2013) og Fæhn og Isaksen (2016). Den viktigste er at selv om utslippsreduksjoner ved teknologitiltak i veitransport kan utløses i modellen dersom utslippsprisene øker, er *tiltakskostnadene* ved slike tilpasninger ikke modellert. Tiltakene fremstår med andre ord som gratis for aktørene. Dermed gir det simulerte konsummålet for lave velferdskostnader i den grad nye veitransportteknologier innføres.³ Velferds målet i tabell 5 er derfor korrigert for disse tiltakskostnadene (vha. etterberegninger).

Et annet, mindre utslagsgivende, avvik mellom den benyttede modellversjonen og modellen dokumentert i Fæhn og Isaksen (2016) er at den estimerte marginale rensekostnadsfunksjonen knyttet til transportteknologier er tatt ut og erstattet med en forenklet, lineær funksjon. Dette er gjort fordi modellen ikke lot seg løse for høye utslippspriser i områder langt utenfor dataområdet. Usikkerheten vil være svært stor ved slike ekstrapoleringer. Den marginale rensekostnadsfunksjonen i Fæhn og Isaksen (2016) er basert på 5-6 år gamle data for 2020, og vi har funnet grunn til å representere rensekostnadsfunksjonen for veitransportteknologier med en enklere, lineær modell med mer moderat stigning for høye utslippskrav; se avsnitt 2.3.

2.2. Scenarioene

Politikkscenarioene i de to modellene sammenliknes med en referansebane (R0) basert på politikken før EUs og Norges 2030-pakke ble vedtatt. I EU er det i R0 tatt hensyn til at utslippstaket i kvotepliktig sektor vil strammes inn raskere etter 2020, mens øvrig politikk er i tråd med EUs klima- og energipakke for 2020 (European Commission, 2014). I MSG-TECH er R0 tilnærmet identisk med referansebanen i Nasjonalbudsjettet for 2015 (NB2015) laget av Finansdepartementet (Meld. St. 1 (2014–2015)). Den baserer seg på en framskrivning av kvoteprisen og Norges forpliktelser i EU ETS, og for øvrig uendrede nasjonale realavgiftssatser på klimautslipp. Norges globale utslippsbidrag er antatt å treffe et karbonnøytralitetsmål for 2050 ved en gradvis nedtrapping. For 2030 gir R0 tilnærmet samme klimautslippstak for Norge som det nye, nasjonale målet for 2030 (reduksjon på 38 prosent versus 40 prosent i den nye forpliktelsen). Forskjellen mellom R0 og skiftscenarioene (S1-S4 nedenfor) ligger derfor ikke i utslippstakene ETS og ikke-ETS-sektorene vil stå overfor, men hvordan de blir oppfylt. I R0 tillates det som ikke nås innenlands med framskrivningen av de eksisterende virkemidlene, inklusive anledningen til kvotekjøp i ETS, å skje gjennom kjøp av CDM-kvoter. CDM-kvoter eller lignende globale utslippskvoter antas å ikke være tilgjengelige i skiftscenarioene.

I reformscenarioene er det antatt at 2030-målene i EU og Norge oppnås. Begge har mål om minst 40 prosent reduksjon i klimautslippene fra 1990-nivået og om at ETS-utslippenes totalkvote er 43 prosent lavere enn i 2005. I EU betyr det at 30 prosent av klimautslippene må kuttes fra 2005 utenfor ETS. For Norge er det antatt at en avtale med EU vil innebære en totalkvote for ikke-ETS-utslippene tilsvarende 40 prosent kutt fra 2005. Det er vurdert fire ulike reformscenarioer (S1- S4) med ulik grad av fleksibilitet for gjennomføringen i ikke-ETS:

Full fleksibilitet (S1):

Landenes gjennomføring skjer ved at de billigste tiltakene i Europa iverksettes uavhengig av i hvilket land og i hvilken sektor (i eller utenfor ETS). Dette vil

³ Dette er en forskjell fra modellen som tidligere er blitt benyttet i lignende studier, slik som beregninger gjort for Klimakur 2020 (Klimakur 2020 (2010) og Fæhn mfl., 2010).

innbære at de marginale kostnadene ved utslippsreduksjoner i ETS og ikke-ETS i alle land, inklusive Norge, konvergerer mot samme nivå. En utslippspris i et slikt felles marked framkommer ved simulering av LIBEMOD, der det også tas hensyn til at fornybarmålet økes til det vedtatte 27 prosent (fra 20 prosent i R0).⁴ Det er imidlertid satt en skranke på den norske utslippsprisen for ikke-ETS-kildene nedad ved dagens realavgiftsatsnivå. Kvotekjøp er, som en forenkling, modellert ved at staten kjøper og selger videre til aktørene som slipper ut. I ETS-sektoren vil en del kvoter tildeles gratis, og dette er ikke endret fra R0. Analysen av S1 er presentert i to trinn: For å kunne dekomponere er effektene av endrede internasjonale energipriser holdt utenfor i S1A, mens de er inkludert i S1AA.

Ingen fleksibilitet (S2):

ETS-systemet antas opprettholdt som i S1. Forutsetningen om at det ikke er fleksibilitet gjelder for de norske forpliktelsene i ikke-ETS. De må i S2 gjennomføres innenlands i ikke-ETS. EU er imidlertid som en forenkling behandlet som ett land uten landegrensar, slik at det er full fleksibilitet mellom EU-land i ikke-kvotepiktig sektor. Det antas at en uniform avgift på klimautslipp innføres for alle utslippskilder i ikke-ETS for å imøtekomme det innenlandske kravet. Tanken bak å bruke en uniform avgift er å sikre en så langt som mulig kostnadseffektiv oppfyllelse av de innenlandske forpliktelsene.⁵ Derfor fjernes samtidig dagens CO₂-avgifter, som antas å gjelde fram mot 2030 i referansebanen, og øvrig differensiering av klimapolitikken mellom utslippskilder antas å være faset ut innen 2030. Dette innebærer blant annet at støtten til elbiler er faset ut. Dette vil i følge regjeringens og støttepartienes vedtatte mål og prinsipper for elbilpolitikken bero på at teknologien blir tilstrekkelig utviklet. Der heter det at støtten til elbiler skal trappes ned i takt med teknologiutviklingen. Teknologiutviklingen vil bestemme tiltakskostnadene knyttet til veitransport. Dem som er benyttet i beregningene er på linje med Miljødirektoratet (2015) og Klimakur 2020 (2010) og er nærmere beskrevet i avsnitt 2.3.

Som for Norge er det også antatt et ikke-ETS-marked internt i EU. I ikke-ETS-sektoren er det altså lagt til grunn full fleksibilitet mellom EU-landene, men det er ingen fleksibilitet i form av mulighet for å slette ETS-kvoter for å imøtekomme forpliktelsene utenfor ETS.

Utviklingen av veitranportteknologier og nedtrappingen av fordeler til klimavennlige kjøretøy er usikre, og særlig utslagsgivende, faktorer i beregningene. Ved hjelp av en partiell etterberegning anslår vi derfor velferdsimplikasjonene i 2030 i et tilfelle der teknologitiltakene i veitranport antas å være dobbelt så dyre som i standardmodellen. Vi ser også på velferdskonsekvenser av å anta at innfasingen av nye kjøretøy i veitranport skjer ved hjelp av tilleggsvirkemidler utover den uniforme utslippsprisen.

Delvis fleksibilitet (S3 og S4):

I S3 kan halvparten, mens i S4 kan kvartparten av Norges utslippsforpliktelse i ikke-ETS (henholdsvis 20 prosent og 10 prosent) gjennomføres ved å kjøpe utslippsreduksjoner i EU (i eller utenfor ETS). Resten gjennomføres nasjonalt vha. en uniform klimaavgift på alle ikke-ETS-kilder. Tilsvarende fleksibilitet antas for

⁴ LIBEMOD modellerer bare CO₂-utslipp, ikke øvrige Kyoto-gasser. I simuleringene tas det eksogent hensyn til at utslippene i modellen ikke omfatter alle kilder, slik at kvoteprisene som fremkommer skal reflektere den i hele EUs kvotemarked inklusive andre Kyoto-gasser. Vi sammenlikner derfor direkte utslippsprisene fra LIBEMOD med dem per CO₂-ekvivalent (CO₂-ekv.) i MSG-TECH.

⁵ I en økonomi med mange priskiler er ikke nødvendigvis en uniform utslippsavgift optimalt. Alle eksisterende priskiler som følge av markedsimperfeksjoner eller offentlige inngrep vil påvirke hva som er optimal utslippsprising (Sandmo, 1975). En bør også ta hensyn til at redusert utslipp reduserer offentlig konsum, som igjen reduserer behovet for vridende skatter for å finansiere dette offentlige konsumet.

EUs samlede 30 prosent-mål gjennom kjøp av ETS-kvoter. Bemerk at ingen av mellomscenariene er utformet med tanke på å ligne det nå foreliggende forslaget.

2.3. Samfunnsøkonomiske kostnader i MSG-TECH

Normalt vil aktører som må tilpasse seg klimavirkemidler påføres kostnader. De vil velge et energiforbruk, produksjonsnivå og konsum som oppleves som mindre gunstig. Når en skal beregne de samfunnsøkonomiske kostnadene ved klimapolitiske virkemidler og tiltak, vil ikke bare slike direkte kostnader for enkeltaktører være viktige, men også hvordan kostnadene overveltes til andre deler av økonomien gjennom kryssløpet og påvirker faktormarkedene. De umiddelbare kostnadene vil kunne modifiseres eller forsterkes når atferdsendringene påvirker tilliggende markeder, som igjen påvirker andre markeder, osv. Fordelingen av arbeidskraft og kapital mellom næringer vil endres.

Alle endringer som skjer direkte og indirekte i aktørenes tilpasninger, vil til syvende og sist påvirke husholdningene i økonomien gjennom endringer i inntekter fra arbeid og kapital, nettooverføringer og forbrukspriser. Modellen oppsummerer derfor alle direkte og indirekte samfunnsøkonomiske kostnadsbidrag – både dem som oppleves i bedrifter i form av redusert produsentoverskudd og dem som oppleves i husholdninger i form av redusert konsumentoverskudd – som endringer i husholdningenes velferd. Velferden bestemmes av verdien av fritid og materielt konsum. I modellversjonen som benyttes holdes arbeidstilbudet og fritiden konstant. Dermed reflekterer endringer i konsumet velferdsendringene.

Det er imidlertid ett viktig unntak. Modellen har utelatt de privatøkonomiske kostnadene aktørene har når kjøretøyteknologiene byttes ut. I tidligere anvendelser av MSG-TECH har disse vært kvantifisert ved integralet av de marginale privatøkonomiske kostnadene knyttet til rensingen og vært representert som tillegg i importkostnadene for kjøretøy i husholdningenes realinntekt og bedriftenes realprofitt. I og med at disse her er utelatt, har vi korrigert det simulerte velferds-målet med et tillegg lik integralet av den lineære marginale rensekostnads-funksjonen. Velferds målet vi presenterer er dette korrigerte målet. Det er imidlertid viktig å bemerke at andre sektor- og makroresultater fra modellsimuleringene enn velferds målet ikke er justert for effektene slike inntekts- og profitteffekter ville utløst.

Konsumet, og dermed velferden, påvirkes også indirekte av at politikkvirkemidler enten må finansieres eller tar inn skatteinntekter. For eksempel vil økt støtte til klimateknologier, for eksempel elbiler, kunne fortrenge andre velferdsgenererende offentlige utgifter eller kreve økte skatteinntekter og dermed gi økte skattevridninger, mens økt utslippsprising gjennom avgifter vil generere inntekter og kunne gi en potensiell velferdsgevinst. Vi får fram denne type effekter ved at den offentlige budsjettbalansen holdes uendret gjennom å justere den generelle inntektsskatten. Imidlertid vil effektene på reallønna av at inntektsskatt og utslippsprising endres ikke påvirke arbeidstilbudet, som er modellert som eksogent. En potensielt viktig mekanisme for velferdsendringer som følge av endrede skatter er dermed ikke virksom i denne analysen.

Andre tilsvarende velferdseffekter kan vi få som følge av produktivitetsforskjeller initialt mellom næringer. Klimapolitikken påvirker allokeringen av samfunnets ressurser, og vi kan få mer eller mindre ut av dem avhengig av slike produktivitetsforskjeller. Produktivitetsforskjeller kan være resultat av at markedene ikke fungerer godt, for eksempel preges av begrenset konkurranse, eller de kan skyldes priskiler på grunn av avgifter, skatter, subsidier og reguleringer. For å beregne samfunnsøkonomiske kostnader er det derfor viktig at modellen har en rik beskrivelse av faktiske markedsimperfeksjoner og offentlige inngrep som bidrar til

at samfunnsøkonomiske kostnader kan bli forskjellig fra de privatøkonomiske kostnadene.

På dette punktet har modellen en svakhet som gjør at den ikke egner seg til å vurdere kostnader ved målrettede virkemidler mot detaljerte enkeltteknologier eller enkeltvirksomheter. MSG-TECH har for aggregerte aktiviteter til å få en god representasjon av slike virkemidler og deres effekter. Et eksempel med potensiell betydning for vår analyse er om fordelaktig politikk overfor elbiler og andre klimavennlige kjøretøy blir benyttet i skiftscenariene. MSG-TECH modellerer ikke ulike kjøretøyteknologier som ulike aktiviteter. Dermed er kilene som eksisterer for aggregert representert og får ikke fram forskjellsbehandlingen mellom kjøretøy. I hovedscenariene hvor vi har antatt at klimapolitikken i hovedtrekk er kostnadseffektiv og benytter uniforme avgifter som virkemiddel, vil ikke dette være viktig. I en partiell følsomhetsberegning vi gjør av kjøretøy-utskifting i veitransport, hvor vi antar at tiltakskostnadene er dobbelt så høye som i standardmodellen, drøfter vi også effektene av å bruke virkemidler utover en uniform klimaavgift. Dette gir et tilleggsbidrag til tiltakskostnadene – se kapittel 7.

Det er også viktig å påpeke at skadene ved lokale forurensninger og andre miljøbelastninger ikke er medregnet i velferdsbegrepet. Redusert konsum av bensin og diesel kan samtidig redusere uønskede lokale effekter av veitransport, som støy, ulykker, veislitasje og køer. Slike gevinster inngår ikke i velferdsmålet. Det gjør heller ikke velferdseffektene av at andre, lokale og regionale, luftforurensninger vil reduseres. Thune-Larsen mfl. (2014) har vurdert og beregnet marginale eksterne kostnader ved veitrafikk i Norge i form av lokal luftforurensning, støy, ulykker, kø, slitasje på infrastruktur og vinterdrift (salting). I den grad klimavirkemidlene reduserer veitrafikk totalt, vil dette gi slike tilleggsgevinster. Dersom man i stor grad vrir veitransporten over på andre former for kjøretøy og drivstoff, vil gevinstene bli mindre. Thune-Larsen mfl. (2014) finner at marginale eksterne kostnadene ved bruk av elbil også er betydelige. Dette skyldes at lokal luftforurensning utgjør en relativt liten del av de samlede marginale eksterne kostnadene i områder utenom de store tettstedene. I tillegg bidrar også elbiler fra oppvirvling av svevestøv.

Analysen fokuserer på effekter i 2030 med liten vekt på banen fram til 2030 eller utviklingen etter 2030. Vi tolker 2030-resultatene som ulike likevekter avhengig av politiske rammebetingelser. En slik statisk analyse får ikke fram realistiske effekter på kortere eller lengre sikt, avveininger over tid eller neddiskontering av gevinster og kostnader. For eksempel er det rimelig å legge til grunn at politikkendringene og effektene er mindre på kortere sikt og at disse periodene blir mer vektlagt i en samfunnsøkonomisk analyse enn senere perioder. Perioder etter 2030 bør også inngå i et velferdsmål. Selv om hensikten er å stramme til politikken ytterligere etter 2030, vil det ikke nødvendigvis bidra til større relative velferdstap, da teknologisk utvikling og neddiskontering virker dempende på kostnadsbidragene til de framtidige periodene.

Velferdsmålet har også andre svakheter. For det første skiller det ikke mellom ulike husholdninger og måler således bare totale velferdskostnader, ikke fordelings-effekter mellom ulike typer husholdninger. En kunne alternativt tenke seg at myndighetene la mer vekt på noen innbyggers nytte enn andres i sin vurdering av samfunnets velferd. På samme måte kunne en tenke seg at samfunnet la mer vekt på kostnadene som oppstår i noen markeder og sektorer enn i andre. Dette kan for eksempel ha sin bakgrunn i regionale eller sektorspesifikke målsettinger. Selv om slike preferanser ikke kommer til uttrykk i velferdsberegningene, vil beregningene få fram hvordan næringer rammes ulikt av klimavirkemidler.

