

*Taran Fæhn, Karl Jacobsen og Birger Strøm*

**Samfunnsøkonomiske kostnader ved klimamål  
for 2020**

En generell modelltilnærming

---

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

© Statistisk sentralbyrå, april 2010]	<b>Standardtegn i tabeller</b>	<b>Symbol</b>
Ved bruk av materiale fra denne publikasjonen skal Statistisk sentralbyrå oppgis som kilde.	Tall kan ikke forekomme	.
	Oppgave mangler	..
	Oppgave mangler foreløpig	...
	Tall kan ikke offentliggjøres	:
	Null	-
ISBN 978-82-537-7831-0 Trykt versjon	Mindre enn 0,5 av den brukte enheten	0
ISBN 978-82-537-7832-7 Elektronisk versjon	Mindre enn 0,05 av den brukte enheten	0,0
ISSN 0806-2056	Foreløpig tall	*
Emne: 09.90 / 01.06	Brudd i den loddrette serien	—
Trykk: Statistisk sentralbyrå	Brudd i den vannrette serien	
	Desimaltegn	,

## Forord

Denne rapporten redegjør for makroøkonomiske modellberegninger Statistisk sentralbyrå har utført for etatsgruppen Klimakur 2020. Klimakur 2020 ble blant annet bedt om å utrede kostnader, tiltak og virkemidler knyttet til å nå innenlandske utslippsreduksjoner på 15-17 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Målsettingen er operasjonalisert på grunnlag av Regjeringens klimamelding (St.meld. 34, 2006-2007) og Stortingets klimaforlik av januar 2008. Hensikten med modellberegningene fra Statistisk sentralbyrå har vært å bidra til denne utredningen.

Klimakur 2020 leverte sin hovedrapport til Regjeringen ved Miljøvern-departementet 18. februar 2010. Arbeidet vil være grunnlag for Regjeringens vurdering av klimapolitikken, som skal legges fram for Stortinget i 2011.

Vi vil spesielt takke Brita Bye for viktige innspill under arbeidet. Øystein Olsen, Torstein Bye, Knut Einar Rosendahl og Torbjørn Hægeland har kommentert tidligere utkast til rapporten. Vi har også hatt nyttige diskusjoner med medlemmene i kjernegruppen i Klimakur 2020.



## Sammendrag

Målet spesifisert i mandatet krever en utslippsreduksjon på minst 12 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter utenom skog. Ifølge beregninger på den makroøkonomiske modellen MSG-TECH kan dette nås ved en felles utslippspris for alle klimautslippskilder på vel 1500 kroner per tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020 (målt i 2004-kroner). Den samfunnsøkonomiske årlige kostnaden er beregnet til 5 mrd kroner. I tillegg til det nasjonale målet er det tatt hensyn til at Norge har internasjonale forpliktelser i EUs kvotemarked og Kyoto-avtalen, samt myndighetenes mål om globale bidrag, slik de er innrapportert til FN i kjølvannet av klimaforhandlingene i København i desember 2009.

Bedrifter med kvoteplikt innenfor EU-ETS (EU-ETS-sektoren) reduserer med til sammen 8,2 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020, i følge beregningene. Kildene uten kvoteplikt i EU-ETS (restsektoren), som blant annet inkluderer all transportvirksomhet, reduserer utslippene totalt med 3,8 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Tilpasningen til klimavirkemidler kan skje ved å trappe ned utslippsintensiv produksjon, vareinnsats og forbruk, eller aktørene kan velge å investere i nye, klimavennlige teknologiske løsninger. Slike teknologitiltak er modellert for prosessindustri, petroleum og veitransport. Utslippsreduksjonene som oppnås i makroanalysen fordeler seg omtrent likt mellom teknologitiltak og andre tilpasninger.

Det er også gjort en analyse av å oppnå det innenlandske utslippsmålet når EU-ETS-sektoren skjermes for virkemidler utover kvoteprisen i EU-ETS-markedet. Da reduseres utslippene i kvotepliktig sektor med om lag 3 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020. De øvrige 9 millioner tonn må tas i øvrige sektorer. Teknologitiltak i veitransport står for 6 millioner tonn av disse. Den nødvendige utslippsprisen overfor restsektoren i dette alternativet beregnes til vel 3400 kroner/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020, og de samfunnsøkonomiske kostnadene dobles, til rundt 10 milliarder kroner årlig.

En egen studie der vi ikke setter innenlandske mål, men hvor de internasjonale forpliktelsene og globale målene fortsatt gjelder, viser at 3 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter reduseres innenlands innen 2020 på grunn av EU-ETS-kvotepreisen. De globale bidragsmålene er de samme som når innenlandske mål settes, men de nås til under en tredel av kostnadene. Dette resultatet er særlig følsomt for hva de fremtidige internasjonale kvoteprisene blir og hvor godt de internasjonale kvotemarkedene fungerer.

## Abstract

According to macro economic analyses performed with the model MSG-TECH, the national target for emissions reduction of 12 million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalents can be achieved with a uniform emission price of about NOK 1,500 per tonne of CO<sub>2</sub> equivalents by 2020. The economy-wide annual cost of achieving the national emissions target in this way is estimated at about NOK 5 billion. In addition to the national target, we have taken into account that Norway has international obligations in the EU's quota market and the Kyoto Protocol, as well as targets for global contributions in accordance with the climate agreement.

Firms in the quota regulated sector (the EU-ETS sector) cut their emissions by 8.2 million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalents, in total. Other sources (the residual sector), which include transportation, reduce emissions by 3.8 million tonnes. Households and firms can adapt to the emission price by scaling down emissions intensive production, input, and consumption, or they can choose to invest in new, climate friendly technologies. Such technological measures are modelled for the process industries, petroleum production, and road transport. The emissions reductions achieved in the macro analysis are divided almost equally between technological measures and other adaptations.

A macro economic analysis has also been carried out to show how the domestic emissions target can be achieved, while protecting the quota regulated sector from emission price increases over and above the quota price. Emissions in the quota regulated sector are then cut by 3 million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalents, only, within 2020. The residual of 9 million tonnes will have to be reduced in the rest of the economy. 6 million tonnes of these are abated through technological measures within road transportation. With this alternative, the emission price necessary for the residual sector is estimated at about NOK 3,400 per tonne of CO<sub>2</sub> equivalents and the overall economic costs are doubled, to about NOK 10 billion a year.

Finally, a separate scenario where the international commitments and global targets are met without an additional domestic target, shows that the EU-ETS quota price brings about a domestic mitigation of 3 million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalents within 2020. The global mitigation targets are as in the former policy alternatives, but costs fall to a third. These results are highly sensitive to the future development of the quota prices and to the functioning of the international quota markets.

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Opplegget for beregningene</b> .....	<b>10</b>
2.1. Prinsipielt om referansebane versus virkningsberegninger .....	10
2.2. Makroberegningenes referansebane.....	11
2.3. Virkningsberegning A: Internasjonale forpliktelser og globale mål. ....	12
2.4. Virkningsberegning B og C: Tilleggsmål om innenlandske kutt.....	16
<b>3. Modellen MSG-TECH</b> .....	<b>19</b>
3.1. Konsum og produksjon.....	19
3.2. Klimautslipp og virkemidler.....	20
3.3. Det samfunnsøkonomiske kostnadsbegrepet .....	20
3.4. Håndtering av potensielle teknologiskift .....	21
<b>4. Beregninger av referansebane</b> .....	<b>25</b>
4.1. Perspektivmeldingens referansebane .....	25
4.2. Den justerte Klimakur 2020-banen .....	26
4.3. Makroberegningenes referansebane.....	26
<b>5. Virkningsberegning A: Internasjonale forpliktelser og globale mål</b> .....	<b>29</b>
5.1. Effekter på klimautslipp og kvotehandel .....	29
5.2. Makroøkonomiske og sektorvise effekter .....	30
5.3. De samfunnsøkonomiske kostnadene .....	31
5.4. Effekter på andre utslipp .....	31
<b>6. Virkningsberegning B: Innenlandsk mål og like utslippspriser</b> .....	<b>33</b>
6.1. Effekter på klimautslipp og kvotehandel .....	33
6.2. Makroøkonomiske og sektorvise effekter .....	35
6.3. De samfunnsøkonomiske kostnadene .....	36
6.4. Effekter på andre utslipp .....	37
<b>7. Virkningsberegning C: Innenlandsk mål og ulike utslippspriser</b> .....	<b>38</b>
7.1. Effekter på klimautslipp og kvotekjøp .....	38
7.2. Makroøkonomiske og sektorvise effekter .....	40
7.3. De samfunnsøkonomiske kostnadene .....	40
7.4. Effekter på andre utslipp .....	41
<b>8. Usikkerhet og metodiske betraktninger</b> .....	<b>42</b>
<b>9. Konkluderende merknader</b> .....	<b>44</b>
<b>Referanser</b> .....	<b>45</b>
<b>Vedlegg A: Produksjonssektorer og varer i MSG-TECH</b> .....	<b>46</b>
<b>Vedlegg B: Utslippsfordeling 2005, mill tonn CO<sub>2</sub>-ekv</b> .....	<b>49</b>
<b>Vedlegg C: Implementering av EUs kvotemarkedssystem</b> .....	<b>51</b>
<b>Figurregister</b> .....	<b>52</b>
<b>Tabellregister</b> .....	<b>53</b>

## 1. Innledning

Denne rapporten redegjør for makroøkonomiske modellberegninger Statistisk sentralbyrå har utført for etatsgruppen Klimakur 2020. Hensikten har vært å anslå samfunnsøkonomiske kostnader ved å oppnå utslippsreduksjoner i henhold til målsettingene spesifisert i Klimakur 2020s mandat. Målsettingene er operasjonalisert på grunnlag av Regjeringens klimamelding (St.meld. 34 (2006-2007)) og Stortingets klimaforlik av januar 2008.<sup>1</sup>

Klimakur 2020 leverte sin hovedrapport til Regjeringen ved Miljøverndepartementet 18. februar 2010. Mandatet har vært å utarbeide grunnlagsmateriale for en vurdering av klimapolitikken som skal legges fram for Stortinget i 2011. Oppdraget var delt i tre. Del 1 skulle gi en vurdering av framtidig kvotepris. Del 2 skulle utrede mål og virkemiddelbruk internasjonalt. Del 3, og den mest omfattende oppgaven, bestod i å gjøre en tiltaks- og virkemiddelanalyse av mulighetene for å nå klimamålene for 2020 i Klimaforliket. Klimakur 2020 ble bedt om å utrede hvilke utslippsreduksjoner som kan oppnås med ulike tiltak og virkemidler og til hvilken kostnad.

Modellberegningene fra Statistisk sentralbyrå har først og fremst vært et bidrag til del 3. De makroøkonomiske beregningene retter seg særlig mot mandatets etterlysning av sektorovergripende analyse. I Klimakur 2020s tolkning av mandatet (brev fra Statens forurensningstilsyn (SFT) til Miljøverndepartementet av 17.10.08) presiseres det at analysen skal være tydelig på hvordan ulike tiltak og virkemidler virker i sammenheng, slik at den samlede effekten fremkommer.

Det nasjonale målet spesifisert i mandatet er å redusere de nasjonale klimagassutslippene med 15 - 17 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020 målt i forhold til Nasjonalbudsjettets referansebane fra 2007 (når skogtiltak er inkludert). Klimakur 2020s tolkning er at Norges utslipp ikke skal overstige 42 – 44 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020. Skogtiltakene antas å utgjøre 3 millioner tonn. Makroberegningene inkluderer ikke effekter på CO<sub>2</sub>-opptak i skog. Utslippsmålet definert i makroberegningene er dermed å komme under 45 – 47 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020.

Den makroøkonomiske likevektsmodellen MSG-TECH er brukt i beregningene. Modellen er en versjon av modellen MSG6, som er utviklet i Statistisk sentralbyrå og som blant annet brukes av Finansdepartementet i arbeidet med nasjonalbudsjettene og perspektivmeldingene. Spesielt for versjonen MSG-TECH, er at modellen tar innover seg at tilpasninger til klimavirkemidler kan skje ved å investere i helt nye typer, utslippseffektive teknologier. I tillegg til at aktørene tilpasser seg utslippsprisen ved å trappe ned utslippsintensiv produksjon og konsum, eller ved at bedriftene substituerer mellom innsatsfaktorer innenfor teknologiene som alt er i bruk, kan de også ta i bruk helt nye, klimavennlige teknologier. Slike teknologitiltak er modellert for prosessindustri, petroleumsvirksomhet og veitransport. Veitransport inkluderer transporten i bedrifter, husholdninger og offentlig sektor.

Den generelle, makroøkonomiske tilnærmingen til løsningen av mandatet utfyller de langt mer detaljerte analysene som er blitt gjennomført av enkeltsektorer parallelt med dette arbeidet. Så vel sektoranalysene som makroanalysene har hatt som hovedhensikt å beregne hva det vil koste samfunnet å gjennomføre utslippsreducerende tiltak av det omfanget som må til for å oppfylle målsettingen. Siden tilnærmingene vektlegger ulike mekanismer, konsekvenser og aspekter ved gjennomføringen av politikken, anses det som nyttig å ta i bruk begge tilnærmingene og ekstrahere innsikt fra begge metodene. Ved siden av de samfunns-

<sup>1</sup> Klimaforliket er tilgjengelig på [www.regjeringen.no](http://www.regjeringen.no) og heter *Avtale om klimameldingen*.