En annen viktig begrensning ved kostnadsbegrepet er at ressurser som blir frigjort ett sted i økonomien, for eksempel i utslippsintensive aktiviteter, antas å komme til nytte i andre deler av økonomien. Selv om det er modellert at noe blir borte på veien, ved at det koster å vri ressursbruken, går prosessene urealistisk glatt og raskt. En måte å tolke dette på er at det finnes gode annenhåndsmarkeder for investeringsvarer og kapital, samt at arbeidsledighet og omskoleringsbehov i liten grad oppstår eller koster lite. Disse antakelsene er med på å undervurdere kostnadene ved tilpasningsendringer. Det er rimelig å tenke på velferds-konsekvensene fra modellberegningene som de *langsiktige* samfunnsøkonomiske kostnadene.

3. Referansebanene (R0)

3.1. R0: LIBEMOD-beregninger av referansescenariot for Europa

Det er vedtatt og har lenge vært praktisert at kvotetaket for ETS i fase 2 (2013-2020) og fase 3 (2021-2030) gradvis skal reduseres etter klart spesifiserte regler. Til 2020 er den årlige innstramningen satt til 1,74 prosent av gjennomsnittsutslippet for 2008-2012, mens satsen etter 2020 er foreslått til 2,20 prosent. Den sistnevnte tilstramningen gir 7 prosent lavere utslipp totalt i kvotemarkedet i 2030 enn om den opprinnelige satsen var blitt beholdt. Det strengeste taket er lagt til grunn for R0. Dersom en hadde valgt å se bort fra tilstramningen etter 2021 i R0 ville kvoteprisen vært noe lavere i 2030.⁶ Den resulterende kvoteprisen blir lagt til brukerprisen for energi for ETS-sektorene. Den simulerte kvoteprisen i ETS i 2030 er beregnet til 300 kroner/tonn CO₂ i 2030 i R0; se tabell 1.

For de delene av økonomien som ikke er med i ETS antar vi at utslippsmålene for 2020 videreføres på samme nivå fram til 2030. Vi antar videre som en forenkling at disse målene for EU nås i fellesskap i motsetning til den faktiske 2020-politikken, hvor målene i stor grad må oppnås nasjonalt i det enkelte EU-land. I sum reduserer EU klimautslippene for disse sektorene i R0 med 10 prosent i forhold til 2005. Marginalkostnaden kan i dette tilfellet tolkes som en kvotepris i et felles marked for ikke-ETS-utslipp; den blir på 650 kroner/tonn CO₂ i 2030.

Tabell 1. Markedsprisene i 2030 for utslippsrettigheter i EU-ETS og EUs ikke-ETS-sektor, kr/t CO₂

	R0	S1	S2	S3	S4
ETS	300	450	300	450	400
Ikke-ETS	650	450	2000	450	1000

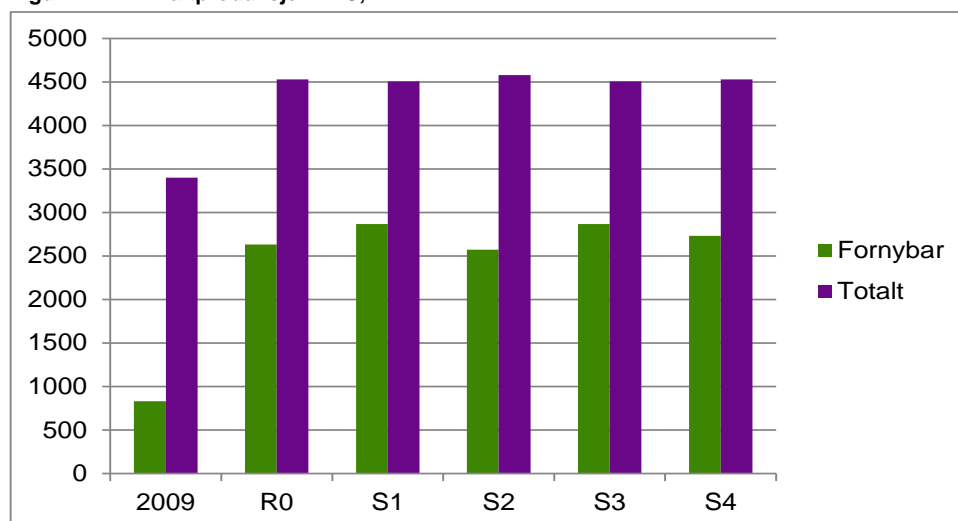
Begge kvoteprisene i 2030 i R0 er påvirket av at det også er antatt en videreføring av 2020-målet om minst 20 prosent fornybarandel. Denne andelen defineres som samlet sluttbruk av fornybar energi (for elektrisitet er dette definert til å være nivået på fornybar kraftproduksjon) dividert på samlet sluttforbruk av all energi. I LIBEMOD er det modellert ved at all fornybar kraftproduksjon får en lik støtte per produsert enhet kraft som er stor nok til at målet akkurat nås.

For energiprisene i engrosmarkedet får vi i LIBEMOD at gassprisen i Norge faller noe i forhold til 2009 (basisåret), med om lag 8 prosent. Fornybarpolitikken bidrar til et skift mot mer fornybar kraft i EU og mindre fossilbasert kraft, deriblant gasskraft, noe som driver gassprisen ned i EU og i Norge. Kvoteprisen i ETS er også viktig. Et mindre stramt ETS-marked ville bidratt til sterkere reduksjon i gassprisen, fordi substitusjonen mot gass ville blitt mindre. Kullpris og oljepris drives oppover av forutsatt økt økonomisk aktivitet på globalt nivå, samtidig som det ikke er forutsatt noen innstramninger i klimapolitikken utenfor EU fra 2009. Gassprisen bestemmes i mye større grad i regionale markeder som følge av høyere transportkostnader enn for kull og olje.

Som følge av fornybarpolitikk og kvotepolitikk mer enn tredobles tilgangen på fornybar kraftproduksjon i EU fram mot 2030; se figur 1. Dette er i hovedsak en kombinasjon av biomassekraft, vindkraft og solkraft.

⁶ Om lag 20 prosent lavere ifølge hjelpeberegninger.

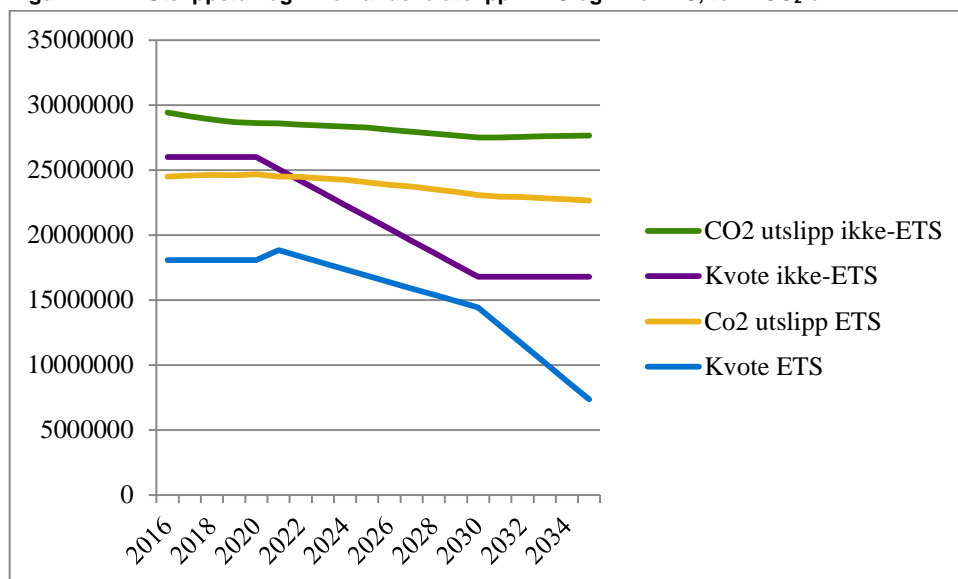
Figur 1. Kraftproduksjon i EU, TWh



3.2. R0: MSG-TECH-beregninger for Norge

Referansebanen R0 fra MSG-TECH er som i NB2015. Den er beregnet på grunnlag av forventet utvikling i norsk økonomi de neste tiårene, under den tekniske forutsetningen at det ikke kommer nye vedtak for den økonomiske politikken, inkludert klimapolitikken. Spesielt er CO₂-avgiftssystemet av i dag med differensierte satser videreført; det samme gjelder markedene for ETS-kvoter og CDM-kvoter. De viktigste avgiftene i ikke-ETS sektoren inkluderer CO₂-avgiftene på bensin, diesel og bruk av brensler i bygg.

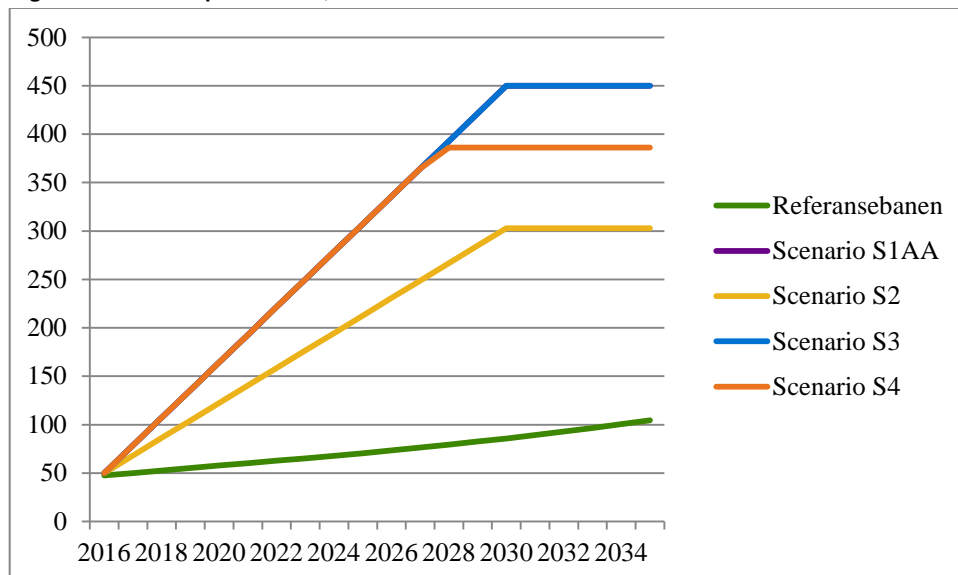
Til grunn for den økonomiske utviklingen ligger først og fremst forutsetninger om ressursutviklingen (arbeidskraft, naturressurser), samt forventninger om internasjonale rammebetingelser og produktivitetsvekst. Elektrisitetsprisen stiger betydelig fram mot 2030, i tråd med en antakelse om at norsk etterspørsel på marginen vil dekkes av kraft produsert i Europa, og prisen på gasskraft er lagt til grunn på lang sikt.

Figur 2. Utslippstak og innenlandske utslipp i ETS og ikke-ETS, tonn CO₂-ekv.

Referansebanens utslipp i ETS- og ikke-ETS-sektorene er illustrert i figur 2 (gul og grønn kurve). Se vedlegg B for avgrensningene mellom sektorene. Det er antatt energieffektivisering i de fleste sektorer på 1 til 1½ prosent årlig. I ETS-sektoren er forventet nedtrapping av olje- og gasssektoren en viktig drivkraft bak den

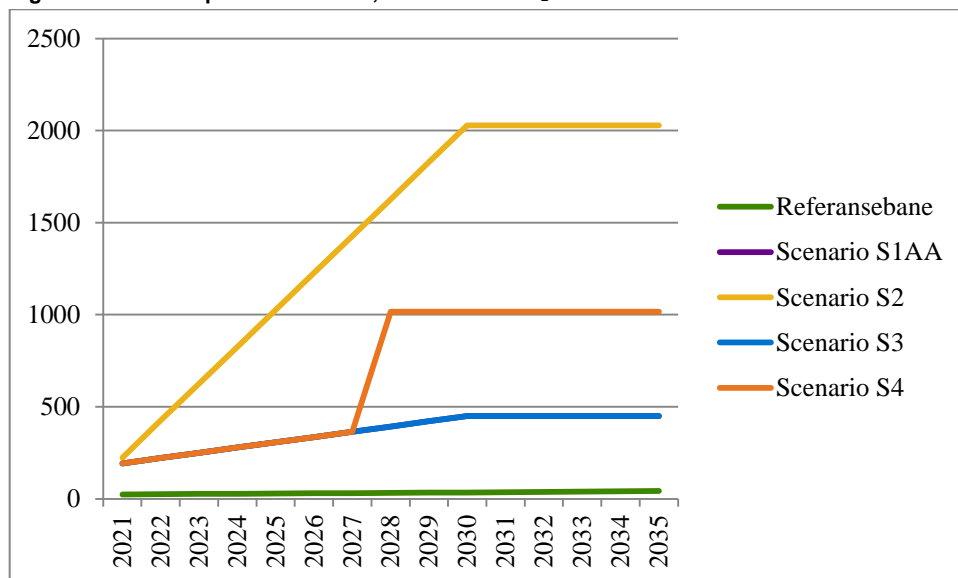
langsigtede utslippsutviklingen. Som framgår av figur 2, er de innenlandske ETS-utslippene anslått å avta noe framover.⁷ Transport er klart den største utslippskilden i ikke-ETS i R0. CO₂-utslippet fra transportoljer ligger om lag på 17 mill. tonn i 2030. Utslippsintensiteten for veitrafikk forutsettes å avta med 1½ prosent i året framover. Bemerk at ikke-ETS-sektoren også omfatter ETS-bedriftenes forbruk av brenslere til oppvarming og drivstoff til transport. Realavgiftssatsene i basisåret, 2009, på CO₂ og andre klimagasser opprettholdes i alle framtidige perioder i R0. De annonserte endringene i elbilpolitikken er lagt til grunn.

Figur 3. Kvotepriser i ETS, kroner/tonn CO₂-ekv.*



* For S1AA (og S1A) er prisbanen overlappende med S3 og er dermed ikke synlig i figuren.

Figur 4. Kvotepriser i ikke-ETS, kroner/tonn CO₂-ekvivalenter*



* I R0 er kvoteprisen CDM-prisen, i de øvrige er det priser på kjøp av utslippsrettigheter i EU. For scenario S1AA (og S1A) er prisbanen overlappende med S3 og ikke synlig i figuren.

For å kunne sammenlikne R0 med de øvrige scenarioene har vi beregningsteknisk fordelt utslippstaket på totalkvoter i hhv. ETS- og ikke-ETS-sektoren, som også er illustrert i figur 2. Disse kvotene skal tolkes som tak på henholdsvis ETS- og ikke-

⁷ Utslipp fra luftfart er ikke inkludert i kvotesektoren. Vi får ikke på noen god måte modellert kvotemarkedet for luftfart fra 2012. Hovedgrunnen er at luftfart i modellen ikke er splittet opp i innenlands, europeisk og annen internasjonal luftfart.

ETS-sektorenes *globale* utslippsbidrag og er beregnet på følgende måte: Det totale utslippstaket for Norge i 2030 settes lik som i referansebanen i NB2015. I 2020 følger det av Klimaforliket, mens det trappes gradvis ned mot null i 2050 når landet skal være klimanøytralt. I 2030 innebærer dette 38 prosent reduksjon fra 1990. ETS-kvoten i 2030, og i tiåret før, følger av innstrammingsreglene i EU – se avsnitt 3.1. Når kvoten for ETS er gitt, følger totalkvoten for ikke-ETS-sektoren av det resterende utslippet innenfor det totale nasjonale taket. I 2020 er det på 26 mill. tonn CO₂-ekv., mens det gradvis trappes ned til 17 mill. tonn til 2030, noe som tilsvarer 40 prosent av utslippet i ikke-ETS i 2005.

Det globale utslippsbidraget (kvoten) i ETS-sektoren kan innfris med kjøp av ETS-kvoter. Den antatte banen for kvoteprisen i ETS i R0 i NB2015 går fram av figur 3 (grønn kurve).⁸ Kravet til globalt utslippsbidrag (kvoten) for ikke-ETS sektoren, kan oppfylles vha. CDM-prosjekter til en lav pris (CDM-kvoteprisen), som framgår av figur 4 (grønn kurve). Det som ikke oppnås av reduksjoner innenlands nås således av kvotekjøp i utlandet. Den beregningstekniske fordelingen som er foretatt mellom ETS og ikke-ETS i R0 påvirker andelene som handles i henholdsvis EU ETS- og CDM-markedene. Siden ETS- og CDM-prisene er ulike, har fordelingen et visst utslag i driftsbalansen overfor utlandet, men effektene på makroøkonomiske størrelser vil være uvesentlige.⁹ Merk også at det antas at omfanget av gratiskvoter i ETS-sektorene som innføres fra 2020 i R0 beholdes i alle framtidige perioder. Dette er ikke endret mellom scenarioene.

⁸ Bemerk at den eksogent anslåtte ETS-kvoteprisen i NB2015, som vi legger til grunn også i MSG-TECH-beregningene, ligger vesentlig lavere enn den som ble simulert i LIBEMOD – se tabell 1. En høyere kvotepris ville gitt utslag i driftsbalansen, men ville vært av minimal betydning for makroøkonomien.

⁹ Se også drøftingen av S4 i avsnitt 6.2.

4. Full fleksibilitet (S1)

4.1. S1: LIBEMOD-beregninger for EU

I scenario S1 legges det samme, stramme kvotetaket til grunn for ETS som i R0. Det innebærer 43 prosent reduksjon i kvoten fra 2005 til 2030. I tillegg er det satt krav om at utslippene i ikke-ETS er 30 prosent lavere i 2030 enn i 2005 i E. Til sammen sikrer dette at målet om 40 prosent utslippsreduksjon fra 1990 nås. Full fleksibilitet innebærer at ETS- og ikke-ETS-sektorene oppfyller disse kravene i fellesskap. I LIBEMOD håndteres dette med ett felles kvotemarked for CO₂ for alle sektorer og land som er konsistent med EUs totale mål. Dette gir en felles kvotepris for utslipp som alle aktører i økonomien må betale i henhold til sine utslipp. Fornybarpolitikken strammes inn for å nå en fornybarandel i 2030 på 27 prosent. Øvrige forutsetninger om EU er som i R0.

4.1.1 Resultater

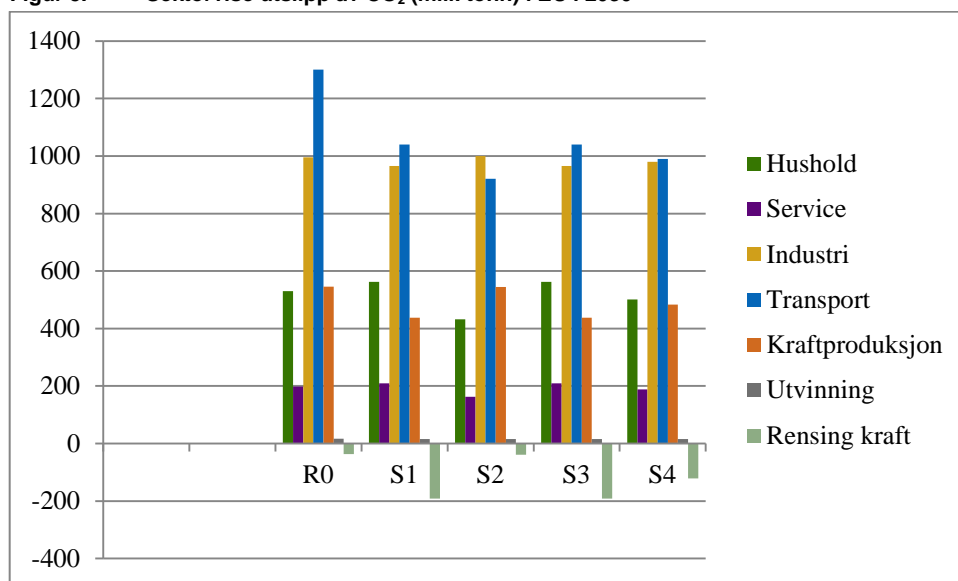
I 2030 har ETS-prisen økt fra 300 kroner/tonn i R0 til 450 kroner/tonn i S1. Det tilsvarer en økning på om lag 50 prosent. Ikke-ETS prisen, derimot, faller med om lag 1/3; se tabell 1.

EUs klimapolitiske målsettinger påvirker også de internasjonale energimarkedene. Etterspørselen etter fornybar energi øker, mens etterspørselen etter fossil energi faller. Fra tabell 2 går det fram at prisen på gass faller med 10,3 prosent. Økningen i kvotepris for ETS-sektoren, herunder kraftproduksjon, medfører et fall i gassprisen i forhold til R0 (i Norge og EU) som følge av fallende gassetterspørsel fra kraftprodusentene, som i sum vrir sin produksjon vekk fra gasskraft og mot fornybar kraft; se figur 1. Det strengere fornybarmålet forsterker vridningen mot fornybar kraft ytterligere. Andre sektorer, som husholdninger, industri og tjenesteytende sektor, øker sin bruk av gass siden engrosprisen på gass faller, samtidig som disse sektorene også betaler mindre for å slippe ut klimagasser. Denne effekten er likevel ikke sterk nok til å oppveie nedgangen i gassetterspørsel fra kraftprodusentene.

Tabell 2. Endringer i energipriser fra R0, 2030. Prosent

Scenario	S1	S2	S3	S4
Gasspris	-10,3	-10,0	-10,3	-10,3
Oljepris	0	-0,8	0	0

Figur 5. Sektorvise utslipp av CO₂ (mill. tonn) i EU i 2030



Vindkraft er den viktigste teknologien når det gjelder nyinvesteringer, med omtrent halvparten av nyinstallert kapasitet (målt i årsproduksjon av elektrisitet), men også ny solkraft og biomassekraft er viktig for å oppnå fornybarmålet på 27 prosent. Kullkraftproduksjonen reduseres også fra R0, mens det som følge av økt ETS-pris blir investert i betydelige mengder kraft med CO₂-rensning

Utslippssammensetningen fordelt på sektorer er illustrert i figur 5. Transportutslippene er den største av kategoriene, og sammen med kraftsektoren står sektoren for de største absolutte kuttene i forhold til R0. Kraftsektoren kutter gjennom mer fornybar produksjon, men også i vesentlig grad som følge av rensing. Utvinning står for en svært liten andel av utslippene i EU. Husholdningene øker sine utslipp noe i forhold til R0. Det har sammenheng med reduserte gasspriser, da gass står for mye av energibruken i Europas boliger.

4.2. S1: MSG-TECH-beregninger for Norge

Den norske utslippsforpliktelsen i 2030 tilsvarer minst 40 prosent reduksjon fra 1990. Dette er tilnærmet den samme reduksjonen som ligger til grunn i referansebanen i NB2015 (på 38 prosent), og i scenarioene har vi som en forenkling ikke endret dette taket. Den avgjørende forskjellen i klimapolitikken fra R0 er dermed prisen på kvotekjøp fra utlandet. Som det framgår av figur 3 og 4, øker prisene både for ETS og ikke-ETS-sektoren (som i R0 kunne benytte seg av CDM-kvoter). I S1 med full fleksibilitet antas det at norske aktører (via staten) kan kjøpe kvoter i EU ikke bare for sine utslippsforpliktelser i kvotepliktig sektor, men også for å imøtekomme kravene for ikke-ETS. De gjør dette i EUs ene, felles kvotemarked analysert ovenfor. Det forutsettes ingen ytterligere virkemidler i den norske klimapolitikken utover prisøkningen på ETS-kvoter. Figur 3 viser hvordan den europeiske kvoteprisen for 2030 er antatt å bli faset gradvis inn i MSG-TECH-beregningen, se lilla og blå (overlappende) kurver.

Tabell 3 oppsummerer hvordan avgifter i ikke-ETS-sektoren er behandlet i scenarioene. I S1 beholdes de eksisterende CO₂-avgiftene i de norske ikke-ETS sektorene. Dette er gjort for å sikre at prisene for ikke-ETS-utslippene – og særlig dem på bensin og diesel for transport – ikke faller under dagens priser, noe som anses som urealistisk. CO₂-avgiften på utslipp fra bensin på nesten 1 krone per liter utgjør om lag det samme som den simulerte kvoteprisen i S1. Valget om at den felles kvoteprisen i S1 kan representeres ved det nåværende CO₂-avgiftssystemet i Norge vil derfor ha liten innvirkning på transportsektoren, men vil undervurdere prisøkningen på utslipp for øvrige ikke-ETS-kilder under full fleksibilitet. Transportsektoren er imidlertid en dominerende sektor i ikke-ETS i utslipps-sammenheng.

Tabell 3. Antakelser om avgifter i ikke-ETS i scenarioene

Scenario	S1	S2	S3	S4
Dagens CO ₂ -avgift før 2020	ja	Ja	Ja	ja
Dagens CO ₂ -avg. etter 2020	ja	Fjernet	Fjernet	Fjernet
Uniform CO ₂ -avg. etter 2020, ikke-ETS	nei	Ja	Ja	ja

Dette scenarioet er simulert i to varianter i MSG-TECH. I scenario S1A er bare kvoteprisen hentet fra LIBEMOD-beregningene og lagt inn i MSG-TECH. I scenario S1AA er i tillegg effekter av reduserte gasspriser inkludert. Dette er gjort for å kunne isolere effekten av å sette utslippsprisene i tråd med EUs fra effekten av at endringene i EU påvirker de internasjonale petroleumprisene; se tabell 2. Det antas at verdensmarkedsprisene på utslippsintensive produkter, som f.eks. metaller, ikke påvirkes av EUs klimapolitikk, men bestemmes av forhold utenfor Europa. Som en forenkling antas det at EUs kraftpris ikke påvirker Norges. Prisen i Norge bestemmes av innenlandsk etterspørsel; både produksjonsnivået og nettohandelen er uendret fra R0.

4.2.1. Effekter på klimautslipp og kvotehandling

Kvoteprisøkningen i ETS-sektoren innebærer at utslippet fra sektoren reduseres av tre grunner: For det første genererer prisøkningen en substitusjonseffekt bort fra innsatsfaktorer som fører til utslipp, særlig fossil energi. For det andre veltes en del av prisøkningen over i produsentprisen på utslippsintensive produkter. Dermed nedskaleres produksjonen av utslippsintensive produkter. For det tredje genererer utslippsprisøkningen investeringer i renere teknologier, representert ved rensekostnadsfunksjonene. Tabell 4 viser utslippsendringer fra R0, samt nivået i R0, for ulike utslippskilder.

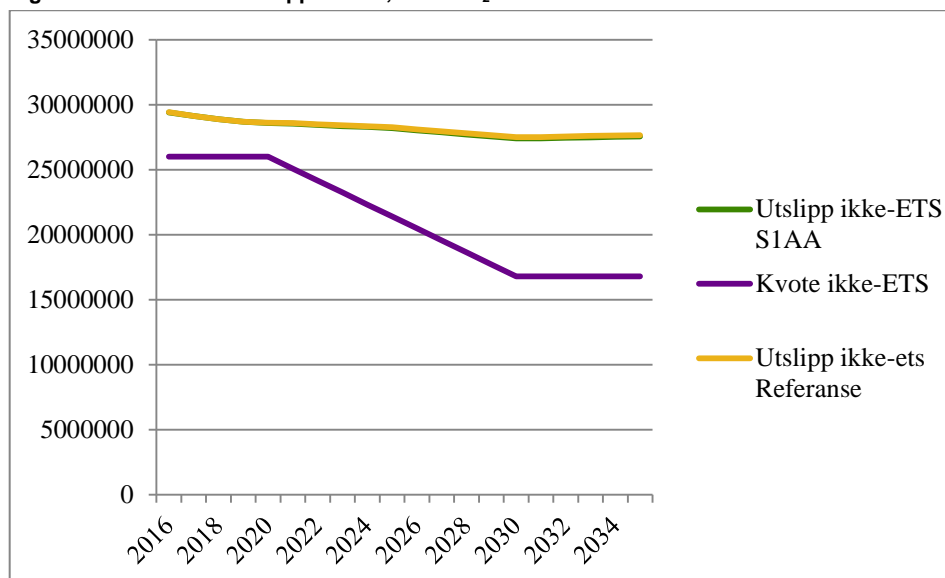
Tabell 4. Norske utslipp 2030, mill. tonn CO₂-ekv. Nivå R0 og endring fra R0 til skiftscenariene

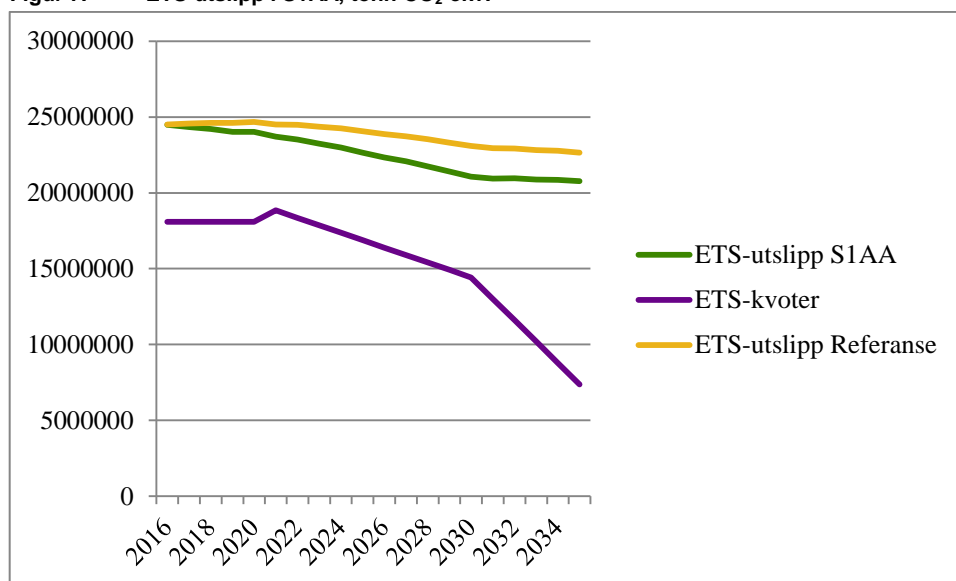
Utslippskilde	R0 ¹	S1A	S1AA	S2	S3	S4	MSG-kode
ETS totalt	23,1	-2,1	-2,0	-1,6	-2,2	-1,9	CO2EQINLEU
Ikke-ETS totalt	27,5	-0,1	-0,1	-10,7	-5,1	-7,9	CO2EQINLWM
Drivstoff totalt	16,6	-0,0	-0,1	-10,0	-4,1	-6,6	CO2FTQ+CO2CAQ14B
herav tekn.tiltak	-	-0,0	-0,0	-7,9	-2,9	-4,8	-DELCO2QTRANS
Drivst. husholdn.	4,1	-0,0	-0,1	-3,5	-1,6	-2,5	CO2CAQ14B
herav tekn.tiltak	-	-0,0	-0,0	-1,9	-0,9	-1,3	-DELCO2CAQ14B
Drivst. veitransport	5,3	-0,0	-0,0	-4,0	-1,4	-2,4	CO2FTQ75
herav tekn.tiltak	-	-0,0	-0,0	-4,0	-1,4	-2,3	-DELCO2FTQ75
Sjøtransport	1,8	-0,0	-0,0	-0,1	-0,3	-0,5	CO2INLQ78
Landbruk	0,4	-0,0	-0,0	-0,3	-0,1	-0,2	CO2INLQ11

¹ I R0 er ikke de isolerte bidragene fra teknologitiltak skilt ut.

De innenlandske utslippene i S1 reduseres i forhold til R0 med litt over 2 mill. tonn CO₂-ekv. i 2030. De største reduksjonene finner sted i produksjon av kjemiske og mineralske produkter, metallsektoren, samt i kjemiske råvarer og skyldes at ETS-prisen har økt. Utslippsmålet i ETS-sektoren oppfylles ellers ved at det importeres litt over 6,6 mill. kvoter. I ikke-ETS-sektoren er CO₂-avgiftene uendret fra R0, og det er tilnærmet ingen insentiver til å endre klimautslippene fra R0. Figur 6 (for S1AA, dvs. grønn kurve) viser nettopp at endringene fra R0 i utslipp fra ikke-ETS sektoren, markert med gul kurve, er helt marginal. Effektene på utslipp blir om lag de samme i S1AA og S1A. Det innebærer at målsettingen oppfylles ved å importere kvoter. Figur 6 viser at det importeres kvoter fra EU tilsvarende gapet mellom utslippene i ikke-ETS sektoren, og utslippsmålet på 10,7 mill. tonn CO₂-ekv.

Figur 6. Ikke-ETS utslipp i S1AA, tonn CO₂-ekv.



Figur 7. ETS-utslipp i S1AA, tonn CO₂-ekv.

4.2.2. Makroøkonomiske effekter

Reduserte gasspriser bidrar til et underskudd i offentlige budsjetter pga. statens direkte eierskap og tapte skatteinntekter fra olje- og gassektoren. Skattesatsen er på 78 prosent i denne sektoren. Den offentlige budsjettbalansen opprettholdes ved å øke skatten på all inntekt. Endringer i noen sentrale makroøkonomiske størrelser rapporteres i tabell 5 for alle scenarioene.

Tabell 5. Endring fra R0 i sentrale makroøkonomiske størrelser (faste priser) og priser, 2030

Scenario	S1A	S1AA	S2	S3	S4
BNP, mrd. kr.	-0,9	-5,2	-10,3	-6,9	-8,6
Eksport, mrd. kr.	-0,3	7,4	-1,1	2,8	1,4
Import, mrd. kr.	-7,1	-14,8	-15,7	-16,0	-16,4
Velferd ¹ , mrd. kr.	-5,7	-23,9	-44,5	-26,7	-32,8
Velferd ¹ , %	-0,3	-1,1	-2,1	-1,3	-1,6
Konsumpris, %	-0,3	-0,8	0,2	-0,5	-0,3
Lønnsatts, %	-0,6	-1,3	-2,2	-2,0	-2,4

¹Velferd er konsum tillagt kostnader knyttet til teknologitiltak i veitransport.