økonomiske kostnadene, belyser modellberegningene en rekke andre makroøkonomiske effekter. Vi får også frem andre miljøeffekter av klimapolitikken.

Modellen gir en relativt detaljert beskrivelse av enkeltsektorer og forbruksaktiviteter, slik at beregningene får frem fordelingseffekter. Disse utfyller sektoranalysene, ved at makroanalysen tar hensyn til ringvirkninger i økonomien og samspillet mellom effekter i enkelt næringer og på tvers av tiltak. Videre inkluderer makroanalysen utløste tiltak for utslippsreduksjoner i form av endringer i produksjon og forbruk, noe som ikke er tatt med i de fleste sektoranalysene (utenom transport).

De makroøkonomiske beregningene forholder seg for øvrig til punktet i mandatet om å vurdere eksisterende virkemidler, ved å gjøre en isolert analyse av Norges tilknytning til EUs kvotemarked.

## 2. Opplegget for beregningene

### 2.1. Prinsipielt om referansebane versus virkningsberegninger

For å få et bilde av hvordan fremtidens økonomi vil kunne påvirkes av Klimaforlikets føringer på norsk klimapolitikk, må vi sammenligne scenarioer der klimavirkemidler settes inn for å nå målsettingene, med en referansebane uten Klimaforlikets målsettinger og tilhørende virkemidler. Også i referansebanen vil det ligge virkemidler eller antakelser om fremtidig markedsutvikling som utløser tiltak av relevans for klimautslipp og samfunnsøkonomiske kostnader. Det er derfor viktig å tenke gjennom hva som bør legges i referansebanen og hva som bør ses på som endringer fra referansebanen som følge av Klimaforliket.

Det fremgår av mandatet at Klimakur 2020 skal ta utgangspunkt i Perspektivmeldingens referansebane som ble offentliggjort den 9. januar 2009. Prinsipielt har Klimakur 2020 definert alle vedtatte politiske virkemidler og utslippsreducerende tiltak ved det tidspunktet Perspektivmeldingen ble offentliggjort, som del av referansebanen. Virkningene av disse vedtakene på økonomien i 2020, og også utover dette frem mot 2030, skal innlemmes i referansebanen. Øvrige vedtak om utslippsreducerende virkemidler eller tiltak skal inngå i virkningsberegningene.

I den praktiske avgrensningen mellom referansebane og virkningsberegninger som er gjort, er det nyttig å dele tiltakene inn i fire kategorier:

Kategori i): Tiltak som utløses i referansebanen, dvs. selv uten målsettingene i Klimaforliket. Med andre ord er dette tiltak som blir utløst fremover av de politikkvirkemidlene som ligger i referansebanen. Eksempler på tiltak som eksplisitt er lagt inn i Perspektivmeldingens referansebane er energieffektivisering, installering av utstyr for karbonfangst og -lagring på gasskraftverkene på Mongstad og Kårstø, oppfølging av forbud mot avfallsdeponering og tiltak som følger av CO<sub>2</sub>-avgiftssystemet.<sup>2</sup>

Kategori ii): Tiltak som burde vært i referansebanen. Noen vedtatte virkemidler og tiltak ble ikke tatt opp til vurdering på det tidspunktet Klimakur 2020 gjorde justeringene av referansebanen og er dermed ikke med i referansebanen. For å få med utslippseffektene av disse tiltakene, legges de eksogent inn i alle virkningsberegningene. Kostnadene ved disse tiltakene bør imidlertid ikke reflekteres i virkningsberegningene, da de ikke bør fremkomme som avvik mellom referansebanen og virkningsbanene. Tiltaket vi har valgt å behandle som kategori ii)-tiltak er elimineringen som allerede har funnet sted av lystgassutslipp fra Yaras gjødselsproduksjon. I alle virkningsberegningene (se avsnitt 2.3. og 2.4. nedenfor) har vi har lagt inn en kostnadsfri utslippsreduksjon på 51 prosent av prosessutslippene fra sektoren *Kjemiske råvarer* fra 2010, med en gradvis nedtrapping fra 2008.

Kategori iii): Tiltak som rimeligvis ikke er med i referansebanen, men hvor virkemidler og/eller tiltak med svært stor grad av sikkerhet vil bli gjennomført. Disse tas med i virkningsberegningene både i form av utslippseffekter og kostnader. Forskjellen fra øvrige virkemidler og tiltak vi vil vurdere for å nå Klimaforlikets målsettinger, er at de anses som såpass sikre at politikerne vanskelig kan velge dem bort. Vi legger dem derfor inn i alle virkningsberegningene. Virkemidlene vi har valgt å behandle som kategori iii) er Norges tilknytning til EU-ETS, samt kvotekjøp for å nå Norges forpliktelser i Kyoto-avtalen og øvrige globale bidragsmål.

Vi har valgt å beregne den isolerte effekten av dem i makroberegningene (virkningsberegning A), for å få et bilde av hvilke tillegg utfordringer det vil

<sup>2</sup> Kapittel 4 omtaler referansebanen nærmere.

innebære å oppnå Klimaforlikets innenlandske målsetting. EU-ETS-deltakelsen har direkte effekter på bedriftenes rammebetingelser ved at de stilles overfor kvoteplikt og kvotepriser. Kyoto-deltakelsen og globale målsettinger for senere år har ikke direkte innvirkning på virkemiddelbruken innenlands, men har likevel indirekte effekter på innenlandske utslipp gjennom at offentlige midler brukes til kvotekjøp. Se kapittel 2.3.

Kategori iv): Tiltak som utløses av virkemidler som må til utover dem i kategori iii) for å nå de innenlandske utslippsmålene. Vi studerer to hovedalternativer når det gjelder virkemiddelutforming (Virkningsberegning B og C). Sammenlignes disse med virkningsberegning A ovenfor, får vi isolert tilleggsutfordringene det representerer å ha nasjonale klimamål. Sammenlignes de med referansebanen, får vi kvantifisert kostnadene ved alle tiltakene i kategori iii) og iv) samlet.

## 2.2. Makroberegningenes referansebane

I forhold til Perspektivmeldingen er Klimakur 2020s referansebane justert på enkelte punkter for å innlemme oppdaterte prognoser som allerede forelå ved Perspektivmeldingens offentliggjøring, selv om de ikke var kommet med i Perspektivmeldingens referansebane. Dette er lagt inn i beregningsmodellen, og den er simulert på nytt i Statistisk sentralbyrå på det nye grunnlaget. Slik har Klimakur 2020 en referansebane som avviker noe fra Perspektivmeldingens. Følgende informasjon er tatt hensyn til:

- Prisen på jernbanetjenester er justert ned. I Perspektivmeldingens bane fremsto prisveksten på aggregatet jernbanetransport og sporveier som urimelig høy fordi forutsetninger om store jernbaneinvesteringer, særlig de første årene, slo rett inn i prisene. Prisveksten på jernbanetransport og sporveier lå således på 7-8 prosent årlig de første årene, med følger for etterspørselen. Vi har justert jernbaneprisutviklingen til å følge den generelle konsumprisutviklingen.
- Justeringer er gjort i henhold til oppdaterte prognoser i revidert nasjonalregnskap for metan og karbondioksid fra olje- og gassproduksjonen. Utslippene øker. I 2020 er økningen på 18 prosent.
- Metanutslippene fra avfallsdeponier faller i Perspektivmeldingen, men skulle i følge oppdaterte tall fra Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF, tidligere SFT) falt enda kraftigere. I 2020 resulterer dette i en 10 prosents nedjustering fra Perspektivmeldingens bane.
- Utslippskoeffisienten for karbondioksid fra luftfart er justert ned. Bare utslipp fra innenlandstrafikken er modellert. Disse blir for høye i Perspektivmeldingenes referansebane, fordi modellen behandler innenlands- og utenriks- trafikken som ett aggregat. Selv om trafikkveksten for aggregatet er på linje med prognoser fra Avinor, blir utslippsveksten høyere enn i Avinors prognoser fordi det ventes en kraftig reduksjon i innenlandstrafikkens andel av aktiviteten frem mot 2020. Dette kommer ikke frem i den aggregerte fremstillingen i MSG-6, og vi har justert utslippskoeffisienten i henhold til nedveingen av innenlandstrafikken i tallene fra Avinor. Mens innenlandstrafikken sto for 36 prosent av total luftfart i 2007 faller den gradvis til 26 prosent i 2020 og 13 prosent i 2030. Vi har lagt 13 prosent til grunn også for årene etter 2030.

Makroberegningenes referansebane er i tillegg justert i forhold til Klimakur 2020s bane av rent tekniske årsaker. Måten Perspektivmeldingens referansebane er simulert på, setter en del elastisiteter i konsumet ut av spill for å oppnå en forbruksutvikling i elektrisitet og annen energi som samsvarer med prognoser fra andre kilder. Selv om dette gir mening i konstruksjonen av et forløp over tid, vil det i virkningsberegningene være viktig å få tilpasninger hos forbrukerne som stemmer overens med de empiriske elastisitetene i modellen. Metoden brukt i fremskrivningene i Perspektivmeldingen påvirker så vel inntektselastisitetene som priselastisitetene.<sup>3</sup> Når vi studerer effekter av virkemiddelbruk, ønsker vi å basere

<sup>3</sup> Se Bye mfl. (2008).

dem på modellens opprinnelige marginalegenskaper. Perspektivmeldingens forbruk av elektrisitet og annen energi i husholdningene er beholdt i makroberegningenes referansebane, men energiforbruksresultatene er oppnådd på en annen, mer modellkonsistent måte der også forbruket av andre varer og tjenester blir involvert.

### 2.3. Virkningsberegning A: Internasjonale forpliktelser og globale mål.

Virkningsberegning A er en virkemiddel-tiltak-analyse som isolerer effektene på innenlandske utslipp og tiltakskostnader av at Norge har forpliktelser innenfor kvotemarkedssamarbeidet i Europa og i Kyoto-avtalen, samt har meldt inn mål for globale kuttbidrag etter Kyotoperioden til FN i kjølvannet av Københavnforhandlingene. Disse er også referert i Klimaforliket (2008). Virkemidlene i disse avtalene har som mål å redusere utslippene henholdsvis i Europa og i landene innenfor Kyoto-avtalen. Hvilke tiltak som utløses, og dermed kostnadene og utslippsreduksjonene fra norske kilder, er *endogen*, dvs. beregnes i modellen. Innlemmelsen av en rekke norske industri- og energiproduserende næringer i EUs kvotemarked (EU-ETS) tolkes som en sammensatt virkemidelpakke rettet mot bedriftene i disse næringene. Øvrige aktiviteter, som ikke er del av denne *EU-ETS-sektoren*, kaller vi for *restsektoren*.

Det forutsettes ingen ytterligere nye virkemidler i den norske klimapolitikken utover EU-ETS-virkemidelpakken. Dette regimet preges altså av virkemidelpakken overfor EU-ETS-sektoren, samt de allerede eksisterende CO<sub>2</sub>-avgiftene for restsektoren, som også ligger i referansebanen. De viktigste avgiftene i restsektoren inkluderer CO<sub>2</sub>-avgiftene på bensin, diesel og bruk av brensler i bygg. Realnivåene i referansebanen ligger på mellom 300 og 350 NOK/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i hele banen.<sup>4</sup> I tillegg til virkemidlene direkte rettet mot norske utslipp, legger Norges utslippstak i EU-ETS-samarbeidet, Kyoto-avtalen og i rapporteringen til FN, skranker på Norges utslippsbidrag i Europa og globalt. Det er antatt at disse kan oppfylles gjennom internasjonal handel med utslippsrettigheter.

Virkningsberegning A gir et bilde av hva som gjenstår for å nå Klimaforlikets innenlandske målsetting. Samtidig vil en sammenligning mellom virkningsberegning A og de øvrige beregningene med innenlandske mål, kunne antyde hva det koster å pålegge at en spesifisert andel av Norges reduksjonsbidrag skal gjennomføres innenlands. I alle virkningsberegningene er de globale målene identiske, slik at de kan tolkes som ulike måter å oppnå de globale målene på.

Det er imidlertid knyttet usikkerhet til om bidragsmålene oppnås like sikkert ved utenlandske som ved innenlandske reduksjoner, noe som bidrar til å svekke sammenlignbarheten. Kvotemarkedene er tiltenkt å sikre et gitt, samlet utslippskutt på tvers av landegrensene. Det er rimelig tillitt til at det europeiske kvotemarkedet fungerer etter hensikten. Man har imidlertid mindre mulighet til å kontrollere at europeiske utslippsreduksjoner ikke motsvares av økte utslipp i resten av verden gjennom såkalte utslippslekkasjer. Norge har også mål for sine reduksjonsbidrag globalt sett, som man tenker å oppfylle gjennom de fleksible mekanismene i Kyotoprotokollen, slik som finansiering av CDM-prosjekter i land uten forpliktelser. Det er usikkerhet knyttet til om slike prosjekter faktisk gir de intenderte utslippsreduksjonene på grunn av problemer med målbarhet, beregning av addisjonalitet og karbonlekkasjer fra prosjektene (Schneider, 2009; Warda, 2008). For årene etter Kyotoavtalens utløp er det også uklart hva slags mekanismer som vil være tilgjengelige for å oppfylle egne globale målsettinger gjennom prosjektfinansiering utenlands.

<sup>4</sup> I referansebanen gjelder realsatser som i CO<sub>2</sub>-avgiftssystemet av 2004. Det er nærmere omtalt i St.prp. 1 (2003-2004).