Både økte kvotepriser og redusert gasspris genererer underskudd på driftsbalansen. Økningen i ETS-kvotepriisen svekker også konkurranseevnen til ETS-sektoren og demper på denne måten eksporten fra denne sektoren. Driftsbalansen gjenopprettes hovedsakelig av redusert import i scenario S1A, mens en kombinasjon av økt eksport og redusert import gjenoppretter balansen i scenario S1AA. Forklaringen er at timelønnsatsen faller med 0,6 prosent i 2030 i scenario S1A, mens den faller med 1,3 prosent i scenario S1AA; se tabell 5. Dermed forbedres konkurranseevnen, og eksporten øker mer i scenario S1AA. Innenlandske varer faller i pris som følge av reduksjon i lønninger. Dermed substitueres konsumet fra importvarer mot innenlandske varer. Denne effekten er sterkere i scenario S1AA. Dessuten bidrar reduksjonen i privat konsum, som er lik velferdstapet, til å redusere importen. Denne effekten er sterkere i scenario S1AA siden fallet i gassprisen påfører staten et tap.

Reduksjon i lønnsatsen innebærer at bedrifter ønsker flere arbeidere per kapitalenhet. Arbeidstilbudet er imidlertid gitt, så ønsket realkapitalbeholdning faller. Reduserte investeringer og påfølgende lavere realkapitalbeholdning forklarer noe av reduksjonen i BNP på 0,9 mrd. kroner. En sammenlikning av scenario S1A og S1AA viser at underskuddet på driftsbalansen som følge av reduksjon i gassprisen gjenopprettes ved en økning i eksporten på 7,7 mrd. kroner, som er om lag like stor som reduksjonen i importen pga. kravet til uendret driftsbalanse.

Begge effektene trekker privat konsum ned i scenario S1AA. En detaljert beskrivelse av effekter av endringer i petroleumspriser finnes i Heide mfl. (2004).

Som framgår av kapittel 2 måler vi velferdseffektene som endringer i privat konsum korrigert for kostnadene knyttet til teknologitiltak i veitransport. Korrigeringen bidrar imidlertid ingenting i S1A og S1AA, siden utslippsprisen lagt på veitransport ikke er endret fra R0. Tabell 5 viser et velferdstap fra R0 til S1A i 2030 på 5,7 mrd. kroner – eller 0,3 prosent. I S1AA medberegnes i tillegg en reduksjon i gassprisen på 10,3 prosent fra 2020, noe som øker fallet i velferd til 23,9 mrd. kroner – tilsvarende 1,1 prosent – fra R0. Økningen fra S1A til S1AA reflekterer de tapte inntektene fra gassproduksjonen, som først og fremst faller på staten og må dekkes inn vha. økt inntektsskatt skatter. For å gjenopprette driftsbalansen faller lønna i den nye likevekten. Dermed faller privat konsum ytterligere som følge av reduserte gasspriser.

5. Ingen fleksibilitet (S2)

5.1. S2: LIBEMOD-beregninger for EU

Denne banen er som S1 med unntak av det i stedet for ett felles marked for utslippsrettigheter, er to separate markeder som er felles for alle landene: ETS-markedet, som modellert i R0, og et tilsvarende marked for utslippsrettigheter for ikke-ETS. Et felles ikke-ETS-marked for alle EU-landene er en forenkende antakelse. Vi får da én felles utslippspris for alle ikke-ETS-kildene i EU.

5.1.1. Resultater

I tilfellet med to separate markeder for utslipp i EU blir ETS-kvotepreisen noe lavere enn den felles prisen i S1 på 450 kroner/tonn CO₂. I S2 beregnes den til 300 kroner/tonn CO₂, som er på linje med R0s pris; se tabell 1. Marginalprisen på utslipp i ikke-ETS øker til 2 000 kroner/tonn CO₂. Dette skjer til tross for at det er lagt til grunn et fleksibelt marked for utslippsrettigheter også her. Det skyldes at all tilpasning må tas innenfor ikke-ETS-sektorene som ikke er så fleksible som kraftprodusentene til å endre tilpasning når prisene endres.

De sektorvise utslippseffektene i EU går fram av figur 5 foran. I S2 skifter mer av utslippsreduksjonen i EU mot ikke-ETS-sektoren – se tabell 5. Transportsektoren kutter mer enn i S1. Husholdningene kutter også merkbart (mens de økte utslippene fra R0 i S1). Vi ser også kutt i tjenestenæringene (service).

ETS-sektoren tar mindre av utslippskuttene; det gjelder særlig kraftproduksjonen. Etterspørselen etter fornybar kraft i EU faller; se figur 1. Dette skyldes at den høye kvotepreisen for ikke-ETS reduserer etterspørselen etter energivarer som olje og gass fra disse sektorene. For å oppnå fornybarbarmålet i EU kreves det derfor mindre ny fornybar kraft. Reduksjonen skjer ganske jevnt for alle typer ny fornybar kraft. I motsetning til scenarioet S1 investeres det nesten ikke mer i kraft med CO₂-rensing enn i R0. I forhold til S1 øker gasskraftprodusentene sin produksjon som følge av fallet i kvotepreisen i ETS.

Også i dette scenarioet påvirkes de internasjonale prisene på olje og gass. Tabell 2 viser at gassprisen faller med 10,0 prosent, mens oljeprisen faller med 0,8 prosent fra R0. Fallet i råvareprisen på olje forklares av den reduserte etterspørselen fra ikke-ETS-sektorene.

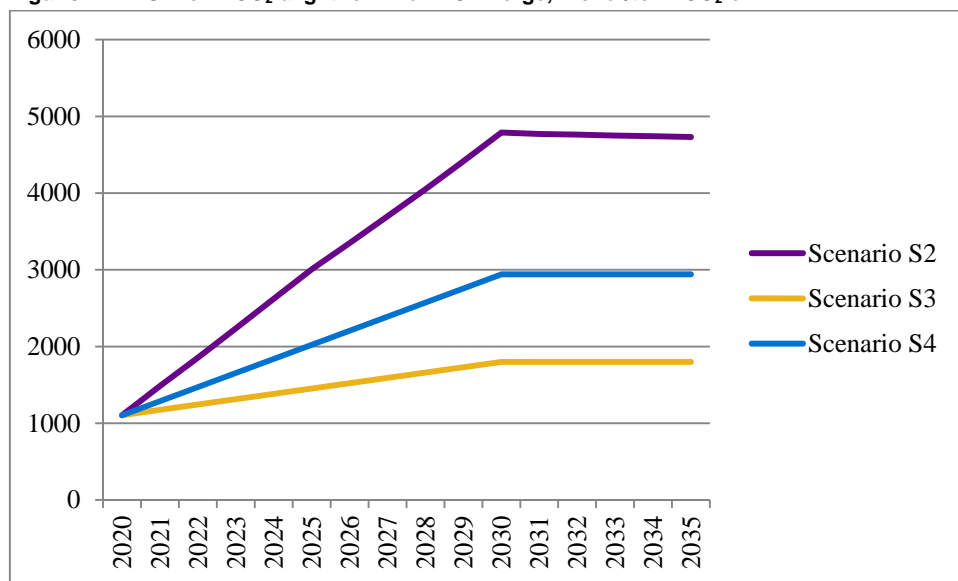
5.2. S2: MSG-TECH-beregninger for Norge

I scenario S2 kan ikke den norske utslippsforpliktelsen i ikke-ETS oppfylles ved å handle utslippsrettigheter i utlandet. Vi beregner hvilken uniform klimautslippsavgift som må til for at utslippet målt ved CO₂-ekv. i ikke-ETS reduseres med 40 prosent i 2030 i forhold til utslippene i 2005. Denne avgiften erstatter dagens CO₂-avgifter i ikke-ETS-sektoren. Beregningene gir en uniform avgift som øker til 4 800 kroner i 2030, se figur 8. Det gis ikke anledning til å kjøpe utslippsrettigheter fra andre europeiske ikke-ETS-kilder; ei heller å kjøpe og slette ETS-kvoter.

Effekter av reduserte internasjonale olje- og gasspriser beregnet fra LIBEMOD (se tabell 2) er inkludert i MSG-TECH-scenarioet. For øvrig tilpasser aktørene i ETS-sektorene seg til den beregnede ETS-kvotepreisen fra LIBEMOD på 300 kr/tonn CO₂. ETS-sektorene settes ikke overfor høyere marginal utslippskostnad enn ETS-kvotepreisen. Hovedbegrunnelsen for å føre en slik differensiert klimapolitikk er at ytterligere tiltak i Norge ville blitt oppveid av økte utslipp fra andre kilder i kvotesystemet i EU, og ingen europeiske kutt ville oppnås. Dette ville ført til at kostnadene for Europa totalt sett økte, noe som strider mot EU ETS-systemets grunnidé om at utslippskuttene i systemet skal være kostnadseffektive i europeisk forstand. Andre hensyn kan være hensyn til sysselsetting i distriktene, til store

eksportnæringsers konkurransedyktighet eller til å begrense karbonlekkasjer ved at norsk utslippsintensiv produksjon erstattes av tilsvarende produksjon i andre land (utenfor Europa).

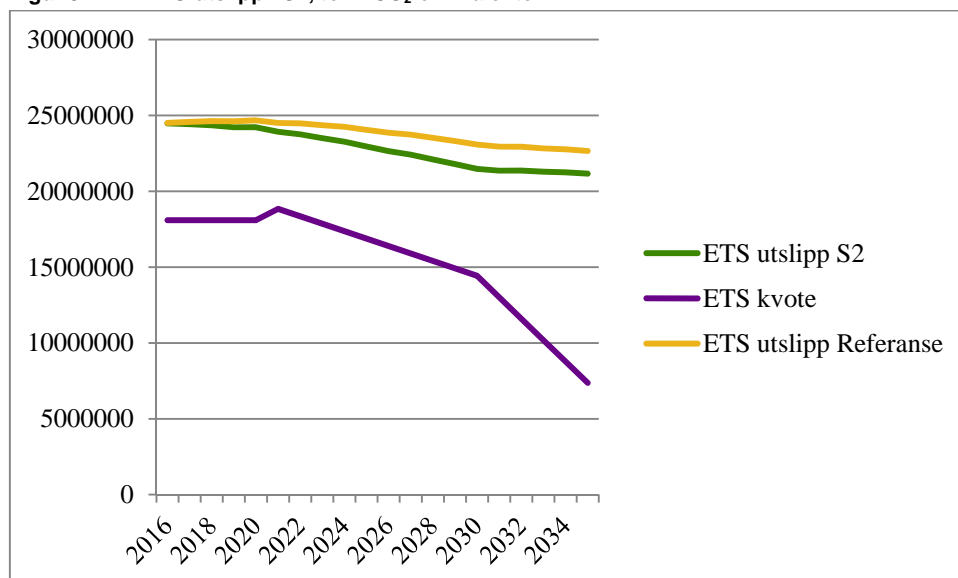
Figur 8. Uniform CO₂-avgift for ikke-ETS i Norge, kroner/tonn CO₂-ekv.



5.2.1. Effekter på klimautslipp og kvotekjøp

Kvotepriisen i ETS-sektoren øker i forhold til referansebanens (som er hentet fra NB2015) og fører til at utslippet fra ETS-sektoren reduseres i forhold til R0 av de samme tre grunnene som for scenario S1. Figur 9 viser at utslippet i ETS-sektoren reduseres med litt over 1,6 mill. tonn CO₂-ekv. i 2030 mellom R0 (gul kurve og S2 (grønn kurve). De største reduksjonene finner sted i kjemiske og mineralisk produkter, metallsektoren, samt i kjemiske råvarer. Utslippsmålet i ETS sektoren oppfylles ellers ved at det importeres kvoter til litt over 7 mill. tonn CO₂.

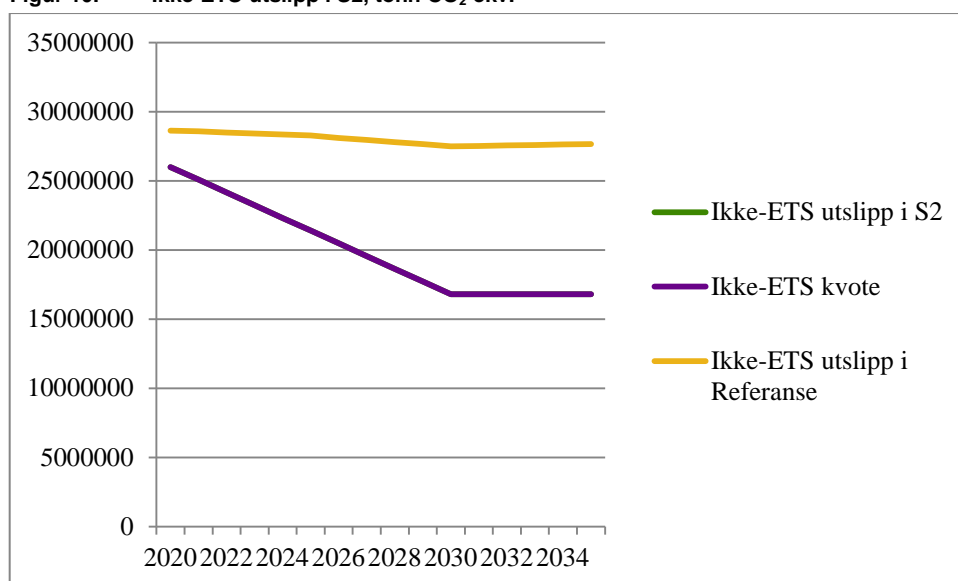
Figur 9. ETS-utslipp i S2, tonn CO₂-ekvivalenter



Figur 10 viser at utslippet i ikke-ETS-sektoren reduseres med om lag 10,7 mill. tonn CO₂-ekv. i 2030 mellom R0 (gul kurve og S2 (grønn kurve). Fra tabell 4 ser vi at om lag 7,9 mill. tonn stammer fra reduksjoner som følge av investeringer i renere transportteknologier. De øvrige om lag 2,8 mill. tonn stammer fra substitusjons-, inntekts-, og skalaeffekter. Det er primært en økning i konsumentprisen på bensin og diesel på 130 prosent, økning i konsumentprisen på

innenlandske sjøtransporttjenester på 24 prosent, samt økning i konsumentprisen på vei- og lufttransporttjenester på henholdsvis 3 og 8 prosent som genererer substitusjon bort fra utslippsintensive goder. Konsum av bensin og diesel faller med 12,2 mrd. kroner i 2030. Sjøtransport faller med 1,9 mrd. kroner. Vei- og lufttransport faller med om lag 1,8 mrd. kroner til sammen. I øvrige sektorer bidrar reduksjon i produksjonsvolumet i lufttransport, landtransport og raffinering av olje til å redusere klimautslippene. Utslippsreduksjoner som følge av substitusjon bort fra transportoljer skjer primært i (innenlandsk) luft- og landtransport. Økningen i den uniforme avgiften på klimautslipp gir også moderate reduksjoner i de fleste andre næringene. Reduksjon i utslipp fra jordbruket er moderat, da analysen forutsetter at jordbruksproduksjonen er eksogent gitt. Det er heller ikke modellert rensemuligheter gjennom teknologitiltak i denne sektoren.

Figur 10. Ikke-ETS-utslipp i S2, tonn CO₂-ekv.¹



¹ Kurven for ikke-ETS-utslippet i S2 er ikke synlig i figuren, da det per definisjon sammenfaller med ikke-ETS-kvoten, siden handel er utelukket.

5.2.2. Makroøkonomiske effekter

Den uniforme avgiften på 4 800 kroner/tonn CO₂-ekv. i 2030 gir en vesentlig økning i skatteprovenyet, på tross av reduksjonen i utslipp som krymper skattebasen. Provenyet fra CO₂-avgiftene øker med om lag 50,2 mrd. kroner i 2030. I scenario S2 faller samtidig olje- og gassprisene med hhv. 0,8 og 10,0 prosent i 2030, noe som isolert påfører staten et inntektstap i forhold til R0. Alt i alt får staten et budsjettoverskudd som følge av endringene som tilbakeføres til den representative konsumenten ved å redusere inntektsskatten.

Høyere importpris på ETS-kvoter (se figur 3 – gul kurve), samt lavere olje- og gasspriser (se tabell 2) enn i R0 bidrar negativt til driftsbalansen. Den kraftige avgiftsøkningen på utslipp i ikke-ETS sektoren fører også til redusert nettoeksport av luft- og landtransporttjenester. For å gjenopprette balansen i utenriksregnskapet presses lønningene ned. Lavere lønnsats forbedrer konkurranseevnen og presser innenlandske priser ned. Dermed vrir konsumet fra importerte til innenlandske varer. Importen faller relativt mye i forhold til R0, mens eksporten går litt ned; se Tabell 5. Som ventet faller også BNP relativt sterkere i dette scenarioet enn i S1AA. Det er viktig å være klar over at makroeffektene utenom velferdskostnadene vil være påvirket av at tiltakskostnadene ved teknologitiltakene i veitransport ikke er lagt inn i modellen, men kun lagt til i etterberegninger for velferden.