Vi simulerer hvilke tiltak, med tilhørende samfunnsøkonomiske kostnader og utslippsreduksjoner, som utløses av samspillet mellom disse internasjonale samarbeidene. Tiltakene som utløses ses altså på som kategori *iii*)-tiltak, som er del av tiltakene for å nå Klimaforliket, men som i praksis ikke kan velges bort. Avsnitt 2.3 presenterer den viktigste informasjonen vi baserer modelleringen på og beskriver hvordan den er tolket og implementert i modellen. Rammebetingelsene for perioden 2008 til 2012 er relativt sikre, med det er fortsatt knyttet stor usikkerhet til den fortsatte utformingen av målene og forpliktelsene fra 2013. I tillegg kommer selvsagt at tiltakene som utløses vil avhenge av utviklingen i de internasjonale kvoteprisene, som er beheftet med enda større usikkerhet.

I tillegg til å innebære nye norske virkemidler, har opprettelsen av EU-ETS og Kyoto-avtalen effekter på norske tiltakskostnader og utslipp via endringer som skjer i de internasjonale rammebetingelsene, blant annet i internasjonale markedspriser og i teknologisk kunnskap som øker norske bedrifters produktivitet. Det er rimelig at slike endringer vil skje uavhengig av norske virkemidler, og referansebanen skal derfor reflektere dem. Selv om Perspektivmeldingen ikke uttrykker slike hensyn eksplisitt og ikke kan antas å behandle effektene av disse initiativene i de internasjonale markedene på en systematisk og konsistent måte, gjør vi i denne virkningsberegningen ingen justeringer fra referansebanens anslag for internasjonal prisutvikling og eksogen produktivitetsutvikling.

### **Noen fakta om Norges internasjonale utslippsforpliktelser og -mål**

I den inneværende fasen av EU-ETS-markedet, fra 2008 til 2012, er utslipp fra prosesser og stasjonær forbrenning i virksomheter som driver energiproduksjon (anlegg over 20 MW), raffinering av mineralolje, samt røsting og sintring av jernmalm omfattet av kvoteplikt. Den norske totalkvoten i systemet er blant annet beregnet på grunnlag av utslippene i disse virksomhetene i perioden 1998 – 2001. Om lag 40 prosent av Norges totale klimagassutslipp faller innunder kvotesystemet i perioden 2008-2012. Den samlede norske kvotemengden er på 75,2 millioner tonn, eller om lag 15 mill tonn som et årlig snitt. 87 prosent av kvotene tildeles gratis til de omfattede bedriftene. For gasskraftverk er gratiskvotene beregnet ut fra estimert utslipp for perioden 2008 – 2012. Offshore har ikke gratiskvoter.

I januar 2009 ble rammebetingelsene for EU-ETS-systemet for perioden 2013 – 2020 vedtatt. Kvoteplikten inkluderer i denne perioden også tidligere utelatte deler av metallproduksjonen, blant annet aluminium. Det er uttrykt at EUs kvote i 2020 skal være på 79 prosent av 2005-utslippene, med en innstramning av kvoten med 1,74 prosent årlig deretter, og det samme legges til grunn for Norge.

Fra 2012 innføres det et eget marked for utslipp fra europeisk luftfart, som knyttes til EU-ETS. Luftfarten er foreløpig ikke inkludert i Kyoto-samarbeidet. Så lenge den holdes utenfor, vil det gjelde særlige regler for luftfarten i samspillet med øvrige internasjonale kvotemarkedssamarbeid.

Regelverket åpner for at det kan allokeres 100 prosent gratiskvoter til aktiviteter som etter nærmere spesifikasjoner kategoriseres som konkurranseutsatte. I oktober 2009 åpnet EU for opp til 100 prosent gratis til offshorenæringen. Det er foreløpig ikke avklart hvordan den norske virkemiddelbruken vil utformes på dette punktet.

I Kyoto-avtalen har Norge påtatt seg forpliktelser om å holde seg under et totalt utslippstak på 250,6 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for de fem årene 2008 til 2012. Norge har valgt å overoppfylle Kyoto-målet med 10 prosent. Utover de internasjonale avtaleforpliktelsene har Norge rapportert mål inn til FN i kjølvannet av Københavnforhandlingene i desember 2009. Her inngår et mål i 2020 om å bidra til globale utslippsreduksjoner tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990. I 2030 skal Norge være karbonnøytralt, dersom dette inngår i en ambisiøs, global klimaavtale. I motsatt fall skal karbonnøytralitet oppnås senest i 2050.

Utslippsrettigheter kan handles over landegrensene gjennom de såkalte fleksible mekanismene spesifisert i Kyoto-avtalen. Enkeltland og samlinger av land, for eksempel innenfor EU-ETS-samarbeidet, legger begrensninger på bruken av dem. Den hittil mest brukte fleksible mekanismen er den grønne utviklingsmekanismen, som tillater kjøp av utslippsreduksjoner i tredjeland (i form av CDM-prosjekter, såkalte CER-kvoter). Også kvotene for de enkelte landene med forpliktelser (Anneks B-landene), kan i prinsippet kjøpes og selges, men her har det vært lite aktivitet hittil.

## Implementering av virkemidlene i modellen<sup>5</sup>

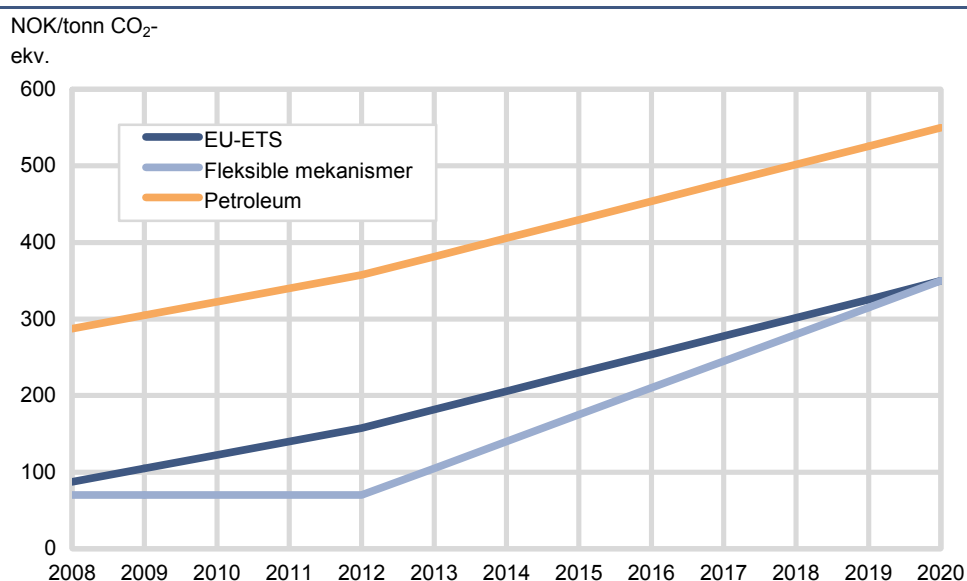
### EU-ETS i fasen 2008-2012

I den inneværende fasen av EU-ETS er Norges totalkvote for de omfattede virksomhetene satt til 15 mill tonn hvert av årene 2008 til 2012. Kvoten omfatter prosessutslipp, implementert som de produksjonsavhengige utslippene, og stasjonære forbrenningsutslipp, implementert som vareinnsatsavhengige utslipp, i følgende modellsektorer (sektornummer i kursiv - se tabell A.1 i vedlegg A): Olje og gass - *s66*, kjemiske og mineralske produkter -*s27* (sement og annet), treforedling -*s34*, kjemiske råvarer -*s37* (gjødning), raffinering -*s40*. Gasskraftproduksjon -*s702* er også omfattet. I følge fremskrivningene fases gasskraft inn fra 2010 i referansebanen, og i den inneværende fasen av EU-ETS er det ikke forutsatt karbonfangst og -lagring (CCS).

De produksjons- og vareinnsatsavhengige utslippene pålegges den europeiske kvoteprisen, som er antatt å bli bestemt i det europeiske markedet uavhengig av Norges kjøp og salg. Kvoteprisen følger mellomalternativet i Klimakur 2020s kvoteprisanslag (Klimakur 2020, 2009). Den er lagt inn med gradvis stigning fra 2008 som i figur 2.1 og når 350 NOK/tonn i 2020. For petroleumsindustrien gjelder det i dag en tilleggsavgift på om lag 200 NOK/tonn. Vi antar at den forlenges - i realtermer - til 2020.

Utslipp som er avgiftspliktige i dag er ikke inkludert i kvotesystemet. Det vil si at vi ikke har inkludert EU-ETS-bedriftenes forbruk av brensel til oppvarming og drivstoff til transport i deres EU-ETS-kvoteplikt. Her opprettholdes avgiftene som i referansebanen i beregning A.

Figur 2.1. Antatte utslipps-/kvotepriser i beregningene, 2004-priser, kroner/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter



<sup>5</sup> KLIF har bistått med tallgrunnlag og beregninger i dette arbeidet.

Gratiskvotene er beregnet på grunnlag av et samlet utslippstak på 15 mill tonn for sektoren og en teknisk antakelse om samme prosentvise restriksjon for hver av de omfattede kildene (produksjons- og vareinnsatstilknnyttede utslipp i hver av sektorene).<sup>6</sup> Gratiskvotene skal utgjøre 87 prosent av dette. Verdien av gratiskvotene er lagt inn som en subsidie til hver av de omfattede sektorene. Subsidien er produksjonsuavhengig, dvs. subsidiebeløpet er ikke noe bedriftene kan påvirke ved justeringer i sin tilpasning. De synes i modellen som overføringer til bedriftene fra de offentlige budsjettene, ved at det offentlige forsaker potensielle provenyinntekter. Vi har sett bort fra gratiskvoter til gasskraftproduksjonen.<sup>7</sup> Tabell C.1 i vedlegg C viser gratiskvotene fordelt på modellsektorene etter denne metoden. Totalt vil 36 prosent av kvotene utdeles gratis; de øvrige – som først og fremst omfatter offshoresektorens utslipp i tillegg til 13 prosent av de øvrige virksomhetens – vil auksjoneres ut.

Kvotepriisen implementeres ekvivalent til en avgift det offentlige pålegger, men med en viktig forskjell. Eventuelt kjøp og salg av utslippstillatelser (kvoter) over landegrensen vil slå ut i det offentlige budsjetter som utgifter eller inntekter. Dermed påvirkes driftsbalansen overfor utlandet via rente- og stønadbalansen. Disse vil motsvares av innenlandske overføringer mellom bedrifter og staten, slik at det ikke påvirker offentlige budsjetter netto. Kun den delen av utslippene som overstiger gratiskvoten og samtidig er under tildelt kvote for landets EU-ETS-bedrifter, tilfører staten en inntekt.

Bedrifter vil måtte betale kvotepriis for utslipp som overstiger gratiskvotene. Slipper de ut mindre, kan de selge med en nettoinntekt.

#### ***EU-ETS i fasen 2013-2020***

Fra 2013 omfattes flere metallsektorer, deriblant hovedtyngden av norsk metallindustri. Vi implementerer dette skiftet ved å løfte inn metallproduksjonen – s 43 – i EU-ETS-sektoren fra 2013. Dette innebærer først og fremst prosessutslipp av CO<sub>2</sub> fra ferrosilisiumsindustrien, samt CO<sub>2</sub> og PFK fra aluminiumsproduksjon. Vi beregner kvoten for 2020 på reglene skissert over.<sup>8</sup> For årene før 2020 legger vi til grunn den samme årlige tilstrammingen fra 2013 til 2020 som er bestemt for årene etter 2020. For 2013 havner vi da på kvoter tilsvarende 89 prosent av virksomhetens utslipp i 2005; se beregninger i vedlegg C, tabell C.2. Gratiskvoter og kjøp og salg av kvoter er modellert som for perioden 2008 til 2012. Vi har grovt anslått at 2/3 av den kvotepliktige virksomheten er konkurranseutsatt og får gratiskvoter fra 2013 og utover; se tabell C.1.

Kvoteberegningen omfatter ikke utslipp fra luftfart. Vi får ikke på noen god måte modellert kvotemarkedet for luftfart fra 2012. Hovedgrunnene er at vi ikke har innarbeidet utslippskoeffisienter for utenriks luftfart, samt at vi ikke har splittet luftfart opp i innenlands, europeisk og annen internasjonal luftfart.

#### ***Globale mål og forpliktelser***

I Kyoto-protokollen har Norge påtatt seg forpliktelser om å holde seg under et totalt utslippstak på 250,6 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for de fem årene fra 2008 til 2012. Norge har valgt å overoppfylle Kyoto-målet med 10 prosent. Disse betingelsene er lagt inn i beregningene som maksimale årlige globale utslippsbidrag på 44,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for hvert av de fem årene.

Etter Kyoto-perioden har vi implementert de globale målene. Vi forutsetter at Kyoto-taket på 44,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter holdes inntil 2020. I 2020 gjelder et globalt utslippsbidrag for landet på maksimalt 35 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

<sup>6</sup> Fordelingsnøklerne er her hentet fra utslippsfordelingen i 2005, ikke basisperioden 1998-2001. Det antas med andre ord at fordelingen mellom kildene har vært konstant mellom basisperioden og 2005.

<sup>7</sup> Gasskraftproduksjon har fått gratiskvoter ut fra prognoser, da det er lite produksjon i næringen foreløpig. Disse har vi ikke modellert.

<sup>8</sup> 2005-utslippene rapporteres i vedlegg B.