De samfunnsøkonomiske kostnadene målt ved velferdstapet sett i forhold til R0 er nesten dobbelt så høye i dette scenarioet som i S1. Hovedforklaringen er at gjennomsnittskostnadene av å innføre den høye utslippsprisen innenlands på 4 800

kroner/tonn er langt høyere enn kvoteprisene som norske myndigheter eller private aktører kunne benytte seg av i både R0 (50 kr) og S1 (450 kr). I samme retning trekker marginalt lavere oljepris. I forhold til S1AA trekker en noe høyere gasspris svakt i motsatt retning. Velferdskostnaden dempes også av den svakere økningen i ETS-kvoteprisen sammenliknet med scenario S1AA (sammenlign gul med lilla (og blå) kurve i figur 3). I kapittel 7 undersøker vi hvor følsomme velferdskostnadene i S2 er for forutsetningene om tiltakskostnader og politikk i veitransportsektoren.

6. Delvis fleksibilitet (S3 og S4)

6.1. S3 og S4: LIBEMOD-beregninger for EU

For å illustrere mellomtilfellene med delvis fleksibilitet, har vi simulert to scenarioer der ikke-ETS-sektorene i EU kan kjøpe ETS-kvoter for deler av den gitte, pålagte utslippsreduksjonen. I S3 gjelder det halvparten og i S4 gjelder det kvartparten av forpliktelsen i ikke-ETS. Ellers er forutsetningene som i S2.

6.1.1. Resultater

I EU blir scenario S3 identisk med S1. Såpass stort kvotekjøp i ETS gjør at de to markedene smelter sammen og får den felles kvoteprisen på 450 kroner/tonn i 2030 – se tabell 1. Gassprisen faller også som i S1, med 10,3 prosent, mens oljeprisen er uendret fra R0 og S1 (se tabell 2).

I scenario S4 er ikke kvotekjøpet i ETS så stort, og det opprettholdes to separate markeder, ETS og ikke-ETS. S4 er en hybrid av S1 og S2, i og med at ikke-ETS-aktørene får lov å kjøpe en del, men ikke alt som ville vært lønnsomt, som ETS-kvoter. Dette gir en pris på utslippsrettigheter i ikke-ETS i 2030 på 1 000 kroner/tonn - se tabell 1. Dette er omtrent det halve av S2-prisen. ETS-kvoteprisen blir 400 kroner/tonn i 2030, se tabell 1. Effektene på gass- og oljeprisene blir som i S1 og S3.

For kraftmarkedet ser vi tydelig i figur 1 at S4 er en hybrid mellom S1 og S2. Både kraftpris og kraftproduksjon ligger omtrent midt mellom S1 og S2.

6.2. S3 og S4: MSG-TECH-beregninger for Norge

I S3 og S4 må Norge redusere sine utslipp i ikke-ETS med hhv. 20 prosent og 30 prosent, ikke 40 prosent som i S2. Resten kan tas ved å kjøpe kvoter i EU. I S3 er det bare ett kvotemarked. I S4 antar vi i simuleringene at kjøpet skjer som utslippsrettigheter fra EUs ikke-ETS-sektor til den marginale prisen, «kvoteprisen», i det markedet på 1 000 kr/tonn (se tabell 1). Den ligger høyere enn ETS-kvoteprisen. I avsnitt 6.2.2 drøfter vi de samfunnsøkonomiske kostnadseffektene av å kjøpe kvotene i ETS istedenfor.

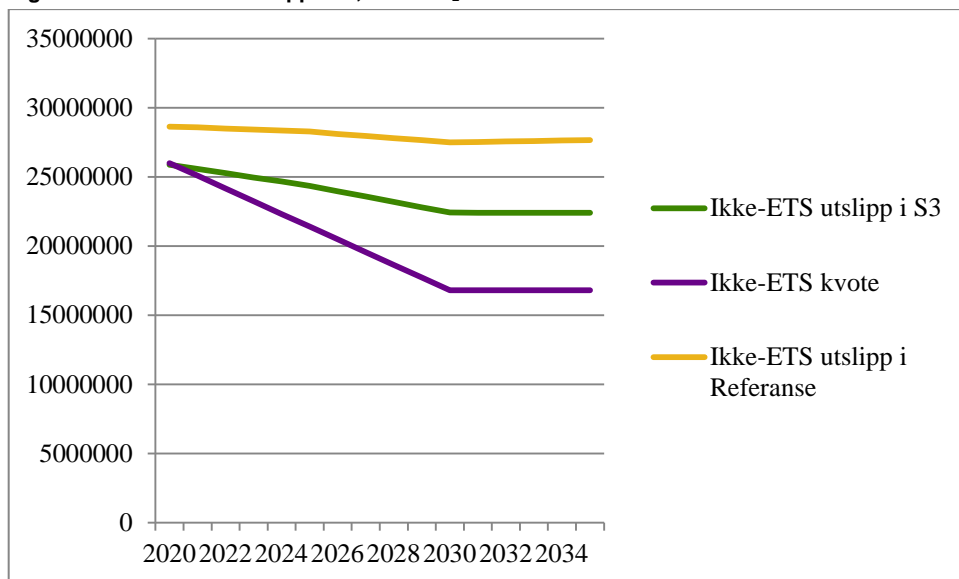
For å nå de gjenværende innenlandske kuttkravene i ikke-ETS, erstattes CO₂-avgiftene i ikke-ETS sektoren i referansebanen med en uniform avgift som sørger for kuttene på 20 og 30 prosent i de to mellomscenarioene. Petroleumsprisene fra tabell 2 implementeres.

6.2.1. Effekter på utslipp og kvotekjøp

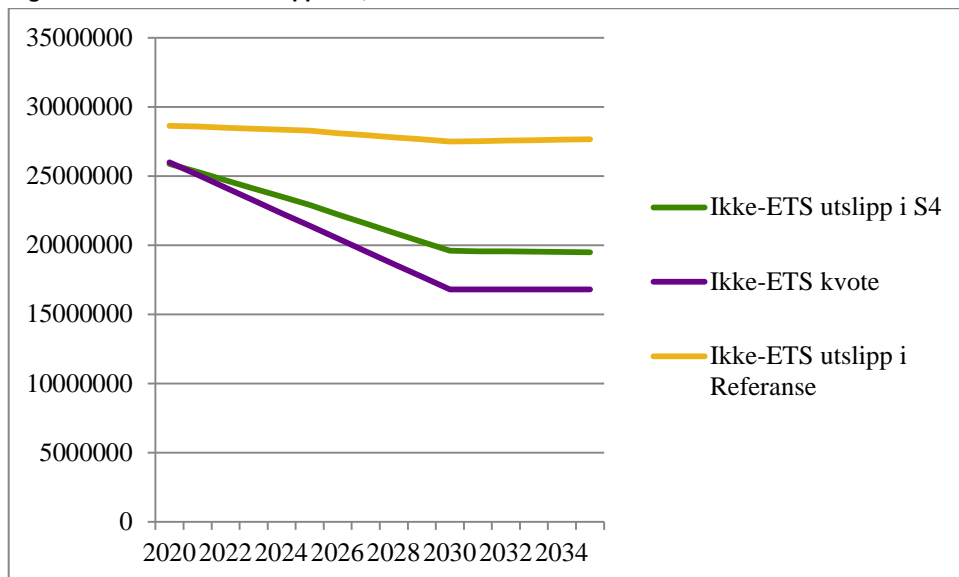
Den uniforme avgiften i ikke-ETS i 2030 blir på 1 800 kroner i tilfellet med krav om at halvparten av forpliktelsen kan tas i EU og 3 000 kroner om bare kvartparten tas i EU. De simulerte avgiftsbanene er illustrert i figur 8.

Reduksjonen i utslipp i ikke-ETS i 2030 fra R0 for å oppnå hhv. 20 prosent og 30 prosent i reduksjoner fra 2005-nivået er illustrert i figur 11 og figur 12 (sammenlign grønne med gule kurver). De resterende forpliktelsene oppfylles ved å importere kvoter til hhv. 450 og 1 000 kroner/tonn.

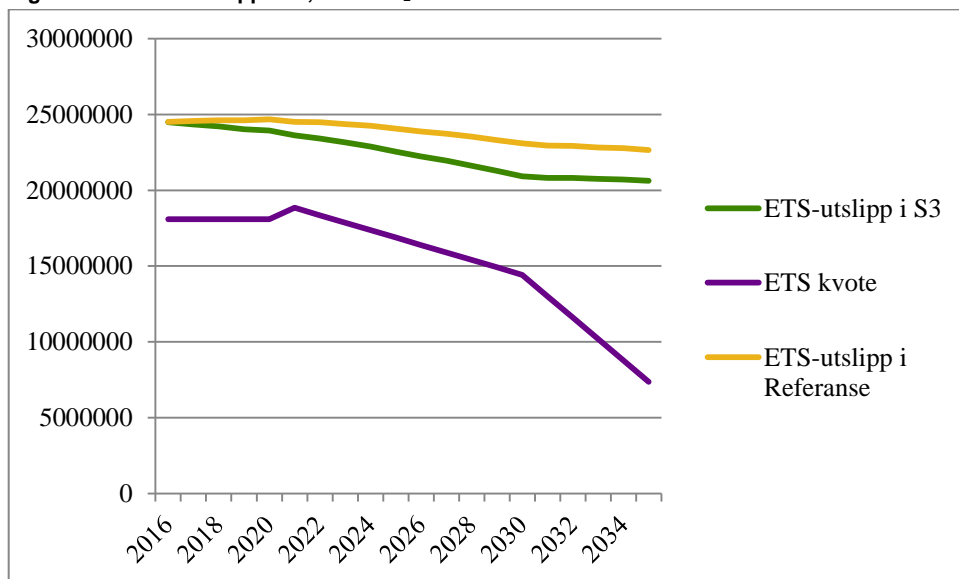
Figur 11. Ikke-ETS-utslipp i S3, tonn CO₂-ekv.



Figur 12. Ikke-ETS-utslipp i S4, tonn CO₂-ekv.

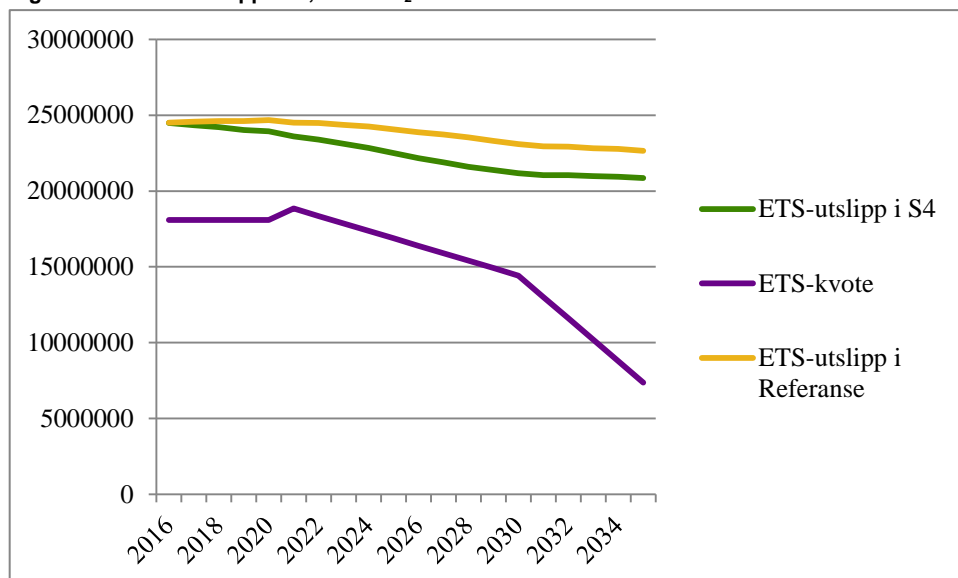


Figur 13. ETS-utslipp i S3, tonn CO₂-ekv.



I S3, der ETS-kvotepriisen er som i S1, blir utslippene i ETS-sektoren som forventet tilnærmet identisk med effektene som beskrives i scenario S1AA; sammenlign figur 7 og figur 13. Som framgår av figur 14, skjer det heller ikke mye med utslippene og kvotekjøpene i ETS-sektoren i S4 i forhold til i S1AA.

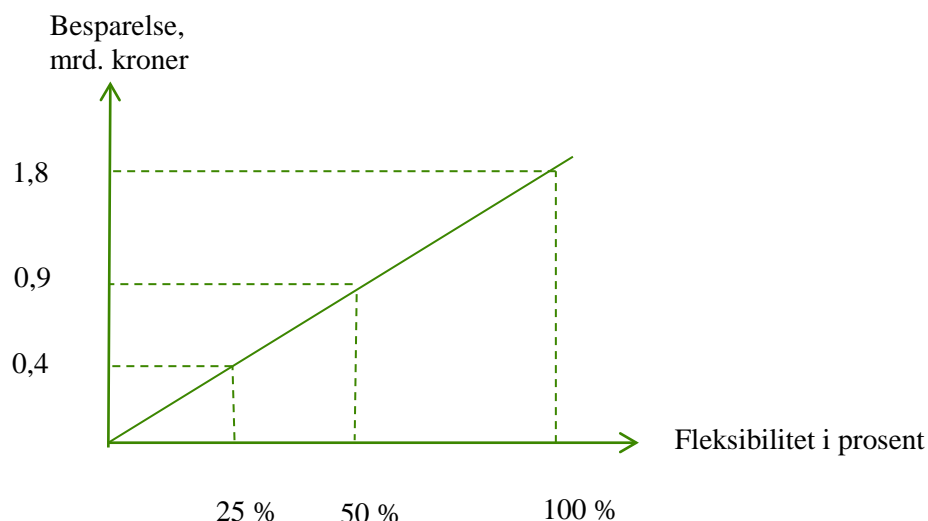
Figur 14. ETS-utslipp i S4, tonn CO₂-ekv.



6.2.2. Makroøkonomiske effekter

Forskjellen mellom de to mellomscenariene består i at S4 ligger noe nærmere S2 (med full gjennomføring i innenlandsk ikke-ETS-sektor). For S4 sett i forhold til S3 ligger ETS-kvotepriisen noe lavere og den innenlandske uniforme avgiften høyere. I prisen for å kjøpe utslippsrettigheter i EUs ikke-ETS-sektor er litt mer enn dobbel så høy, men volumet er halvert. Alt i alt blir utgiftene til kjøp av kvoter og utslippsrettigheter utenlands ikke veldig forskjellige mellom de to mellomscenariene, men lavere enn i S2. Avgiftsprovenyet blir lavere enn i S2, særlig i S3. Det offentlige finansieringsbehov blir dermed høyere enn i S2, og særlig gjelder det for S3. Effektene er ellers analoge til effektene som beskrives for scenario S2. Finansieringsbehovet veltes over i konsumet gjennom inntektsskatten. Vi ser av tabell 5 at velferdskostnaden i mellomscenariene som ventet blir liggende mellom S1AA og S2, og høyere i S4 enn i S3.

Forslaget som foreligger for EUs klimapolitikk inkluderer visse muligheter for å kansellere ETS-kvoter mot ikke-ETS-kvoter. Det betyr at utslippsmålet i ikke-ETS til en viss grad kan innfris ved kjøp av ETS-kvoter. En slik mulighet påvirker ikke beregningene i scenario S3, da kvoter omsettes til samme pris i ETS og ikke-ETS i dette scenarioet. I scenario S4 vil imidlertid kostnadene ved å innfri utslippsmålet reduseres når målet delvis kan innfris ved å kjøpe ETS-kvoter, fordi ETS-kvotene er rimeligere enn utslippsrettighetene i ikke-ETS. Denne kostnadsreduksjonen innebærer en tilsvarende økning i private konsummuligheter, da den offentlige budsjettbetingelsen opprettholdes ved å justere inntektsskatten. Velferdsgevinsten, eller den samfunnsøkonomiske kostnadsbesparelsen, forbundet med fleksibilitet mellom kvotemarkedene i scenario S4 illustreres i figur 15.

Figur 15. Kostnadsbesparelser ved fleksibilitet mellom kvotemarkedene i 2030, mrd. Kroner

Kostnadsbesparelsen ved fleksibilitet mellom ETS- og ikke-ETS-markedene måles på y-aksen. Kurven starter i origo, der hele kvotekjøpet for å nå det norske utslippsmålet i ikke-ETS dekkes ved å kjøpe rettigheter/kvoter i EUs ikke-ETS-sektor (ingen fleksibilitet mellom ETS og ikke-ETS). Graden av fleksibilitet måles på x-aksen. Ved 100 prosent fleksibilitet mellom de to markedene dekkes hele kvotekjøpet av ETS-kvoter, fordi prisen på dem er lavere. Kostnadsbesparelsen beregnes til 1,8 mrd. kroner ved å multiplisere forskjellen mellom ikke-ETS-prisen og ETS-prisen med antall ETS-kvoter som benyttes for å innfri utslippsmålet i ikke-ETS sektoren. Fleksibilitet som innebærer at halvparten av det mulige kvotekjøpet dekkes av ETS-kvoter, innebærer en besparelse på 0,9 mrd. kroner i 2030. Dekkes 25 prosent av kvotekjøpet av ETS-kvoter, blir den beregnede besparelsen 0,4 mrd. kroner.

7. En partiell følsomhetsberegning av noen alternative forutsetninger om tiltak i veitransport

I scenarioene med begrenset fleksibilitet vil teknologitiltak i veitransport utgjøre en stor andel av de hjemlige tiltakene – se tabell 4. Usikkerheten knyttet til antakelsene i denne sektoren er derfor særlig utslagsgivende. Vi gjør her partielle betraktninger av antakelsene som er gjort om tiltakskostnadene og om politikken som føres i referansebanen, to antakelser som er viktige for bidragene til velferds-kostnader for økonomien. Vi gjør ikke nye simuleringer, så samspillseffektene med resten av økonomien vil ikke fanges opp av disse beregningene. Vi drøfter konsekvensene for de totale velferds-kostnadene, men kan ikke kvantifisere dem utenom for noen spesialtilfeller.

Effekten av å doble den marginale renseskostnaden i veitransport er illustrert ved skiftet fra kurven med 'lave' til kurven med 'høye' marginale tiltakskostnader i figur 16. Dersom omfanget på innfasingen av klimavennlige kjøretøy er gitt, vil den totale renseskostnaden dobles (fra det blå til det blå+det grå området). I denne enkle, partielle illustrasjonen antas det at utslippskuttet gjennom teknologitiltak i veitransport i begge tilfellene er som i S2 – på 7,9 mill. tonn CO₂-ekv. (se tabell 4). Da vil den marginale renseskostnaden i lavkost-alternativet på 4 800 kroner/tonn (som i S2) gi en total renseskostnad fra teknologitiltakene på 19,2 mrd. kroner i 2030.¹⁰ I høykostalternativet beløper total-kostnaden seg til 38,4 mrd. kroner.

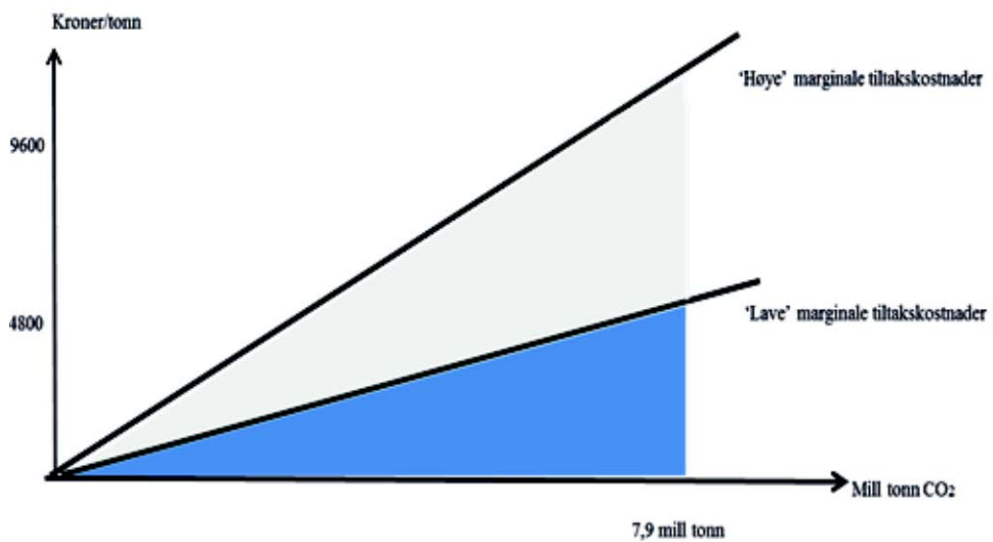
Når det gjelder velferds-kostnadene totalt for økonomien av å doble teknologitiltakskostnadene i veitransport, er ikke anslag like enkelt å gi på bakgrunn av slike partielle betraktninger. Økte tiltakskostnader i veitransportsektoren vil bety at det er mer kostnadseffektivt for samfunnet å ta mer av kuttene i andre sektorer i ikke-ETS. Vi har ikke simulert dette tilfellet med høyere kostnader, men den uniforme avgiften ville økt og omfanget av teknologitiltak i veitransport falt. Alternativt kunne vi fått en løsning som i figur 16 ved å bruke en dobbelt så høy avgiftssats/utslippspris i veitransport som i resten av ikke-ETS-sektoren. I det tilfellet ville politikken altså være differensiert mellom utslippskilder som følge av en ekstra skatte-kile i veitransport sammenlignet med den ellers uniforme utslippsprisen i resten av ikke-ETS. I dette tilfellet kan vi få et tilnærmet anslag på de totale samfunnsøkonomiske kostnadene ved å benytte den partielle betraktningen som en etterberegning til simuleringene av S2. Velferds-kostnaden i S2 med standard-antakelsene i modellen fant vi å være 44,5 mrd. kroner; se tabell 5. Disse inkluderer kostnadene gitt ved det blå feltet i figur 16, der marginal renseskostnad kommer opp i 4 800 kroner/tonn, som er den beregnede uniforme avgiften. Med dobbelt så høye marginale renseskostnader i veitransport og bruk av en ekstra skatte-kile/avgift må vi legge til verdien av det grå feltet. Velferdsanslaget kommer da opp i 63,7 mrd. kroner, eller en økning fra anslaget i hovedsimuleringene av S2 på 43 prosent. Økningen skyldes altså både at teknologiutviklingen og innfasingen av nye transportteknologier går saktere og at den særlige skatte-kilen gir en mindre kostnadseffektiv politikk enn i hovedscenarioene.

Figur 16 legger til grunn standardantakelsene for referansebanen beskrevet i avsnitt 3.2. En viktig, men usikker, antakelse der er at fordeler som i dag eksisterer for klimavennlige kjøretøy er faset ut innen 2030. Dette avhenger i følge erklært politikk av teknologiutviklingen, slik at disse to antakelsene henger nøye sammen. Om standardantakelsene i modellen om teknologiutviklingen reflekterer en tilstrekkelig progresjon til at fordelene blir faset ut er usikkert og avhenger av politiske tolkninger og beslutninger. I eksemplet med dobbelt så høye rens-

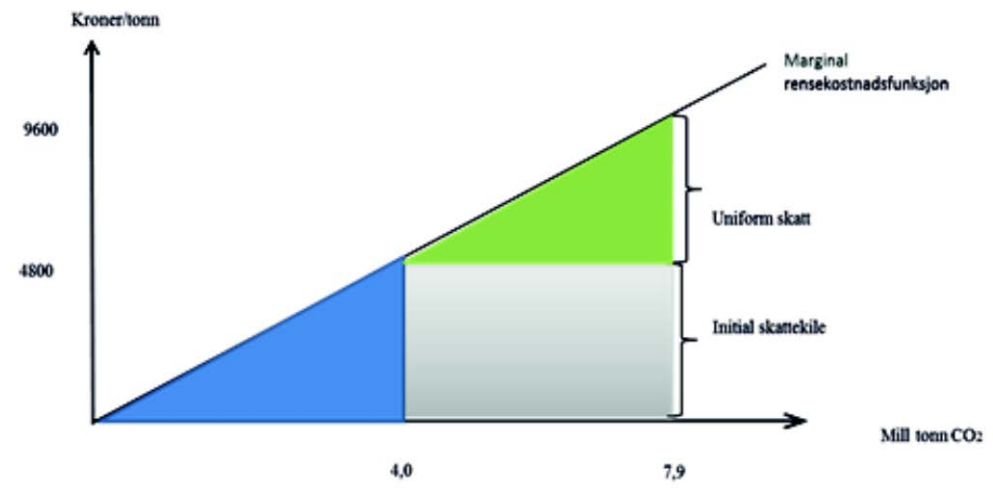
¹⁰ Dette tilsvarer det blå arealet under den 'lave' tiltakskostnadskurven, gitt ved lengden gange høyden av trekanten delt på 2.

kostnader i veitransport ville det være enda mindre sannsynlig at de ble faset ut. Slike fordeler vil representere en ekstra implisitt skattekilde allerede i referansebanen. Det er da rimelig å anta at noe av innfasingen av klimavennlige biler kommer allerede i referansebanen, slik at reduksjonsbehovet i ikke-ETS-sektoren fra R0 til S2 blir mindre.

Figur 16. Partiell betraktning: Doble teknologitiltakskostnader i veitransport



Figur 17. Partiell betraktning: Doble tiltakskostnader og initial skattekilde i referansebanen



Som forklart i avsnitt 2.3 er modellen for aggregert til å studere effekten av slike skattekiller mellom typer kjøretøy. Figur 17 gir en partiell betraktning av tilfellet. Der er den marginale rensekostnaden ved innfasing av 7,9 mill. tonn utslippskutt som i det høye kostnadsalternativet på 9 600 kroner/tonn. Hvis vi bruker den simulerte uniforme utslippsprisen i 2030 på 4 800 kroner/tonn fra S2, vil dette utløse bare halvparten av reduksjonsbehovet på 7,9 mill. tonn. Skal den høye marginale rensekostnadsfunksjonen gjelde, må resten av potensialet altså være utløst i referansebanen gjennom en allerede eksisterende, implisitt skattekilde på 4 800 kroner/tonn.¹¹ Velferdskostnaden knyttet til innfasingen av nye veitransportteknologier mellom R0 og S2 vil nå være summen av det grå og det grønne området i figur 17 som beløper seg til 28,8 mrd. kroner (mens det blå området er kostnader som kommer allerede i referansebanen). Det grønne triangelet illustrerer kostnadene ved innfasingen av klimavennlige kjøretøy mellom R0 og S2 gjennom

¹¹ Til sammenligning beregner Bjertnæs (2016) kompensasjonskravet *i dag* for å skifte til elbiler med dagens elbilteknologi og konkluderer med at det minst ligger på 5 000 kroner/tonn.

den uniforme avgiften på 4 800 kroner/CO₂-ekv. Det grå rektanlet stammer fra forutsetningen om at skattekilen allerede i referansebanen også er satt til 4 800 kroner/tonn.

Igjen kan vi vanskelig si noe om de samfunnsøkonomiske totalkostnadene av klimapolitikken i et slikt tilfelle ved hjelp av våre simuleringer og partielle beregninger. Et mindre kuttbehov mellom R0 og S2 vil påvirke tilpasningene ved alle utslippkildene, ikke komme bare i veitransport slik figur 17 antyder. Dersom alt per forutsetning kommer i veitransport, forblir utslippskuttene i resten av økonomien som før, og økonomiens totale velferdskostnad blir på 54,1 mrd. kroner, eller 22 prosent høyere enn i standardantakelsene i S2.

8. Konklusjon

Hovedformålet med denne analysen er å anslå effekter på utslipp, makroøkonomiske konsekvenser og samfunnsøkonomiske kostnader for Norge i 2030 av å få til en felles løsning med EU om klimapolitikken. Vi studerer fire ulike scenarier, der graden av fleksibilitet i gjennomføringen både mellom land og mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor varierer. De ulike regimene innføres simultant i EU og Norge, og endringer i EU i kvotepriser og energipriser har innflytelse på norsk økonomi. Vi har derfor benyttet både en modell for EU (LIBEMOD) og én for Norge (MSG-TECH). Det gir også anledning til å sammenligne forskjellene i utslippspriser og utslippskutt mellom EU og Norge.

I scenarioet *full fleksibilitet (S1)* skjer landenes gjennomføring ved at de billigste tiltakene i Europa iverksettes uavhengig av i hvilket land og i hvilken sektor (i eller utenfor ETS). I scenarioet *ingen fleksibilitet (S2)* må Norge gjennomføre utslippsforpliktelsen i den innenlandske ikke-ETS-sektoren. EU kan heller ikke benytte ETS-kvoter for å redusere utslippene utenfor ETS. Scenarioene S3 og S4 er eksempler på mellomløsninger med delvis fleksibilitet. I alle scenarioene er ETS fleksibelt, som i dag.

I S1 er den marginale kostnaden ved utslippskutt lik for alle utslippskilder i hele Europa, inkludert Norge. Vi beregner den til 450 kroner/tonn CO₂ i 2030. I S2 blir marginalkostnaden i EUs ikke-ETS-sektor på 2 000 kroner/tonn CO₂, mens den norske blir på 4 800 kroner/tonn. I mellomscenarioene blir forskjellene mindre, men selv med mulighet til å kjøpe utslippsrettigheter utenlands for om lag halvparten av forpliktelsene til Norge, vil prisforskjellen bli betydelig: 450 kroner/tonn CO₂ i EU mot 1 800 kroner/tonn i Norge. De forutsatte anslagene på teknologitiltakskostnader i veitransport vil være av stor betydning for de samfunnsøkonomiske kostnadene av norske tiltak utenfor ETS-sektoren, fordi det vil være kostnadseffektivt å ta en stor andel av kuttene gjennom slike tiltak.

Forskjellen mellom scenarioenes anslag på samfunnsøkonomiske kostnader for 2030 er i noe grad resultat av at kvoteprisen i ETS varierer mellom 300 og 450 kroner/tonn CO₂ mellom scenarioene. Videre faller gass- og oljeprisene noe ulikt avhengig av fleksibilitetsantakelsene i EU. De store utslagene er imidlertid knyttet til utslippsforpliktelsen i ikke-ETS. Jo større fleksibilitet, jo billigere vil gjennomføringen bli for Norge som for EU.

Referanser

- Al-Qahtani, A., Balistreri, E. og C. Dahl (2008), Literature on oil market modeling and OPEC's behavior, Colorado School of Mines.
- Armington, Paul S. (1969), A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. IMF Staff Papers 16(1), 159-178.
- Aune, F. R., Bøeng, A. C., Kverndokk, S., Lindholt, L. og K. E. Rosendahl (2015a), Fuel Efficiency Improvements - Feedback Mechanisms and Distributional Effects in the Oil Market, CESifo Working Paper No. 5478.
- Aune, F. R., Golombek, R., og H. Hallre (2015b), Phasing out Nuclear Power in Europe, CESifo Working Paper No. 5403.
- Aune, F., R. Golombek, S. A. C. Kittelsen og K. E. Rosendahl (2008), *Liberalizing European Energy Markets: An Economic Analysis*. Cheltenham, UK and Northampton, US: Edward Elgar Publishing.
- Bjertnæs G. H. M. (2016), Hva koster egentlig elbilpolitikken? *Samfunnsøkonomen* nr. 2, side 61-68.
- Bye, B. (2008), Macroeconomic modelling for energy and environmental analyses: Integrated economy-energy-environmental models as efficient tools, Documents 2008/14, Statistisk sentralbyrå.
- Econ (2008), *Virkemidler for andregenerasjons biodrivstoff*, Rapport 2008-127, Econ.
- European Commission (2014), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. COM(2014) 15 final. 22.1.2014.
- Fridstrøm, L. og V. Østli (2014), *Ressursøkonomisk regnskap for elektrifisering av bilparken*, TØI-rapport 1350/ 2014.
- Fæhn, T, C. Hagem, L. Lindholt, S. Mæland, og K.-E. Rosendahl (2017), Climate policies in a fossil fuel producing country, Demand versus supply side policies, kommer i *Energy Journal*, 38 (1), 77-102 – se også DP 747, Statistisk sentralbyrå.
- Fæhn, T. og E.T. Isaksen (2016), Diffusion of climate technologies in the presence of commitment problems, *Energy Journal* 37 (2), 155-180, <http://dx.doi.org/10.5547/01956574.37.2.tfae>
- Fæhn, T, E. T. Isaksen, K. Jacobsen og B. Strøm (2013), *MSG-TECH: Analysis and documentation of a general equilibrium model with endogenous climate technology adaptations*, Reports 47/2013, Statistics Norway
- Fæhn, T., Jacobsen K. og Strøm, B. (2010), *Samfunnsøkonomiske kostnader ved klimamål for 2020, En generell modelltilnærming*, Rapporter 22/2010, Statistisk Sentralbyrå.
- Global Commission on the Economy and Climate (2014). *Better Growth Better Climate - The New Climate Economy Report*. Washington DC, USA: New Climate Economy.
- Heide K.M., E. Holmøy, L. Lerskau og I.F. Solli (2004), *Macroeconomic Properties of the Norwegian Applied General Equilibrium Model MSG6*. Rapporter 2004/18, Statistisk sentralbyrå.