De fleksible mekanismene for handel i utslippsrettigheter i Kyotoprotokollen kan nyttes for å nå de globale målsettingene i Kyotoperioden og senere som overstiger innenlandske reduksjoner og kvotekjøp i EU-markedet. Gitt restriksjonene som finnes for kjøp og salg av utslippsrettigheter innenfor Kyoto-samarbeidet, er det vanskelig å definere noen klare markedspriser på slike rettigheter, og enda vanskeligere å fremskrive dem. Vi har lagt til grunn en realpris på 70 NOK for 2008 til 2012. Deretter har vi antatt at prisen øker gradvis og når kvoteprisnivået i EU-markedet fra 2020, hvoretter den følger EU-prisen. Vi viser til Klimakur 2020 (2009) for en nærmere diskusjon av kvoteprisene.

## 2.4. Virkningsberegning B og C: Tilleggsmål om innenlandske kutt

### Det nasjonale utslippstaket

Virkningsberegningene B og C er mål-middel-analyser, der myndighetene setter et mål om innenlandske utslippsreduksjoner. Utslippsmålet er operasjonalisert til å redusere utslippene med 12 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020. Dette er minstegrensen i tolkningen vår (15-17 millioner tonn, men når skog holdes utenfor: 12-14 millioner tonn). I periodene før er det innenlandske taket senket gradvis fra 2008; se figur 2.2.

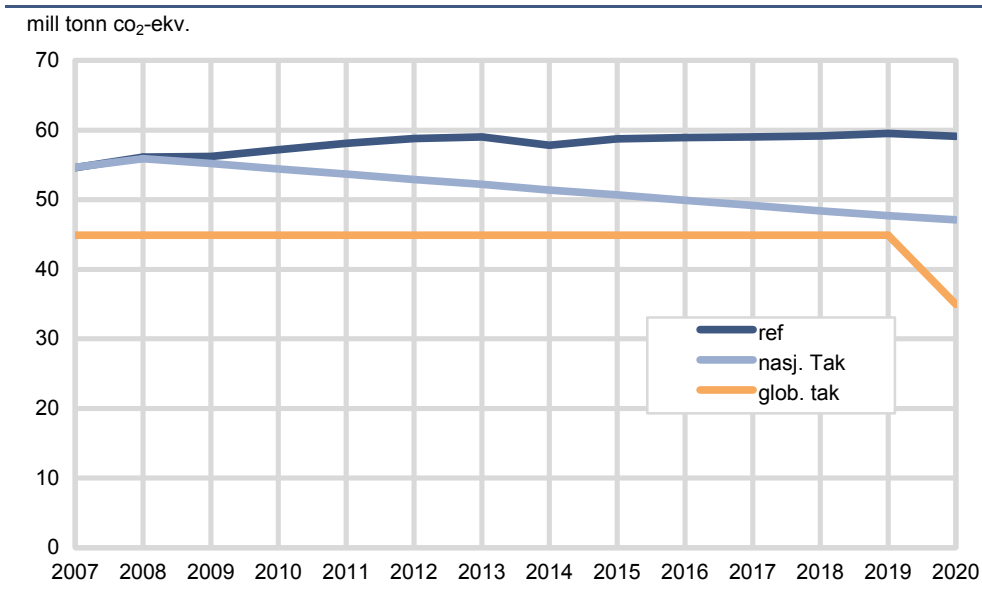
Taket definert ved de internasjonale forpliktelsene og målene om bidrag globalt er også illustrert i figur 2.2. Med forutsetningene lagt til grunn, ligger det nasjonale utslippstaket i alle årene frem til 2020 høyere enn de globale målene Norge har satt seg.<sup>9</sup> Det betyr at landet som helhet vil måtte kjøpe kvoter utenfor landegrensene i tillegg til å gjøre nasjonale reduksjoner. Totalt behov for kvotekjøp vil således være gitt av gapet mellom det innenlandske taket og de globale målene landet har. Dersom EU-ETS-sektoren ikke reduserer utslippene tilstrekkelig til å nå den norske totalkvoten i EU-ETS, kjøper bedriftene her kvoter i EU-ETS-markedet.<sup>10</sup> Ytterligere kvotebehov for landet vil måtte dekkes med kjøp av utslippsrettigheter gjennom de fleksible mekanismene. Hvordan fordelingen blir mellom EU-ETS-kvoter og utslippsrettigheter gjennom de fleksible mekanismene, vil således være endogent avhengig av hvilke innenlandske sektorer som har de billigste utslippsreduksjonene. Verdsettingen av kvotehandelen skjer til de internasjonale prisene antatt over – se avsnitt 2.3.

Vi definerer hvilke virkemidler som skal benyttes til å nå utslippsmålet, og modellen beregner så hvilken dosering av virkemidlene som må til for å få utløst tilstrekkelig med tiltak. Det kan i utgangspunktet bare bestemmes dosering av én variabel i modellen så lenge det er ett mål. I prinsippet kan variabelen tenkes å representere ulike virkemidler rettet mot ulike utslippskilder. Da må vi imidlertid sette tilleggskrav til hvordan virkemidlene er forbundet. Vi simulerer to virkemiddelutforminger, nærmere beskrevet i avsnittene nedenfor.

<sup>9</sup> Her har vi sett bort fra skogtiltakene, som vil redusere behovet for kvotekjøp tilsvarende.

<sup>10</sup> Det er åpnet opp for at bedriftene kan benytte et visst innslag av CER-kvoter, som hører innunder de fleksible mekanismene. Vi modellerer ikke dette.



**Figur 2.2. Referansebanens utslipp, innenlandsk utslippstak og landets globale utslippstak, millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter**

### Virkningsberegning B: Innenlandsk mål og like utslippspriser

I virkningsberegning B har vi endogenisert en felles marginalkostnad ved å slippe ut klimagasser som pålegges alle kilder, der nivået på marginalkostnaden bestemmes av det nasjonale utslippstaket. Den enkleste tolkningen av dette er at myndighetene innfører en utslippspris som er lik for alle kilder. Dette kan være et nasjonalt marked for omsettbare kvoter med en endogen nasjonal kvotepris, eller en avgift på klimagassutslipp som akkurat oppfyller det innenlandske utslippsmålet. Utformingen vil først og fremst avhenge av om Klimakurs spesifiserte krav om styringseffektivitet skal tolkes som at det innenlandske målet nøyaktig må oppfylles. I praksis vil dette være krevende for myndighetene dersom de benytter et avgiftssystem, siden en avgiftssats ikke vil kunne varieres med løpende endringer i tilbud og etterspørsel av utslippsrettigheter, slik en kvotepris vil. Et avgiftssystem vil, på sin side, sikre større forutsigbarhet for bedriftene og konsumentene, noe som kan være vel så viktig for å få utløst kostnadseffektive tiltak i tilstrekkelig omfang. En siste, mer generell tolkning er at marginalkostnaden fremkommer som et utslag av en rekke virkemidler, som alle er dosert slik at de gir denne marginalkostnaden for alle utslippskilder.<sup>11</sup>

En sektoromfattende utslippspris vil erstatte referansebanens avgiftssystem i restsektoren. EU-ETS-sektoren oppfyller fortsatt sine forpliktelser i det europeiske systemet. I tillegg til å betale kvoteprisen må de imidlertid betale en tilleggspris for sine utslipp til de norske myndighetene som utjevner forskjellen mellom EU-ETS-kvoteprisen og den nasjonale kvoteprisen. Man kan tolke dette som at det offentlige opptrer som en innkjøpsentral for EU-ETS-kvoter og sørger for betalingene til de utenlandske selgerne.

### Virkningsberegning C: Innenlandsk mål og ulike utslippspriser

I virkningsberegning C har vi samme nasjonale utslippsmål, men har åpnet opp for ulike marginalkostnader ved utslipp. Dette vil normalt bidra til økte samfunnsøkonomiske kostnader ved å nå utslippsmålet. Det kan være andre samfunnsøkonomiske mål enn det nasjonale utslippsmålet som motiverer en differensiering av marginalkostnadene mellom kilder. I modellen kan slike tilleggsmål defineres slik at vi får

<sup>11</sup> Dersom for eksempel virkemidlet i næring  $i$  er en maksimalstandard knyttet til bruk av fossil energi per produsert enhet, virkemidlet i næring  $j$  er et utslippstak, mens virkemidlet i husholdningene er en avgift på klimagassutslipp, vil modellen kunne beregne maksimalstandard i næring  $i$ , kvoten i næring  $j$  og avgiftssatsen for husholdningene, gitt at marginalkostnaden skal være lik. Selv om en modell med sine forutsetninger kan beregne dette, er det nærmest umulig for myndighetene å finjustere virkemidlene slik at de gir likt utslag i de marginale utslippskostnadene for alle kilder.

økt antallet endogene variable (les: marginalkostnader ved utslipp). I virkningsberegning C har vi snarere satt som tilleggskrav at EU-ETS-sektorene ikke skal settes overfor høyere marginale utslippskostnader enn kvoteprisen, som er bestemt utenfra i EU-ETS. EU-ETS-prisen, uten tilleggsavgiften på kr. 200, er også lagt til grunn for petroleumssektoren. Den variabelen vi endogeniserer er derfor marginal utslippskostnad for de øvrige utslippskildene i økonomien. Som i virkningsberegning B tolker vi virkemidlet som en utslippspris, men nå vil den bare gjelde for innenlandske kilder utenom EU-ETS-kildene.

Begrunnelser for å føre en slik differensiert klimapolitikk kan være hensyn til sysselsetting i distriktene, til store eksportnærings konkurransedyktighet eller til å begrense karbonlekkasjer ved at norsk utslippsintensiv produksjon erstattes av tilsvarende produksjon i andre land (utenfor Europa). Det kan også være motivert av å bevare EU-ETS-systemets grunnidé om at utslippskuttene i systemet skal være kostnadseffektive i europeisk forstand. Tilleggsvirkemidler i EU-ETS-sektoren vil ikke ha noen effekt på europeiske utslipp totalt sett, siden totaltaket er gitt. Kutt til kostnader over kvotepris i Norge, vil innebære reduserte kutt fra andre utslippkilder i systemet.

### 3. Modellen MSG-TECH

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 Bye (2008) og Heide mfl. (2004). Modellen er særlig tilpasset studier av energi, utslipp og klimapolitikk. Den er empirisk forankret i data fra nasjonalregnskap og utslippsregnskap av 2004, 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 frem hvordan de teknologiske betingelsene og mulighetene vil være i fremtiden. Selv om det alltid er usikkerhet knyttet til fremskrivninger, vet vi imidlertid mer om fremtidens teknologier enn det som reflekteres ved hjelp av dagens teknologier. Dette har vi tatt konsekvensen av i denne analysen. I MSG-TECH har vi modellert at husholdninger, bedrifter og offentlige virksomheter kan velge å investere i helt nye klimateknologier dersom dette fremstår som lønnsomt, og i særdeleshet mer lønnsomt enn å oppnå tilsvarende utslippskutt gjennom redusert produksjon eller forbruk. MSG-TECH-versjonen er dokumentert i Fæhn et al. (2010).

#### 3.1. Konsum og produksjon

Konsumentene er representert ved én gjennomsnittlig konsument, hvis nytte i hver periode avhenger av konsumet av fritid og av 26 ulike konsumgoder. Den representative konsumenten bestemmer sitt konsum av fritid og de ulike godene slik at nytten i hver periode maksimeres. Nåverdien av nytten definerer velferden i økonomien. 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 A.1 i vedlegg A viser hvordan konsumsystemet er strukturert. I tillegg til å tilpasse konsumsammensetningen og -nivået, kan husholdningene velge å investere i helt nye former for transportutstyr; se avsnitt 3.4. 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 markedssvikt 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 A.2 i vedlegg A 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 3.4.

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). 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.

Modelleringen av elektrisitetsforsyningen skiller mellom vannkraft, gasskraft, transmisjon og distribusjon. Norges handel i det nordiske markedet er modellert. Imidlertid er vannkraft- og gasskraftproduksjonen, samt graden av karbonfangst og -lagring (CCS) i gasskraftproduksjonen bestemt eksogent i den modellversjonen vi har benyttet. Dette gjelder også for en stor del av atferden til offentlig sektor og andre private produksjonsaktiviteter, som olje- og gasseksporten, jordbruk, skogbruk, fiske og fangst. Det medfører at ikke alle lønnsomme tiltak vil utløses av endringene i virkemidler. Eventuelle tilpasninger i de eksogene aktivitetene må styres av modellbrukeren.

### 3.2. Klimautslipp og virkemidler

Modellens produksjons- og forbruksaktiviteter er tilknyttet koeffisienter for utslipp til luft, slik de følger av utslippsregnskapet til Statistisk sentralbyrå. De utslipps-genererende aktivitetene inkluderer vareinnsats, energiinnsats, konsumaktiviteter, prosesser og avfallsdeponier. Alle de seks Kyoto-gassene som inngår i Kyoto-avtalen er inkludert i modellen: CO<sub>2</sub> (karbondioksid), CH<sub>4</sub> (metan), N<sub>2</sub>O (lystgass) og fluorforbindelsene SF<sub>6</sub>, KFK og HFK. Utslippene måles i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, dvs. deres CO<sub>2</sub>-ekvivalente globale oppvarmingspotensial.

Det er en forholdsvis rik beskrivelse av myndighetenes økonomiske virkemidler. Beskrivelsen av klimavirkemidler inkluderer differensierte og uniforme CO<sub>2</sub>-avgifter, nasjonale og internasjonale kvotesystemer, samt gratiskvoter, subsidier og kompensasjonsordninger for bedrifter.

### 3.3. Det samfunnsøkonomiske kostnadsbegrepet

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 viktig, 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 tiliggende markeder, som igjen påvirker andre markeder, osv. Fordelingen av arbeidskraft og kapital mellom næringer vil endres. Også totaltilgangen på ressursene påvirkes gjennom utslag i arbeidstilbud og investeringer.

Hvis det er produktivetsforskjeller initialt mellom næringer, kan vi få mer eller mindre ut av samfunnets ressurser når de som følge av klimapolitikken blir omallokert. Produktivetsforskjeller 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.

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, overføringer 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 nytten i dag og fremover, der nytten i en periode bestemmes både av det materielle konsumet i husholdningene, det offentlige konsumet, og hvor mye fritid konsumentene tar ut. Fritid er altså inkludert som et gode i modellen og et bidrag til den enkeltes nytte og velferd. Imidlertid vil fritid gå på bekostning av arbeidstid og dermed gi mindre mulighet for materielt konsum, som også bidrar til nytten. Endringer i sammensetningen av nytten følger av endringer i inntektsnivå og relative priser. Prisen på fritid er den

lønnen de forsaker. Velferdsmålet legger mest vekt på nytten i nærliggende perioder, ved at fremtidige perioder neddiskonteres med renten.

I tillegg til effekter av klimavirkemidlene, vil det også være relevant å få med de indirekte effektene på velferden av at politikkvirkemidlene må finansieres eller eventuelt genererer offentlig proveny. For eksempel vil støtte til klimateknologier kunne fortrenge andre velferdsgenererende offentlige utgifter eller kreve økte skatteinntekter og dermed gi økte skattevridninger, mens utslippsprising gjennom avgifter eller auksjonerte kvoter vil generere inntekter og kunne gi en potensiell velferdsgevinst. Det er forutsatt at virkemiddelbruk ikke skal endre offentlig budsjettbalanse. I den benyttede modellversjonen sikres dette ved å justere arbeidsgiveravgiften. Det faktum at arbeidskraft er beskattet, innebærer at folk tilpasser seg med for lite arbeid og for mye fritid i utgangspunktet. Folks fritid har en verdi som tas hensyn til i modellen, men på grunn av skattekiln er denne altså mindre enn verdien av at de sysselsettes. Dermed vil prising av utslipp kunne åpne for velferdsgevinster gjennom at marginalsakten på arbeid kan reduseres og anspore til økt arbeidstilbud.

Kostnadsbegrepet i modellen har noen begrensninger. Den viktigste er at det ikke skiller mellom ulike husholdninger og således bare måler totale velferds-kostnader, 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 vise hvordan de enkelte næringene 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 i løpet av kort tid. 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.

Til sist er det viktig å påpeke at selv om mange priskiler og markedsufullkommenheter er lagt inn i modellen, er beskrivelsen mangelfull. For eksempel er ikke skadene ved lokale forurensninger og andre miljøbelastninger innregnet i velferdsbegrepet. Vi kan imidlertid trekke grove konklusjoner om slike skader basert på beregninger i modellen. For eksempel beregner modellen transportvekst, som kan benyttes til å beregne veibelastning, og utslipp til luft av SO<sub>2</sub> (svoveldioksid), NO<sub>x</sub> (nitrogenoksider), CO (kulllos), PM (partikler), NMVOC (volatile oksygenforbindelser) og NH<sub>3</sub> (ammoniakk), som kan danne grunnlag for beregninger av lokale/regionale skader.

### 3.4. Håndtering av potensielle teknologiskift

Ved å legge inn realistiske utslippsreduksjonsmuligheter gjennom teknologi-investeringer og de privatøkonomiske kostnadene knyttet til dette, vil mulighets-området for aktørene utvides. Mens bedriftene i tidligere versjoner av MSG-6 bare kunne redusere utslipp ved å nedjustere produksjonen eller ved å substituere utslippsintensive faktorer med andre faktorer, kan de i den utviklede modellversjonen MSG-TECH også velge å investere i renere teknologier, dersom dette fremstår som mer lønnsomt. Slike muligheter er lagt inn når det gjelder bedriftenes CO<sub>2</sub>-utslipp innenfor prosessindustriene (sektorene 27, 34, 37, 40 og 43; se vedlegg A) og petroleumsvirksomheten, samt deres utslipp fra landtransport. Også for

konsumentene og offentlig sektor har vi modellert muligheter for å skifte transportteknologi.

Vi har samlet dokumentasjon på utslippreduksjonspotensial og kostnader ved ulike spesifiserte, mer eller mindre kjente teknologier. Her har vi basert oss på så vel publiserte fagartikler og prosjektrapporter, som det pågående sektorvise arbeidet i Klimakur 2020 med å identifisere tiltak og anslå tiltakskostnader. På dette grunnlaget har vi så estimert marginale renskurver, dvs. sammenhengen mellom nivået på utslippsreduksjonene og kostnadene ved reduksjonene på marginalen, målt som annuiteter.

Nedenfor dokumenterer vi kortfattet hva som er lagt til grunn for disse renskurvene og hvordan rensatferden er modellert i likevektsmodellen. For nærmere dokumentasjon viser vi til Fæhn mfl. (2010).

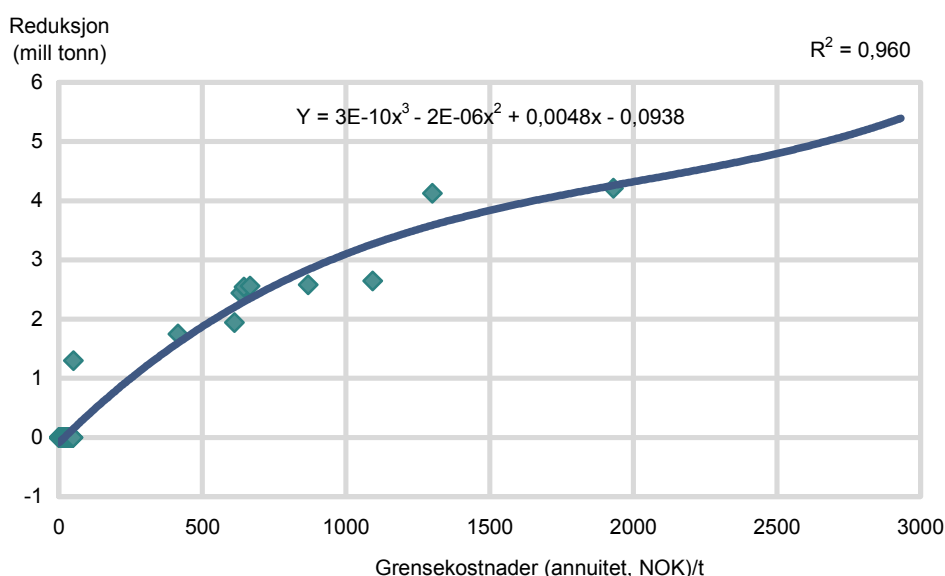
### Prosessindustrien

Vi har vurdert kostnadene for følgende industriprosesser: Sementproduksjon (sektor 27), produksjon av kjemiske råvarer (sektor 37), aluminiumsproduksjon (sektor 43), jern/stål/ferrolegering (sektor 43), samt treforedling (sektor 34). Tiltakene som er vurdert inkluderer ulike muligheter for overgang til bioenergi, prosessoptimalisering, samt rensing, som også omfatter karbonsfangst- og lagring (CCS).

Anslagene er basert på foreløpige beregninger fra Klimakur 2020's tiltaksanalyse gjort i KLIF og skal reflektere privatøkonomiske kostnadsnivåer. I tillegg er CCS-tiltak i industrien vurdert av Oljedirektoratet (OD), For disse er det ikke gjort egne privatøkonomiske beregninger.<sup>12</sup>

Rangerer vi tiltakene etter kostnadsannuiteter og akkumulerer utslippsreduksjonene, fremkommer punktene i figur 3.1. Basert på disse punktene har vi så estimert en renskurve for prosessindustrien sett under ett, som anslår akkumulert rensing som en funksjon av kostnadene ved det marginale tiltaket (marginalkostnaden ved rensing). Denne kurven er også vist i figur 3.1:

**Figur 3.1. Tiltak og estimert renskurve, prosessindustri**



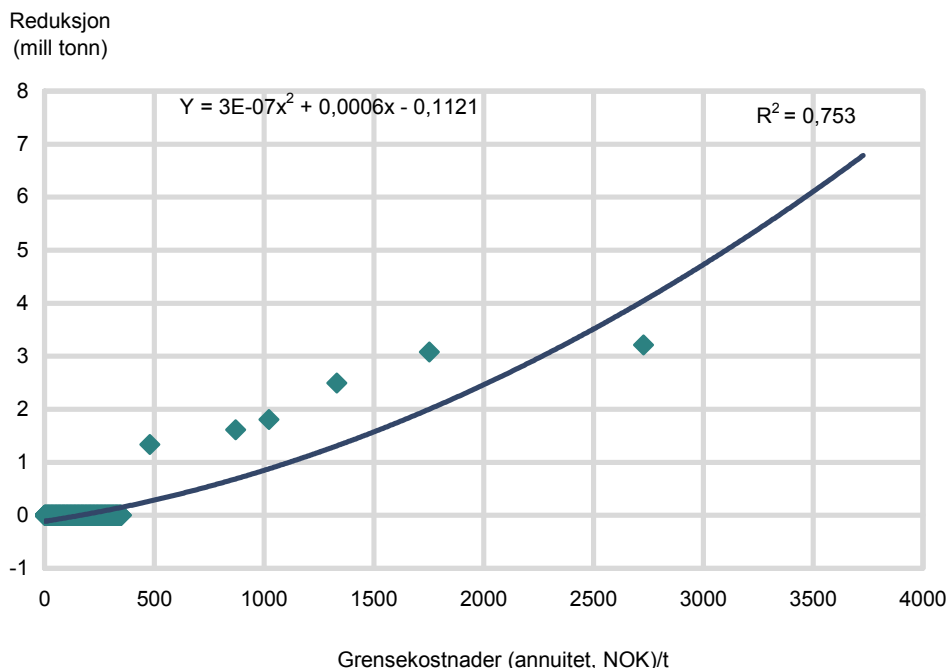
Den estimerte ligningen er angitt i figuren. Y betegner redusert utslippsmengde, mens x er renskostnadene for sektoren på marginalen.  $R^2$  er et mål på hvor godt den estimerte kurven følger tiltakspunktene (1 er perfekt føyning).

<sup>12</sup> Sannsynligvis bidrar dette til å underestimere kostnadene sett fra tiltakshavers side, med mindre det offentlige deltar i prosjektene eller benytter tilleggsvirkemidler utover utslippsprising.

### Veitransport

For veitransport er informasjon om reduksjonspotensial og kostnader hentet fra SFT (2007) og Kanenergi/INSA (2009) og avviker fra de endelige beregningene i Klimakur 2020s tiltaksanalyser av transportsektoren. Begge grunnlagsrapportene vurderer samfunnsøkonomiske kostnader. Det er knyttet stor usikkerhet til anslagene og om de avviker fra privatøkonomiske vurderinger. Tiltakene i transportindustrien omfatter så vel videre effektivisering av person- og varebiler, private og kollektive nullutslippskjøretøy, samt drivstoffinnblanding av etanol og biodiesel. I tilfeller der potensial og kostnader avhenger av rekkefølgen på tiltak, har vi lagt til grunn at de billigste fases inn først. Figur 3.2 viser tiltakspunktene og estimert rensekurve for veitrafikk.

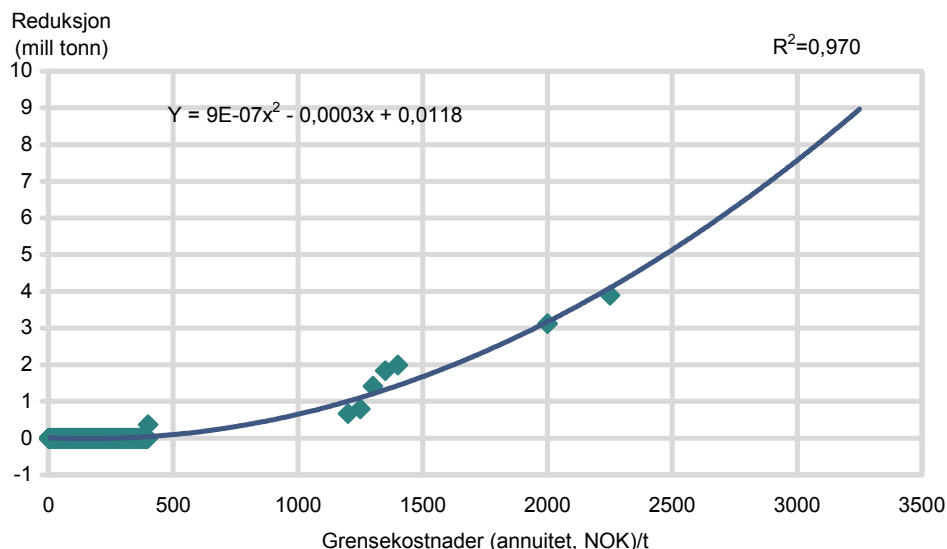
**Figur 3.2. Tiltak og estimert rensekurve, veitransport**



### Petroleumssektoren

Tiltakene for petroleumssektoren er kvantifisert av Petroleumsgruppen i Klimakur 2020, ledet av OD. De inkluderer ENØK-tiltak, elektrifisering, samt CCS.