- Huntington, H., S. M. Al-Fattah, Z. Huang, M. Gucwa og A. Nouri (2013), *Oil Markets and Price Movements: A Survey of Models*, Energy Modeling Forum, Stanford University.
- IEA (2015), *World Energy Outlook 2015*, Paris: OECD/IEA.
- Klimakur 2020 (2010), *Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020*, TA 2590/2010, Klima- og forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oljedirektoratet, Statistisk sentralbyrå, Statens vegvesen.
- Meld. St. 1 (2014-2015), *Nasjonalbudsjettet 2015*, Finansdepartementet, 2014.
- Meld. St. 13 (2014-2015), *Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU*, Klima- og miljødepartementet, 2015.
- Miljødirektoratet (2015), *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030 – Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*, Rapport M 386.
- Sandmo, A. (1975), *Optimal Taxation in the Presence of Externalities*, *Swedish Journal of Economics* 77:86-98.
- Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K. L., og Klæboe, R (2014), *Marginale eksterne effekter av veitrafikk*, TØI-rapport 1307/2014.

Vedlegg A: LIBEMOD-modellen

LIBEMOD (LIBeralization MODel for the European Energy Markets) er en partiell, internasjonal energimarkedsmodell med hovedfokus på de europeiske kraft- og gassmarkedene utviklet i samarbeid mellom Frisch-senteret og SSB. Hovedmodellandene er EU-land i 2009 (27 land) pluss Norge, Sveits og Island (heretter benevnt EU-30).¹² For en grundig beskrivelse og dokumentasjon av modellen (versjon med år 2000 som basisår), se Aune mfl. (2008). Modellen er oppdatert til basisår 2009, se Aune mfl. (2015b). I tillegg til priser, etterspørsel, produksjon og handel med energivarer, er utslipp av CO₂ generert av etterspørsel og produksjon av energivarer modellert i LIBEMOD.

I modellen er det i tillegg til europeiske kraft- og gassmarkeder modellert (globale) markeder for kull, olje, biomasse og biobrensel. Globale gassmarkeder er også med i modellen. På globalt nivå er kraftsektorens etterspørsel etter fossile brenslere modellert, slik at det er en global sammenheng mellom priser, etterspørsel, produksjon og handel for alle energivarer (med unntak av elektrisitet hvor etterspørsel og handel for markedene utenfor Europa ikke er direkte modellert).

På etterspørselssiden er sektoroppdelingen: husholdninger, servicenæringer, industri og transport. For hver av disse sektorene i hvert hovedmodelland er etterspørselsstrukturen organisert i et nestede CES-trær (CES er en forkortelse for «Constant Elasticity of Substitution») i en rekke nivåer. Etterspørselsstrukturen kalibreres ut fra etterspørsels- og prisdata i basisåret slik at den antatte CES-strukturen blir konsistent. Dette innebærer at noen av inngangsparameterne mhp. etterspørsels- og inntektselastisiteter justeres.

Kraftsektoren i hvert land er oppdelt i en rekke teknologier som kullkraft, gasskraft, oljekraft, kjernekraft, vannkraft, vindkraft, solkraft, biomassekraft, mv. For kraftsektoren har vi i utgangspunktet ikke data for hvordan de ulike teknologiene har fordelt produksjonen til ulike underperioder av basisåret. Det gjennomføres en kalibrering som under antakelse om kostnadsminimering fordeler kraftproduksjonen til disse underperiodene. Dette brukes som startverdier når modellen kjøres for et framtidig år.

En underliggende forutsetning for LIBEMOD er at alle markeder liberaliseres (det vil si at eventuelle markedsimperfeksjoner som eksisterte i basisåret i virkeligheten fjernes når modellen løses). Av dette følger det at som hovedregel er alle markeder frikonkurransemarkeder. (Det finnes modellversjoner hvor strategisk markedsadferd studeres.) Det finnes også modellversjoner hvor aktørene i modellen står overfor usikkerhet, men i denne studien benyttes en modellversjon uten usikkerhet. Modellen løses for et valgt framtidig år (2030 i denne rapporten). I løsningspunktet har alle aktører tilpasset seg slik at eksisterende produksjons- og transportkapasiteter for alle energivarer er optimalt utnyttet og alle lønnsomme investeringer i produksjon og transport er gjennomført.

Utslippseffektene i LIBEMOD inkluderer bare CO₂. Både energiproduksjon og etterspørsel kan gi utslipp. Mens teknologirikdommen og tilhørende variasjon i energiråvarer og utslipp er stor på tilbudssiden, er det enklere modellering på energietterspørselssiden. Den kan justeres i henhold til konstante substitusjonselastisiteter. Det innebærer at energi kan substitueres mot andre innsatsfaktorer og også at ulike energiformer kan substituere hverandre, slik at utslipp for gitt energibruk endres. Utslippene fra etterspørselssiden er typisk mindre fleksible enn på tilbudssiden (men det vil avhenge av substitusjonselastisitetene). Begrensninger

¹² Norge inngår altså i resultatene for EU fra LIBEMOD. Siden Norge er lite i europeisk sammenheng, er det imidlertid ikke utslagsgivende om landet inkluderes eller ei.

i utslipp av klimagasser modelleres ved å sette en øvre grense på utslipp som gir en tilhørende pris for utslipp. Den legges til brukerprisene for aktører som blir regulert gjennom utslippspolitikken. Siden LIBEMOD er en partiell modell, vil ikke inntektsnivåer eller produksjonskalaer og priser i andre sektorer endres. Det bidrar til mindre fleksibel energibruk enn i generelle likevektsmodeller. I referansebanen er det tatt hensyn til at utslippsutviklingen vil være påvirket av teknologiendringer for eksempel i transportsektoren, og at inntektsvekst og sektorsammensetninger i resten av økonomien påvirker energi- og utslippsutviklingen. Slike eksogene forutsetninger er imidlertid holdt uendret mellom banene.

Råvareprisene på energi bestemmes i LIBEMOD. Oljeprisen er i LIBEMOD er forholdsvis uelastisk. Det er stor variasjon i estimerte elastisiteter i litteraturen. (Se bl.a. Fæhn mfl., 2017, Al-Qahtani mfl., 2008 og Huntington mfl., 2013 for litteraturoversikter.) Elastisiteten i LIBEMOD er i samme leie som i World Energy Outlook for 2015; se IEA (2015). IEAs tall gir om lag en endring i oljepris på 2 prosent ved en endring av kvantum på 1 prosent. Til sammenligning har oljemarkedsmodellen PETRO II, som antar framoverskuende oljeprodusenter både når det gjelder kartellaktøren som er OPEC-kjernen og fløyprodusentene, en noe lavere respons. Ved bruk av denne modellen finneri Aune mfl. (2015a) en prisendring på om lag 1,5 prosent ved en kvantumsendring på 1 prosent.

Vedlegg B: MSG-TECH-modellen

Modellen MSG-TECH av norsk økonomi er utviklet av Statistisk sentralbyrå. Den er en versjon av den generelle likevektsmodellen MSG-6, nærmere omtalt i blant annet Heide mfl. (2004) og Bye (2008). Modellen er særlig tilpasset studier av energi, utslipp og klimapolitikk. Den er empirisk forankret i data fra nasjonalregnskap og utslippsregnskap, mens atferdsbetingelser er basert på empiriske studier. Modellen gir en detaljert beskrivelse av energibruk og andre økonomiske aktiviteter som forårsaker utslipp, samt hvilke forhold og valg hos aktørene som påvirker disse aktivitetene.

Modeller av denne typen kalibreres og estimeres altså på grunnlag av faktiske og historiske egenskaper ved økonomiene de skal gjenspeile. Ulempen ved å fundamentere modellen empirisk er at den får dårlig fram hvordan de teknologiske betingelsene og mulighetene vil være i framtiden. Selv om det alltid er usikkerhet knyttet til framskrivninger, vet vi mer om framtidens teknologier enn det som reflekteres av egenskapene ved dagens teknologier. Dette har vi tatt konsekvensen av i MSG-TECH. Basert på data fra Klimakur 2020 (2010) har vi modellert at husholdninger, bedrifter og offentlige virksomheter kan velge å investere i helt nye klimateknologier dersom dette framstår som lønnsomt, og i særdeleshet mer lønnsomt enn å oppnå tilsvarende utslippskutt gjennom faktorsubstitusjon, redusert produksjon og forbruk eller ev. kvotekjøp om det er tilgjengelig. Modulen for klimateknologiinvesteringer er dokumentert i Fæhn mfl. (2013) og Fæhn og Isaksen (2016).

Det er imidlertid gjort to endringer fra den opprinnelige MSG-TECH-versjonen i denne analysen. For det første er den estimerte renskostnadsfunksjonen knyttet til transportteknologier tatt ut og erstattet med en forenklet, lineær funksjon. Dette er gjort fordi modellen ikke kunne løses for høye utslippspriser i områder langt utenfor dataområdet. Usikkerheten vil være svært stor ved slike ekstrapoleringer. Tolkningen av den opprinnelige modellen er at såpass høye utslippskrav ikke er oppnåelig. Den er imidlertid basert på utdaterte data, og vi har funnet grunn til å representere renskostnadsfunksjonen for veitranportteknologier med en enklere, lineær modell med mer moderat stigning for høye utslippskrav; se avsnitt B.2 nedenfor. For det andre er tiltakskostnadene de private aktørene må ta når de velger dyrere, klimavennlige transportteknologier tatt ut av modellen. Disse kostnadene er betydelige og er derfor tatt hensyn til i etterberegninger – se avsnitt 2.3.

B.1 Konsum og produksjon

Konsumentene er representert ved én gjennomsnittlig konsument, hvis velferd i hver periode avhenger av konsumet av fritid, som er eksogent gitt, og av 26 ulike konsumgoder. Den representative konsumenten bestemmer sitt konsum av de ulike godene slik at nytten i hver periode maksimeres. Energivarene transportdrivstoff, fyringsoljer og elektrisitet er spesifisert, og ulike forurensende og miljøvennlige transportformer kan erstatte egen bilbruk til kort og lang landtransport. Elektrisitet benyttes til maskiner og apparater eller til oppvarming, med ulike substitusjonsmuligheter. Figur B1 viser hvordan konsumsystemet er strukturert. I tillegg til å tilpasse konsumsammensetningen og -nivået, kan husholdningene velge å investere i helt nye former for transportutstyr; avsnitt B.2 beskriver utslippseffektene og avsnitt 2.3 kostnadsvirkningene av slike investeringer. Husholdningene kan låne og spare i de internasjonale finansmarkedene, hvor de antas å stå overfor en gitt rente.

Produksjonssiden av modellen spesifiserer rundt 40 næringer og 60 produkter som er klassifisert med tanke på å få fram forskjeller i utslipp og substitusjonsmuligheter som påvirker utslippene. Hver bedrift produserer egne produktvarianter. Disse er ulike, slik at bedriftene oppnår en viss markedsrett i sine nisjer innenlands. Dette er en form for markedsrett i hjemmemarkedene. Bedriftene

maksimerer nåverdien av kontantstrømmen når de fastsetter produksjonsnivået og sammensetningen av innsatsfaktorer, som inkluderer ulike kapitalarter, varer og tjenester, energivarer, deriblant fossile brensler, samt én type arbeidskraft. Se figur B2 for en oversikt over produksjonsfaktorene og de direkte substitusjonsmuligheter mellom dem (parvis innad i aggregater). Økes produksjonen, øker også kostnadene per produsert enhet (fallende skalautbytte).

Ved virkemiddelbruk vil bedriftene endre sammensetningen av innsatsfaktorene og skalaen på produksjonen i følge lønnsomhetsbetraktninger. Bedriftene kan også velge å investere i mer klimavennlige teknologiløsninger (se avsnitt B.2 og 2.3). Norske bedrifter konkurrerer med utenlandske leverandører, både på hjemmemarkedene og utenlands. Prisene de konkurrerer mot er gitt på verdensmarkedene. For de fleste goder er det rom for ulik prisutvikling på norskproduserte og utenlandske varer i hjemmemarkedet (Armington-hypotesen; se Armington, 1969). Det er også rom for at hjemmemarkedsprisene utvikler seg annerledes enn eksportprisene, modellert ved at det koster noe for bedriftene å vri seg mellom hjemme- og eksportmarkedene.

Produksjon av elektrisitet er eksogent gitt, der vannkraft per forutsetning fortsatt utgjør det meste av produksjonen i 2030. Det forutsettes videre ingen endring i handelen med elektrisitet over landegrensen mellom referansebanen og skiftscenariene. Denne forutsetningen innebærer at det ikke er mulig å gjennomføre utslippsreducerende tiltak i Norge som baserer seg på import av elektrisitet fra utlandet som produseres med store utslipp. Det innebærer også at kraftmarkedsprisen bestemmes av nasjonale forhold.

B.2. Utslipp og virkemidler

Modellens produksjons- og forbruksaktiviteter er tilknyttet koeffisienter for utslipp til luft, slik de følger av utslippsregnskapet til Statistisk sentralbyrå. De utslippsgenererende aktivitetene inkluderer vareinnsats, energiinnsats, konsumaktiviteter, prosesser og avfallsdeponier. Alle de seks gassene som inngår i Kyotoavtalen er inkludert i modellen: CO₂ (karbondioksid), CH₄ (metan), N₂O (lystgass) og fluorforbindelsene SF₆, KFK og HFK. Utslippene måles i CO₂-ekv., dvs. deres CO₂-ekvivalente oppvarmingspotensial.

Det er en forholdsvis rik beskrivelse av myndighetenes økonomiske virkemidler, der det er skilt mellom ETS- og ikke-ETS-sektoren. ETS-sektoren omfatter prosessutslipp, implementert som de produksjonsavhengige utslippene og stasjonære forbrenningsutslipp, implementert som vareinnsatsavhengige utslipp, i følgende modellsektorer (sektornummer i kursiv - se tabell B1): Olje og gass - *s66*, kjemiske og mineralske produkter -*s27* (sement og annet), treforedling -*s34*, kjemiske råvarer -*s37* (gjødsel), metaller -*s43*, raffineri -*s40*. Gasskraftproduksjon -*s702* er også omfattet.¹³ Ikke-ETS-sektoren omfatter det resterende innenlandske utslippet i Norge.

Beskrivelsen av klimavirkemidler inkluderer differensierte og uniforme CO₂-avgifter, nasjonale og internasjonale kvotesystemer, samt gratiskvoter, subsidier og kompensasjonsordninger for bedrifter. I mange tilfeller er imidlertid aggregeringsnivået til forbruks- og produksjonsaktivitetene i modellen såpass høyt at detaljerte regler og målrettede virkemidler blir representert som gjennomsnitt. Da får vi ikke på noen god måte fram virkningene. Et eksempel er tiltak rettet inn mot elbiler. Investeringer og bruk av elbiler er ikke modellert som egen aktivitet. Dermed er kilene som eksisterer for aggregert representert og får ikke fram forskjellsbehandlingen mellom kjøretøy. Det er forutsatt at endringer i virkemiddelbruk ikke

¹³ Utslipp fra luftfart er ikke inkludert i kvotesektoren. Vi får ikke på noen god måte modellert kvotemarkedet for luftfart fra 2012. Hovedgrunnen er at luftfart i modellen ikke er splittet opp i innenlands, europeisk og annen internasjonal luftfart.

skal endre offentlig budsjettbalanse. I den benyttede modellversjonen sikres dette ved å justere den generelle inntektsskatten.

Ved at realistiske utslippsreduksjonsmuligheter gjennom teknologiinvesteringer er lagt inn i MSG-TECH, utvides mulighetsområdet for aktørene. I sin optimalisering sammenligner aktørene tre alternative marginalkostnader: Kostnadene ved å betale for å slippe ut (en ekstra enhet), kostnadene ved samme reduksjon gjennom teknologiinvesteringer og kostnadene ved å redusere gjennom andre tilpasninger. Vi antar at teknologiinvesteringer kan tilpasses på marginalen. Dette tilsvarer antakelsene som gjelder for alle andre typer investeringer i modellen.

Slike teknologitiltak er modellert for følgende industrisektorer (se tabell B1): Olje- og gassproduksjon (s66), kjemiske og mineralske produkter (s27), treforedling (s 34), kjemiske råvarer (s37) og metaller (s43). Den benyttede modulen er dokumentert i Fæhn og Isaksen (2016).¹⁴ Den består for det første av marginale rensekostnadsfunksjoner bedriftene står overfor som bestemmer deres utslippsreduksjoner som funksjon av alternativkostnaden (utslippsprisen). Videre har den relasjoner som sørger for at investerings- og driftskostnadene, og i prinsippet også alle andre former for kostnader bedriftene opplever knyttet til tiltakene, får konsekvenser for aktørens profitt eller realinntekter og derigjennom slår ut i de samfunnsøkonomiske kostnadene – se avsnitt 2.3.

Tilsvarende teknologitiltak er også modellert for veitransportaktivitetene som foregår både fra forbrukernes og de private og offentlige bedriftenes side. Imidlertid avviker modelleringen her fra tidligere anvendelser av MSG-TECH. Det viktigste er at kostnadene de private aktørene opplever at de må ta når de velger dyrere, klimavennlige transportteknologier er tatt ut av modellen. Disse beregnes istedenfor i etterberegninger (se avsnitt 2.3). Videre er den estimerte marginale rensekostnadsfunksjonen knyttet til veitransportteknologier tatt ut og erstattet med en forenklet, lineær funksjon.

Bakgrunnen for at den marginale rensekostnadsfunksjonen er linearisert er at modellen fikk problemer med å løse med opprinnelig rensekostnadsfunksjon, som var konveks for rensepotensialer langt utenfor datamaterialet. Dessuten var dataene i Fæhn og Isaksen (2016) relativt gamle og samlet inn for Klimakur-beregningene for 2020 (se Klimakur 2020, 2010). Nedenfor sammenlikner vi derfor den lineære marginale rensekostnadsfunksjonen for veitransport med den fra Klimakur-beregningene og fra senere anslag fra Miljødirektoratet (2015). Hovedkonklusjonen er at alle de tre representasjonene er rimelig sammenfallende.

Miljødirektoratet (2015) har gjort en nylig evaluering av en rekke tiltak for å oppfylle utslippsmålet i 2030. Anslagene for veitransport baserer seg i stor grad på analysene i Fridstrøm og Østli (2014) og Global Commission on the Economy and Climate (2014). De fleste transportteknologitiltak anslås å falle i kostnads-kategoriene «under 500 kroner/tonn» eller «mellom 500 og 1 500 kroner/tonn» CO₂-ekv. og å være lite til middels krevende å gjennomføre. De aller dyreste og mest krevende tiltakene i Miljødirektoratet (2015) er det ikke offentliggjort kostnadsanslag for; de er oppgitt å koste over 1500 kroner/tonn uten nærmere spesifisering. En stor del av disse må antakeligvis også til om 2030-målet skal nås (Fæhn, 2016).

¹⁴ Rensemодulen i Fæhn og Isaksen (2016) er estimert på samme grunnlag som i modellen benyttet i Klimakur 2020 (2010) og Fæhn mfl. (2010). De tidligere rensefunksjonene med rensing på Y-aksen og marginalkostnader på X-aksen er imidlertid erstattet med marginale rensekostnadsfunksjoner ved å bytte plass på X- og Y-verdiene. Dette har også konsekvenser for de ekstrapolerte områdene.

Vi vurderer disse anslagene grovt sett å ligge på nivå med beregningene fra Klimakur 2020 (2010), hvor de billigste tiltakene stort sett dreide seg om energieffektivisering av motorer og kjøremønstre. Bytte til lavutslippsbiler som elbiler ble anslått til 870-1180 kroner/tonn CO₂-ekv. De dyreste tiltakene fra Klimakurberegningene som ble lagt i MSG-TECH hadde kostnader opp mot 2 700 kroner/tonn CO₂-ekv. (Fæhn mfl., 2010 og Fæhn og Isaksen, 2016). Alle tiltakene over 1 500 kroner/tonn CO₂-ekv. dreide seg om innblanding av biodrivstoff; det dyreste gjaldt høy innblanding av andregenerasjons biodiesel.

Den lineære funksjonen benyttet i denne analysen er konstruert ved å anta at det vil koste om lag 6 000 kr/tonn redusert CO₂ når reduksjonen i utslipp skal være på 10 mill. tonn i 2030. Til grunn ligger Fridstrøm og Østli (2014), som beregner ressurskostnaden/tonn reduksjon i CO₂ forbundet med å fase inn el- og hybridbiler. Den lineære funksjonen er også forenlig med anslagene for kostnadene ved innblanding av biodrivstoff som ligger til grunn i Fæhn og Isaksen (2016) for 2020, samt med anslagene i ECON (2008) for biodrivstoff for 2030. I begge disse ligger marginalkostnadene for dette tiltaket på rundt 2 000 kroner/tonn CO₂. Konklusjonen er at den lineære marginale rensekostnadsfunksjonen som er lagt inn i modellen for denne studien, grovt sett er på linje med det en ville fått om den marginale rensekostnadskurven fra Fæhn og Isaksen (2016) var linearisert og strukket fram til en reduksjon på 10 mill. tonn redusert CO₂-ekv. Men til forskjell fra kvantifiseringen i Fæhn og Isaksen (2016), er den ikke bygget opp slik at eksplisitte enkelttiltak kan identifiseres.

Tabell B1. Produksjonsaktiviteter i MSG-TECH

MSG-6 Kode

Privat næringsvirksomhet

11 Jordbruk
12 Skogbruk
13 Fiske og fangst
14 Oppdrett av fisk
16 Andre næringsmidler
17 Nytelsesmidler
21 Foredling av fiskeprodukter
22 Foredling av kjøtt og meieriprodukter
18 Produksjon av tekstil og bekledningsvarer
26 Produksjon av trevarer
27 Kjemiske og mineralske produkter
28 Grafisk produksjon
34 Produksjon av treforedlingsprodukter
37 Produksjon av kjemiske råvarer
44 Dieselolje
42 Andre oljeprodukter med videre
41 Bensin
43 Produksjon av metaller
46 Verkstedprodukter med videre
47 Leiearbeid og reparasjoner
48 Produksjon av skip med videre
49 Produksjon av oljeplattformer med videre
70 Produksjon av elektrisitet
99 Andre varer
74 Overføring og distribusjon av kraft
99 Andre varer
55 Bygge- og anleggsvirksomhet
81 Varehandel
65 Utenriks sjøfart
39 Andre petroleumsprodukter
66 Råolje med videre
67 Naturgass
69 Rørtransport
99 Andre varer
68 Tjenester tilknyttet olje og gassutvinning
75 Landtransport med videre
76 Lufttransport med videre
77 Jernbanetransport og sporveier
78 Innenriks sjøfart
79 Post og telekommunikasjon
6363 Bank- og forsikringstjenester med videre
6389 Frie banktjenester
83 Boligtjenester
8585 Øvrig privat tjenesteproduksjon
8586 Private helsetjenester med videre

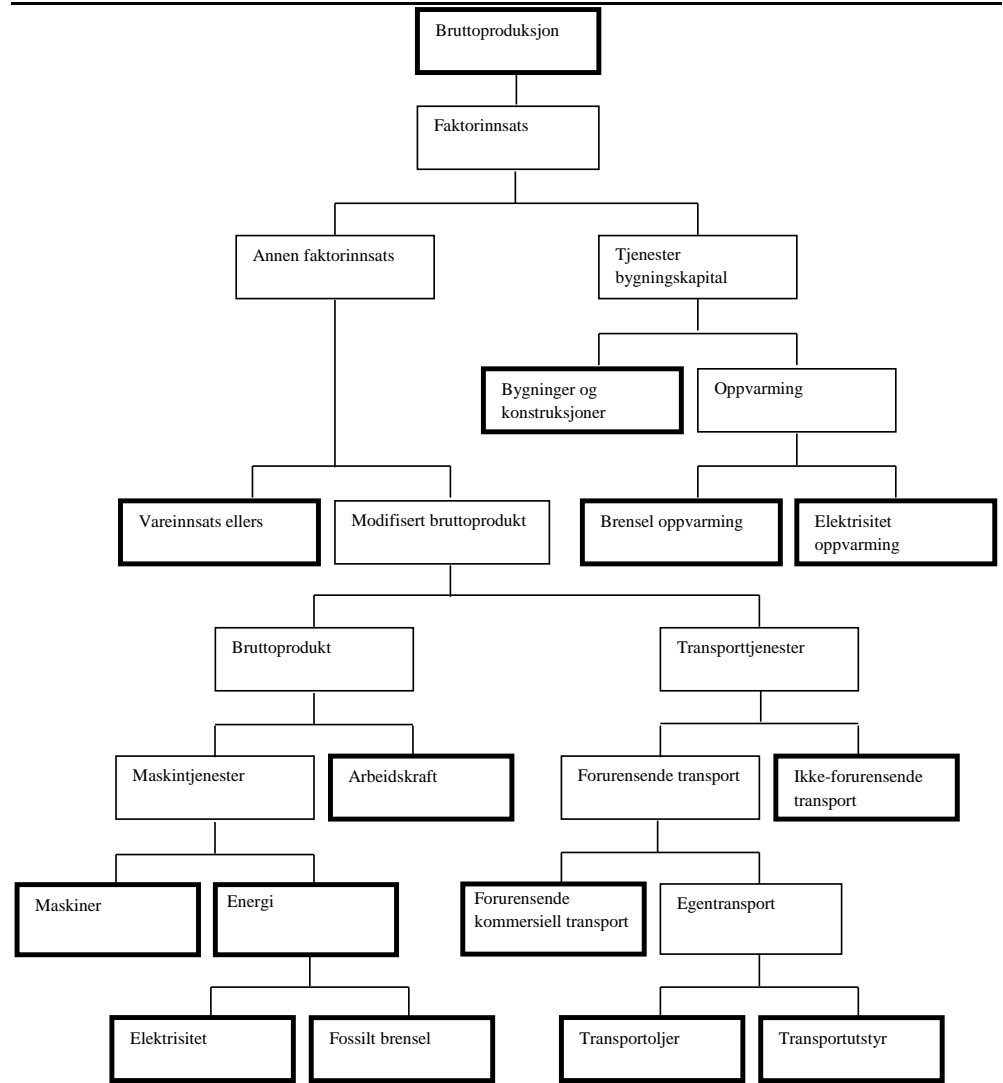
Statlig tjenesteproduksjon

92S Forsvar
93S Statlig undervisning og forskning
94S Helsetjenester med videre, stat
95SA Tjenesteproduksjon ellers
95SB Anleggsvirksomhet, stat

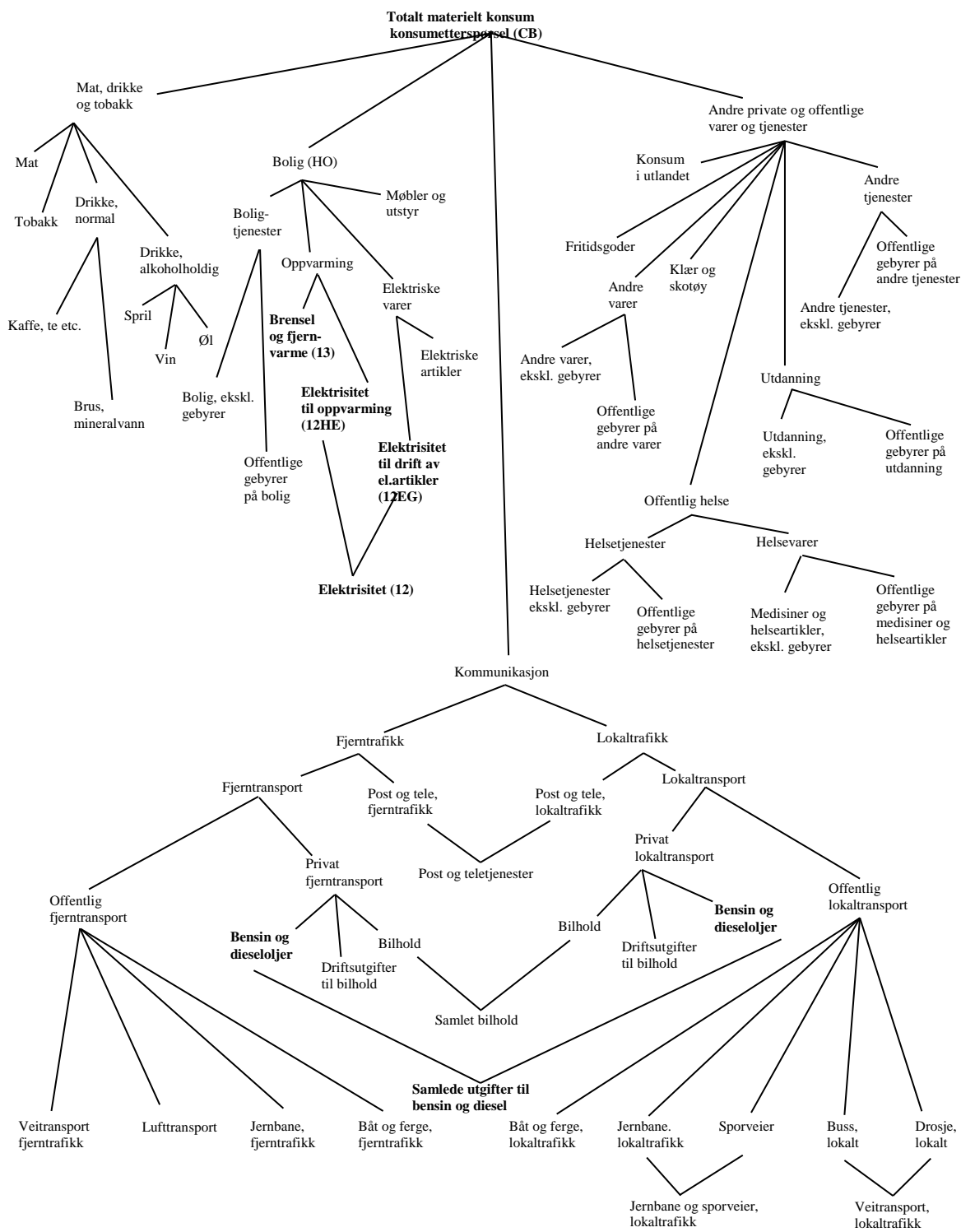
Kommunal tjenesteproduksjon

93K Kommunal undervisning og forskning
94K Helsetjenester med videre, kommuner
95KA Tjenesteproduksjon ellers
95KB Anleggsvirksomhet, kommuner
96K Vannforsyning

Figur B1. Innsatsfaktorer i produksjonen



Figur B.2. Konsumstrukturen i MSG-TECH



Figurregister

Figur 1.	Kraftproduksjon i EU, TWh	16
Figur 2.	Utslippstak og innenlandske utslipp i ETS og ikke-ETS, tonn CO ₂ -ekv.	16
Figur 3.	Kvotepriser i ETS, kroner/tonn CO ₂ -ekv.	17
Figur 4.	Kvotepriser i ikke-ETS, kroner/tonn CO ₂ -ekvivalenter	17
Figur 5.	Sektorvise utslipp av CO ₂ (mill. tonn) i EU i 2030	19
Figur 6.	Ikke-ETS utslipp i S1AA, tonn CO ₂ -ekv.	21
Figur 7.	ETS-utslipp i S1AA, tonn CO ₂ -ekv.	22
Figur 8.	Uniform CO ₂ -avgift for ikke-ETS i Norge, kroner/tonn CO ₂ -ekv.	25
Figur 9.	ETS-utslipp i S2, tonn CO ₂ -ekvivalenter	25
Figur 10.	Ikke-ETS-utslipp i S2, tonn CO ₂ -ekv.	26
Figur 11.	Ikke-ETS-utslipp i S3, tonn CO ₂ -ekv.	29
Figur 12.	Ikke-ETS-utslipp i S4, tonn CO ₂ - ekv.	29
Figur 13.	ETS-utslipp i S3, tonn CO ₂ - ekv.	29
Figur 14.	ETS-utslipp i S4, tonn CO ₂ - ekv.	30
Figur 15.	Kostnadsbesparelser ved fleksibilitet mellom kvotemarkedene i 2030, mrd. kroner.....	31
Figur 16.	Partiell betraktning: Doble teknologitiltakskostnader i veitransport	33
Figur 17.	Partiell betraktning: Doble tiltakskostnader og initial skattekle i referansebanen.....	33
Figur B.1	Innsatsfaktorer i produksjonen.....	45
Figur B.2.	Konsumstrukturen i MSG-TECH.....	46

Tabellregister

Tabell 1.	Markedsprisene i 2030 for utslippsrettigheter i EU-ETS og EUs ikke-ETS-sektor, kr/t CO ₂	15
Tabell 2.	Endringer i energipriser fra R0, 2030	19
Tabell 3.	Antakelser om avgifter i ikke-ETS i scenarioene	20
Tabell 4.	Norske utslipp 2030, mill. tonn CO ₂ -ekv. Nivå R0 og endring fra R0 til skiftscenarioene	21
Tabell 5.	Endring fra R0 i sentrale makroøkonomiske størrelser (faste priser) og priser, 2030	22
Tabell B1.	Produksjonsaktiviteter i MSG-TECH	44

Statistisk sentralbyrå

Postadresse:
Postboks 8131 Dep
NO-0033 Oslo

Besøksadresse:
Akersveien 26, Oslo
Oterveien 23, Kongsvinger

E-post: ssb@ssb.no
Internett: www.ssb.no
Telefon: 62 88 50 00

ISBN 978-82-537-9376-4 (trykt)
ISBN 978-82-537-9377-1 (elektronisk)
ISSN 0806-2056

ISBN 978-82-537-9376-4



9 788253 793764



Statistisk sentralbyrå
Statistics Norway