**Figur 3.3. Tiltak og estimert rensekurve, petroleum**



### Teknologitiltak i likevektsmodellen

Sammenhengen mellom marginale renseskostnader og akkumulerte utslipp representert ved renskurvene ovenfor er lagt inn i likevektsmodellen. Teknologitiltakene bestemmes dermed simultant med andre tilpasninger bedriftene og konsumentene gjør når de optimaliserer for gitte virkemidler. I sin optimalisering sammenligner altså 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. Antakelsen bidrar, som allerede diskutert, til å undervurdere kostnader ved nedlegging, omlegging og flytting av kapital. En tolkning er at kapitalutstyr som er kjøpt kan reduseres gradvis gjennom kapitalslit og gjennom salg i annenhåndsmarkeder. På lignende vis kan kapitalutstyret utvides trinnvis.

Modelleringen av teknologitiltak tar hensyn til at størrelsen på utslippene *før* rensing varierer over tid, slik at utslippsreduksjonene og totalkostnadene avhenger av utslippsnivået *før* rensing. I denne skaleringen antas det at dersom utslippene *før* tiltak er høyere enn dagens nivå, som lagt til grunn for renskurvene, vil alle tiltakenes reduksjonspotensial skaleres proporsjonalt med utslippsøkningen. Siden vi har benyttet samme renseskostnadsfunksjon for alle prosessindustriene, er den samme skaleringsmetode brukt for å skalere rensespotensialene til de enkelte næringene i modellen. Alle (bedriftene i alle) næringene er altså stilt overfor gjennomsnittskostnadene for prosessindustrien som helhet.

På bakgrunn av de estimerte rensesfunksjonene har vi beregnet aggregerte kostnadsfunksjoner ved akkumulerte utslippsreduksjoner (rensing). Disse er modellert som årlige tilleggskostnader (annuitet) for bedriftene ved det rensenivået næringene hvert år finner det lønnsomt å legge seg på gjennom teknologitiltak. I prosessindustrien og petroleumsnæringen er kostnadene lagt inn som løpende tilleggskostnader. Dette påvirker profitten i bedriftene. I prosessindustrien vil økte kostnader redusere det valgte produksjonsnivået. I petroleumsnæringen antas det at eksport og investeringer (utenom rensesinvesteringene) ikke påvirkes. De samfunnsøkonomiske kostnadene fremkommer ved at statens proveny fra overskuddsbeskatningen faller. Samtidig faller provenyet fra utslippsprisingen i sektoren, i og med at utslippene reduseres.

Vi har lagt vekt på å få frem at teknologitiltakene har faktiske ressurskostnader, ikke hva disse detaljert består i. Teknisk er de representert som en ekstra vareinnsatskostnad. Implisitt innebærer det at alle innsatsvarer bedriften allerede bruker i sin produksjon, øker proporsjonalt. Modelleringen får altså ikke frem hva teknologitiltakene eksplisitt innebærer av typer kapitalinvesteringer, løpende faktorbruk og kryssløpseffekter. I veitransport har vi lagt kostnaden som en økning i importprisen på kjøretøy (biler).

Endringene i utslipp legges inn som induuerte endringer i utslippskoeffisientene. Vi har antatt at utslipp knyttet til både produksjon og stasjonær forbrenning kan renses.



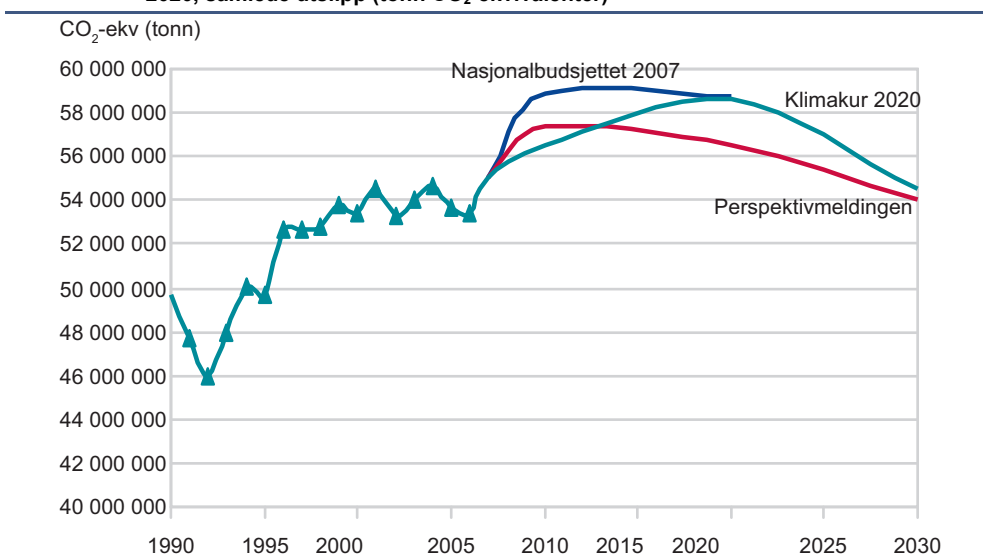
## 4. Beregninger av referansebane

### 4.1. Perspektivmeldingens referansebane

Klimaforliket bruker Nasjonalbudsjettets referansebane av 2007 som sammenligningsgrunnlag når innenlandske utslippsmål omtales. I denne banen var de totale utslippene i 2020 på om lag 59 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, og det utledes et realistisk utslippstak for innenlandske utslipp på 45-47 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Utfordringen utenom skogtiltak blir dermed å redusere innenlandske utslipp fra referansebanen med 12-14 millioner tonn (til mellom 42 og 44 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter).

Perspektivmeldingens bane viser imidlertid en noe lavere utslippsvekst enn Nasjonalbudsjettets av 2007 og havner på et utslippsnivå på om lag 57 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020. Dette reduserer utfordringen i form av tilleggstiltak utover referansebanens, tilsvarende. Klimakur 2020 har tatt utgangspunkt i Perspektivmeldingens bane, men har revurdert enkelte sider ved utslippsutviklingen. Dermed havner Klimakur 2020s referansebane tilbake til nivået på 59 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020 og utfordringen er fortsatt å redusere utslippene utenom skogtiltak med 12- 14 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i forhold til referansebanen. De tre referansebanene er illustrert i figur 4.1.

**Figur 4.1. Referansebanene i Nasjonalbudsjettet 2007, Perspektivmeldingen og Klimakur 2020, samlede utslipp (tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter)**



Kilde: Klimakur 2020 (2010)

Perspektivmeldingens referansebane er beskrevet i St.meld. 9 (2008-2009). Utviklingen i utslipp i Perspektivmeldingens referansebane 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 CO<sub>2</sub>-avgiftssystemet av i dag videreført, mens virkemidlene som følger av EU-ETS og Kyoto ikke er eksplisitt lagt inn. Til grunn for den økonomiske utviklingen ligger først og fremst forutsetninger om ressursutviklingen (arbeidskraft, naturressurser), samt forventninger om internasjonale rammebetingelser og produktivitetsvekst. Det er lagt til grunn en oljepris på 400 NOK (2009-kroner). Elektrisitetsprisen stiger betydelig frem mot 2020, i tråd med en antakelse om at den vil reflektere marginalkostnaden ved ny gasskraft på lang sikt.

Forventet nedtrapping av olje- og gasssektoren er en viktig drivkraft bak den langsiktige utslippsutviklingen. Fra 2020 til 2030 faller utslippene, før de igjen stiger moderat frem til 2060. Det er også utslagsgivende at det er antatt energieffektivisering i de fleste sektorer på 1 til 1½ prosent årlig. I tillegg er det gjort

enkelte justeringer i utslippskoeffisientene i samråd med KLIF, for å representere både endringer som er skjedd de senere årene<sup>13</sup> og antakelser om nye teknologier fremover. Blant annet er det forutsatt reduksjoner i metanutslippene som skyldes vedtatt forbud mot avfallsdeponering. Det ligger også til grunn karbonfangst og lagring av CO<sub>2</sub> fra gasskraftverk, som anslås å ville produsere om lag 5700 GWh fra 2011 med 80 prosent rensing fra 2014. Vekst i veitrafikk og utslippene herfra er anslått på grunnlag av beregninger fra Statistisk sentralbyrås veitrafikkmodell. Det innebærer lavere årlig utslippsvekst enn det som er sett fra 1990 til i dag. Det er omtrent uendret bruk av elektrisitet i kraftintensiv industri, men produksjonen øker likevel over tid på grunn av økt produktivitet.

## 4.2. Den justerte Klimakur 2020-banen

Av justeringene fra Perspektivmeldingen til Klimakur 2020-banen, som er beskrevet i avsnitt 2.2, er det kun reduksjon i prisen på jernbanetjenester som har realøkonomiske effekter. Jernbanetjenester inngår i aggregatet jernbanetransport og sporveier (s77), hvor produksjonen øker over 50 prosent i 2020 etter en gradvis opptrapping over tid. Det aller meste av dette går til husholdningene, som om lag doubler sin etterspørsel etter jernbanetransport og sporveier i 2020. Husholdningenes kjøp av transporttjenester på vei, sjø og i luft, samt deres bilkjøp og vedlikehold, faller med 2 til 3 prosent i samme periode. Imidlertid er deres forbruk av drivstoff per definisjon holdt uendret som i Perspektivmeldingen (se kapittel 4). Effektene for økonomien som helhet er små.

Endringene som er gjort i utslippsfremskrivningene i offshoresektoren, avfallsdeponier og luftfart har ingen tilbakevirkninger til økonomien i referansebanen, og de er ikke blitt koplet til tiltakskostnader.

Justeringene som er gjort, endrer således først og fremst utslippsbildet. Utslippene går totalt opp med om lag 2 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter - eller 3 prosent - til 59 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020. Den mørkeblå søylen i figur 4.2 viser den absolute endringen i totale utslipp fra Perspektivmeldingens til Klimakurs bane i 2020, og de rutete mørkeblå viser bidragene fra de ulike justeringene. Det går frem at de nye beregningene av utslippene fra petroleumsnæringen er mest utslagsgivende og forklarer utslippsøkningen fra Perspektivmeldingens bane.

## 4.3. Makroberegningenes referansebane

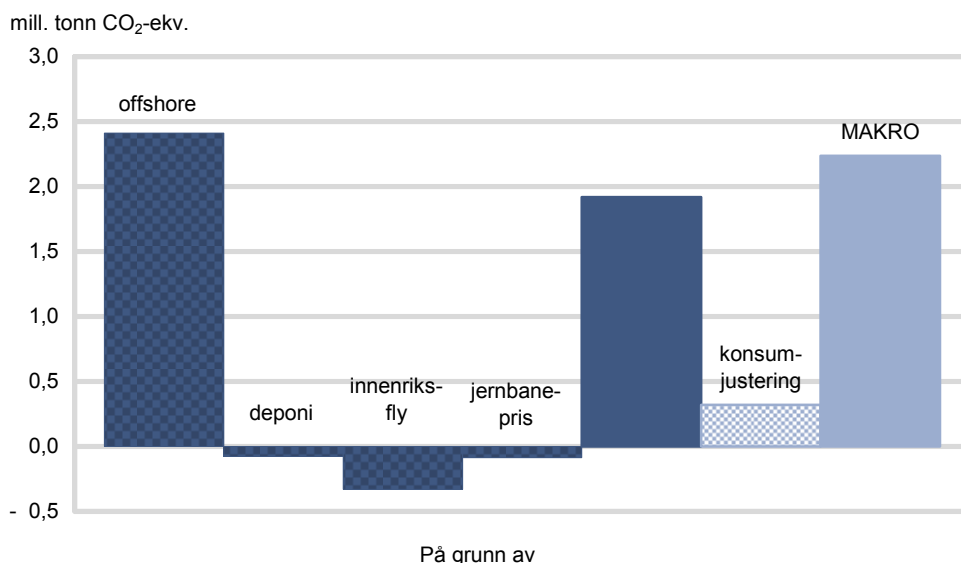
Den tekniske justeringen av referansebanen i makroberegningene for å få ønskelige marginalegenskaper i konsumtilpasningen, har temmelig store realøkonomiske konsekvenser.

Hensikten er å ikke endre modellens marginalegenskaper nevneverdig, men samtidig beholde utviklingen i det utslippsintensive konsumet av fyringsoljer og transportoljer, samt elektrisitetsforbruket, som i Perspektivmeldingen. I Perspektivmeldingen holdes disse aktivitetene nede i forhold til hva modellen ville generert. For å ikke endre konsummodellens marginalegenskaper, må disse nedjusteringene oppveies av økninger andre steder. Direkte involverer dette driftsutgifter til bilhold utenom drivstoff og forbruk av elektrisk utstyr, men også indirekte simuleres det endringer i konsumsammensetningen. Blant annet øker konsumet av luftfarts- og sjøfartstjenester med henholdsvis 76 og 22 prosent. Husholdningenes totalkonsum stiger også, med 2,5 prosent. I virkningsberegningene vil vi stort sett rapportere økonomiske effekter i termer av prosentvise endringer fra referansebanen. Erfaringsmessig er de prosentvise endringene fra referansebanen ikke veldig følsomme for nivået på referansebanen, og de realøkonomiske endringene vil dermed bety lite.

<sup>13</sup> Basisåret for kjøringene er 2004, hvilket vil si at modellen beregner økonomi- og miljøbildet etter 2004.

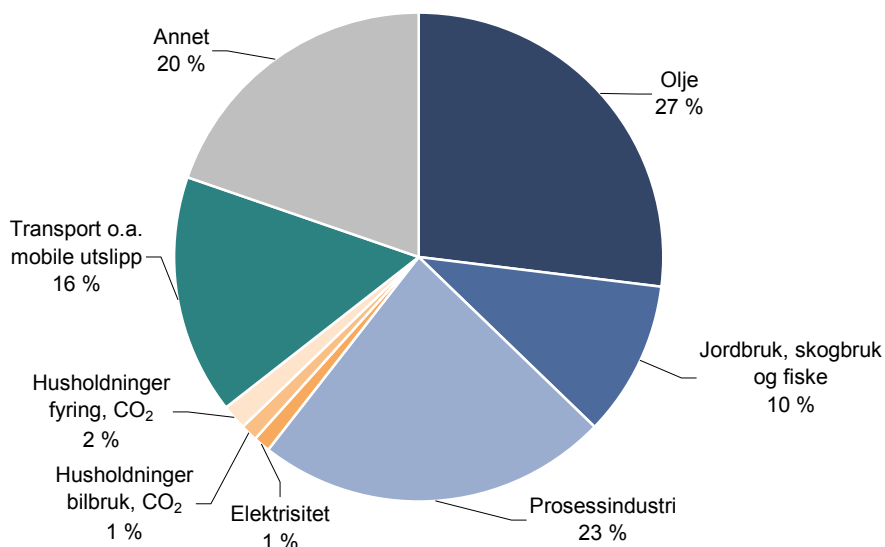
For utslippene er vi imidlertid interessert i nivåfall og absolutte endringer som følge av virkemidler og tiltak. Per definisjon påvirker ikke konsumjusteringene utslippsnivåene i referansebanen direkte, siden de utslippsintensive konsumaktivitetene er holdt uendret. Likevel vil de ha indirekte utslippseffekter. Økningen i konsumet vil endre utslippsintensive aktiviteter gjennom kryssløpet. Særlig øker utslippene fra luftfart og sjøtransport med nesten 0,5 millioner tonn i 2020. Selv om dette i noe grad motvirkes av reduksjoner andre steder, havner utslippene i 2020 0,3 millioner tonn høyere i makroberegningenes referansebane enn i den offisielle Klimakur 2020-banen. Figur 4.2 viser utslaget på samlede utslipp av klimagasser av den tekniske justeringen (den lyseblå, rutete søylen) og total forskjell mellom Perspektivmeldingens og makroberegningenes referansebane (den lyseblå søylen).

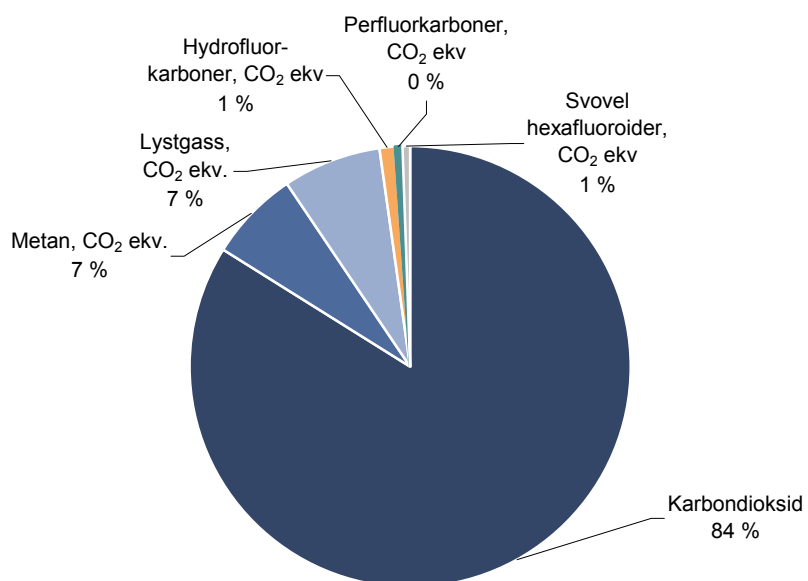
**Figur 4.2. Endring i referansebanens utslipp i 2020 i forhold til Perspektivmeldingen**



Figur 4.3 og 4.4 viser fordelingen av utslippene i makroberegningenes referansebane. Den første fordeler utslippene på økonomiske sektorer, mens den neste fordeler utslippene på de ulike Kyoto-gassene.

**Figur 4.3. Utslipp fordelt på sektorer i makroberegningens referansebane**



**Figur 4.4. Utslipp fordelt på Kyoto-gasser i makroberegningenes referansebane**

## 5. Virkningsberegning A: Internasjonale forpliktelser og globale mål

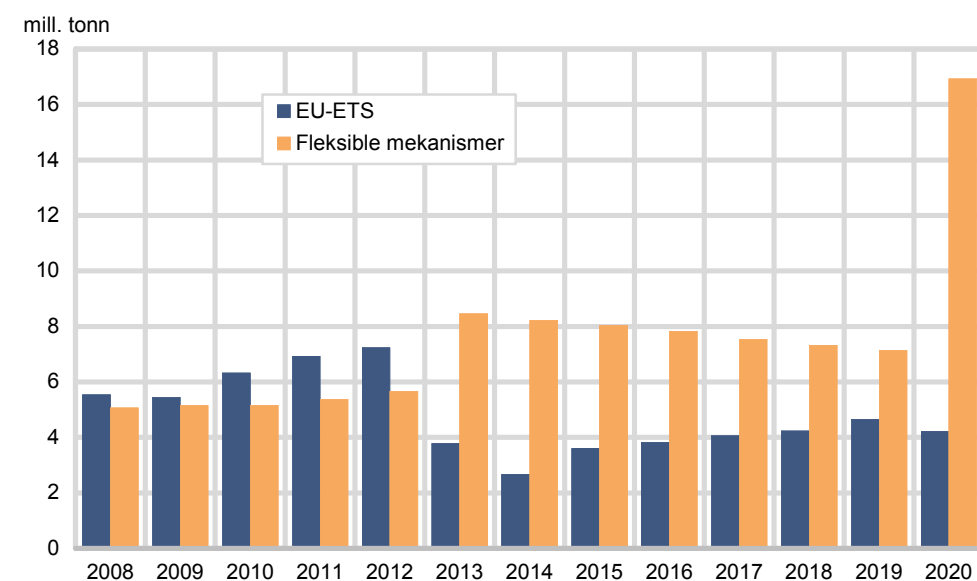
### 5.1. Effekter på klimautslipp og kvotehandel

I 2020 medfører EU-ETS-tilknytningen at de totale utslippene av klimagasser reduseres med 3,0 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fra referansebanen. Det aller meste skjer som forventet i EU-ETS-sektorene, som står for 2,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Det er først og fremst den landbaserte industrien som kutter utslipp. 1,0 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter unngås gjennom teknologitiltak, mens ytterligere kutt på 1,8 millioner tonn skjer gjennom andre tilpasninger, først og fremst redusert produksjon. Utslippene fra petroleumssektoren faller bare med 0,1 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, til tross for at de står overfor en høyere utslippspris enn resten av EU-ETS-sektoren (se figur 2.1). Det forklares for det første av at vi, per forutsetning, ikke beregner tilpasninger i aktivitetsnivået i olje- og gassvirksomheten. Kun teknologitiltak vil bli utløst. Disse er relativt kostbare, og omfanget når bare 0,1 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020. Fra kildene utenom EU-ETS (restsektoren) faller utslippene med 0,1 millioner tonn. Disse reduksjonene skyldes først og fremst redusert bensin- og dieselforbruk i husholdningene.

Siden CO<sub>2</sub> er en såpass dominerende klimagass, står reduksjonene av CO<sub>2</sub> for nesten 73 prosent av reduksjonene. Lystgass står for 26 prosent av reduksjonene, og det aller meste av dette er reduksjoner fra Yaras gjødselsproduksjon. Dette er reduksjoner som strengt tatt burde vært innarbeidet i referansebanen, siden tiltakene allerede er gjennomført. I virkningsberegningene er de derfor lagt inn som kostnadsfrie utslippsreduksjoner. Øvrige gasser bidrar lite til reduksjonene.

De første årene oppfylles rundt 80-90 prosent av EU-ETS-forpliktelsene gjennom kvotekjøp i det europeiske markedet. Etter 2013 faller andelen, ettersom kvotene blir stadig dyrere. Samtidig kommer det til en del relativt billige innenlandske tiltak fra 2013, når metallsektoren inkluderes i EU-ETS. Andelen av forpliktelsene som besørges gjennom europeiske kvotekjøp faller, og er på under 60 prosent i 2020.

Figur 5.1. Virkningsberegning A: Kvotekjøp i utlandet, mill. tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter



Utover kvotehandel i Europa, trenger Norge å kjøpe kvoter gjennom de fleksible mekanismene for å oppfylle målene for landets samlede globale bidrag. Når reduksjonene i restsektoren tas med, er fordelingen mellom innenlandske reduksjoner og utenlandske reduksjoner gjennom kvotekjøp enda skjevare. De

utenlandske reduksjonene står for 94 prosent av landets samlede bidrag til globale reduksjonsmål i starten, mens andelen faller til 88 prosent i 2020. I Kyoto-perioden bruker landet fleksible mekanismer til overoppfyllelsen av avtalen som myndighetene har besluttet. I 2020 øker kjøpene betraktelig, fordi målet om globale reduksjonsbidrag blir mer ambisiøst. Figur 5.1 oppsummerer kvotekjøpene både i EU-ETS og i form av Kyoto-kvoter gjennom fleksible mekanismer. Her kommer fallet i kvotekjøp i EU-ETS fra 2013 frem. Det går også frem at myndighetene etter 2013 må øke bruken av de fleksible mekanismene, til tross for at EU-ETS-sektoren samtidig tar mer av utslippsreduksjonene hjemme.

## 5.2. Makroøkonomiske og sektorvise effekter

Reformen i denne virkningsberegningen er tredelt: For det første øker utslippsprisene i den landbaserte delen av EU-ETS-sektoren. I tillegg innebærer de europeiske og globale utslippsforpliktelsene og målene at bedrifter og myndigheter må kjøpe utslippsrettigheter utenlands. Det siste elementet er at utslippsprisingen kan gi rom for å redusere arbeidsgiveravgiften. Det offentlige får inntekter fra den delen av utslippene bedrifter betaler for som ikke overskrider kvoten deres. Inntektene begrenses imidlertid av at store deler av utslippstillatelsene er delt ut gratis fra statens hånd, Tabell 5.1 rapporterer noen sentrale makroøkonomiske tall for årene 2012 og 2020.

Kvotekjøpene får innflytelse på økonomien gjennom at de isolert sett belaster driftsbalansen. Utslippsprisingen har også en vesentlig direkte innflytelse på driftsbalansen, fordi den først og fremst rammer eksportintensiv industri. Nedgangen i eksporten fra prosessindustrien, sammen med behovet for kvotekjøp fra utlandet, vil måtte motvirkes. Delvis skjer dette gjennom økt eksport i andre deler av økonomien, men først og fremst skjer det gjennom redusert import. Disse endringene drives av en generell kostnadsreduksjon i Norge sett i forhold til verdensmarkedsprisene, slik at norske bedrifter øker sin konkurransevne. Som reflektert i tabell 5.1 for 2012 og 2020, faller lønnskostnadene. Dette ser vi gjennom hele perioden. Effektene motvirkes i noe grad av at arbeidsgiveravgiftssatsene faller, med unntak av det siste året, 2020. Effektene er små, men gir likevel en viss reallønnsendring og stimulering av arbeidstilbudet.

På makronivå er endringene i BNP og konsum små. Dette reflekterer først og fremst at reformen er liten. Det er stort sett bare prosessindustri (inklusive raffinerier) som blir stående overfor høyere utslippspriser enn i referansebanen. Denne delen av økonomien utgjør bare 2-3 prosent av BNP. Utslippsprisene de blir stående overfor vil ligge under prisene som gjelder for andre deler av økonomien helt frem til de aller siste årene. Selv om klimatiltak og kvotekjøp vrir ressursbruk vekk fra andre verdiskapende anvendelser, faller BNP og konsum kun med henholdsvis 0,2 og 0,5 prosent i 2020. De første årene får vi til og med en viss økning som følge av sysselsettingsveksten. De små makroøkonomiske effektene forklares også av at økt arbeidstilbud motvirker produktivitetsfallet som følger av klimapolitikken. Næringsstrukturendringene som oppstår er dessuten positive for landets ressursanvendelse. Deler av prosessindustrien har relativt lav samfunnsøkonomisk marginalavkastning fordi de står overfor særlig gunstige rammebetingelser, som subsidierte elektrisitetspriser og lave arbeidsgiveravgifter. Når produksjonsfaktorer omfordes til andre industrier og tjenestenæringer, øker avkastningen av ressursene.

**Tabell 5.1. Virkningsberegning A: Makroøkonomiske hovedtall, 2012 og 2020; prosentvis endring fra referansebanen**

	2012	2020
Lønnskostnader .....	-0,4	-1,2
Arbeidsgiveravgiftssats .....	-4,6	2,6
Sysselsetting .....	0,1	0,0
BNP .....	0,1	-0,2
Materielt konsum .....	0,0	-0,5
Velferd <sup>1</sup>		-0,1

<sup>1</sup> Neddiskontert nytte over perioden 2008-2020; prosentvis endring fra referansebanen

Prosessindustrien rammes merkbart. Størst endring finner sted i produksjonen av kjemiske råvarer og produksjon av metaller, som sto for 16 prosent av utslippene i referansebanen i 2020. Disse næringene reduserer produksjonen med henholdsvis 12 og 8 prosent i 2020, og sysselsettingen deres faller om lag tilsvarende. Næringer som er lite utslippsintensive og bruker en stor andel arbeidskraft øker sin produksjon, slik som annen industri og tjenestevirksomhet. Næringslivet etterspør generelt mer arbeidskraft og mer innsatsvarer med lavt karboninnhold og lavt importinnhold. Dette skjer på bekostning av energi og kapitalvarer.

### 5.3. De samfunnsøkonomiske kostnadene

Målt som redusert velferd for økonomien som helhet, er kostnadene ved å delta i EU-ETS og Kyoto-samarbeidet små, slik BNP og konsumtallene referert ovenfor også antyder. Velferden, målt som den neddiskonterte nytten hele perioden fra i dag til 2020, faller med 0,1 prosent. Etter reformen består velferden til konsumentene i noe større grad av at de tar ut fritid og nyter godt av et større offentlig konsum, mens andelen av privat kjøpte varer og tjenester faller. Den årlige kostnaden, definert som annuiteten til velferdsreduksjonen, dvs. det konstante, årlige beløpet som ville gitt samme neddiskonterte velferdseffekt, er beregnet til 1 481 NOK. For aktørene i EU-ETS-sektorene er økningen i privatøkonomiske marginalkostnader ved å slippe ut representert ved realkvotepriisen. Den vokser fra 88 til 350 NOK fra 2008 til 2020. Alle atferdsjusteringer som innebærer lavere kostnader enn realkvotepriisen, gjennomføres. Realkvotepriisen representerer således et tak på kostnadene ved reduksjoner som de private aktørene i disse sektorene tar på seg.

For de resterende utslippene betaler bedriftene heller kvotepriisen. Av disse privatøkonomiske utgiftene er det kun den delen som nyttes til å kjøpe kvoter i EU-ETS-markedet som representerer samfunnsøkonomiske kostnader. Dette er bruk av valuta som ville hatt alternativ anvendelsesverdi. Som allerede forklart, vil det meste av oppfyllelsen gjennom hele perioden fram til 2020 skje gjennom kvotekjøp. Kvotekjøpene står derfor for den aller største delen av kostnadene ved våre internasjonale forpliktelser og globale målsettinger. Realverdien av alle kvotekjøpene bidrar i størrelsesorden 20 ganger mer til de samfunnsøkonomiske kostnadene enn kostnadene ved de innenlandske tiltakene som gjennomføres.

I samfunnsøkonomisk forstand finnes det momenter som trekker kostnadene ned. Blant annet virker det positivt på den samfunnsøkonomiske effektiviteten at arbeidsgiveravgiften kan reduseres. Dette er gunstig for økonomien som helhet, fordi arbeidsbeskatningen initialt er høy og påvirker folk til å jobbe mindre enn de ville ha gjort uten slike vridende skatter. En annen viktig besparelse for samfunnet finner som nevnt sted ved at næringsstrukturen vris mot mer produktiv anvendelse vekk fra prosessindustrien. Denne reformen holder kostnadene ved utslippsreduksjoner nede ved at den bidrar til å jevne ut de marginale utslippskostnadene mellom sektorer. De fleste utslippskildene i restsektoren står overfor priser i samme leie som EU-ETS-kvotepriisen antas å bli i de siste årene før 2020.

### 5.4. Effekter på andre utslipp

Modellen beregner også effekter på utslipp med regionale og lokale effekter, samt endringer i avfall. Alle utslippskomponentene i modellen, så vel som avfallsgenereringen, faller som følge av tilknytningen til EU-ETS og Kyoto-avtalen; se tabell 5.2. Avfallsmengden går ned som en følge av redusert aktivitet i industrien. Reduksjonene representerer samfunnsøkonomiske gevinster som ikke beregnes i modellen. I de tilfeller hvor det finnes avgiftregulering (eller andre virkemidler) og hvor vi kan anta at reguleringene sikrer riktige utslippsnivåer for samfunnet, kan reduksjonenes samfunnsøkonomiske bidrag vurderes ved hjelp av den eksisterende avgiftssatsen (eller marginalkostnaden som andre typer virkemidler tilsvarer). Dette gjelder imidlertid for små reduksjoner fra det regulerte utgangsnivået. Hvis reduksjonene er store, vil skaden som spares ved de siste reduksjonene normalt være mindre enn avgiftssatsen tilsier.

**Tabell 5.2. Virkningsberegning A: Effekter på andre utslipp, prosentvis endring fra referansebanen 2020; tonn**

Svoveldioksid .....	-1158
Nitrogenoksider .....	-925
Ammoniakk .....	-82
Flyktige org. forbindelser uten metan .....	-992
Karbonmonoksid .....	-6406
Partikler (TSP) .....	-1430
Avfallsmengde .....	-55093



## 6. Virkningsberegning B: Innenlandsk mål og like utslippspriser

### 6.1. Effekter på klimautslipp og kvotehandel

I virkningsberegning B oppnås målet om et nasjonalt utslippstak ved å pålegge en felles pris på utslipp av klimagasser fra alle kilder. Denne utslippsprisen er akkurat høy nok til å nå utslippsmålet.

I tillegg til det nasjonale målet, består fortsatt Norges forpliktelser innenfor EU-ETS og Kyoto-samarbeidene. Effektene av disse på norske utslipp er, som vi så i Beregning A, ikke tilstrekkelige for å nå målet som gjelder i virkningsberegning B. Den innenlandske felles utslippsprisen vil derfor måtte stige til over de internasjonale kvoteprisene. For EU-ETS-sektoren innebærer dette altså tilleggsvirkemidler utover EU-ETS-tilknytningen i form av en residual innenlandsk utslippspris som utjevner forskjellen mellom EU-ETS-kvotepriisen og den nasjonale kvotepriisen.

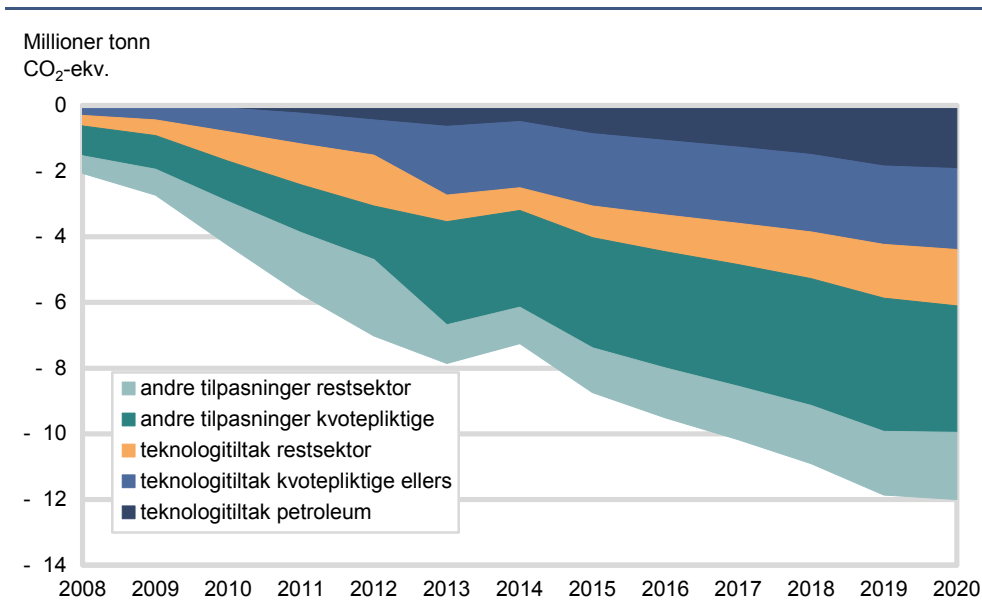
Utslippsreduksjonen fra referansebanen skal nå 12 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020, eller nærmere 4 ganger større enn det som ble oppnådd i virkningsberegning A av de internasjonale forpliktelsene og målsettingene. De norske klimautslippene faller total med 20 prosent fra referansebanen i 2020. De relative reduksjonene i CO<sub>2</sub>, lystgass og flourforbindelsene PFK og SF<sub>6</sub> er omtrent like store og i området rundt 20 prosent. Det skjer svært lite med metanutslippene og HFK-utslippene.

Fordelingen av utslippsreduksjonene innenlands over tid følger av hvilke reduksjoner som til enhver tid er billigst på marginen. Figur 6.1 viser en dekomponering av utslippsreduksjonene etter fem grove tiltakskategorier:

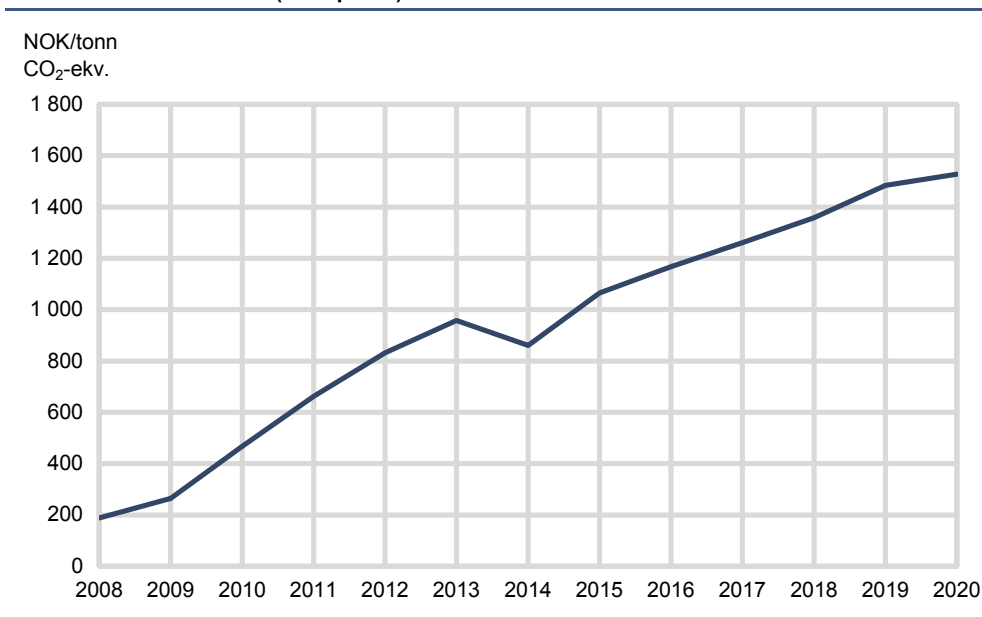
- Reduksjoner som følge av teknologitiltak i EU-ETS-sektoren utenom petroleumsnæringen
- Reduksjoner som følge av andre tilpasninger i EU-ETS-sektoren utenom petroleumsnæringen
- Reduksjoner som følge av teknologitiltak i petroleumsnæringen<sup>14</sup>
- Reduksjoner som følge av teknologitiltak i restsektoren
- Reduksjoner som følge av andre tilpasninger i restsektoren

I 2020 går utslippene ned med til sammen 12 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Av disse tas om lag 8,2 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i EU-ETS-sektoren (inklusive olje- og gassektoren), derav 0,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter som lystgassreduksjoner i gjødselproduksjonen. En stor del av disse følger av de kostnadsfrie lystgassreduksjonene vi har lagt inn; se avsnitt 2.1. Teknologitilpasningene i EU-ETS-sektoren står for om lag 4,4 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, mens resten kommer som følge av nedskalering av aktivitetsnivået (inklusive de kostnadsfrie lystgassreduksjonene). Innen EU-ETS bidrar olje- og gassektoren med en reduksjon på 1,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter som følge av teknologitilpasninger. Restsektoren reduserer med 3,8 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Her er det per forutsetning bare veitrafikkutslippene som kan reduseres gjennom teknologitiltak, og 1,7 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter kan forklares av dette. Resten følger av nedskalering i energibruk og aktivitetsnivå, først og fremst i veitransport (0,4 millioner tonn), sjøtransport ((0,4 millioner tonn), tjenestesektorene (0,3 millioner tonn), ikke-kvotepiktig industri (0,1 millioner tonn) og husholdningers brenselbruk (0,1 millioner tonn).

<sup>14</sup> Det skjer, per forutsetning, kun ubetydelige andre tilpasninger i petroleumsindustrien.

**Figur 6.1. Virkningsberegning B: Utslippsreduksjoner fordelt på tiltakskategorier; millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter**

Utviklingen i de innenlandske utslippsreduksjonene over tid bestemmes av hvordan det nasjonale utslippstaket trappes ned relativt til utslippsutviklingen i referansebanen – se figur 2.2. Prisen i det nasjonale kvotemarkedet justerer seg for å få iverksatt de nødvendige tiltakene. Utslippsprisens utvikling er fremstilt i figur 6.2. I de aller første årene, før utslippstaket er strammet særlig til, gir beregningene en lavere nasjonal kvotepris enn avgiftsnivået som gjaldt for en stor del av restsektoren i referansebanen. For prosessindustrien, som i stor grad var unntatt fra avgifter i referansebanen, øker derimot utslippsprisene fra starten av. Petroleumssektorens priser starter om lag på samme nivå som i referansebanen, men stiger raskt til over referansebanens nivåer. I 2020 når den uniforme utslippsprisen et nivå på 1528 kr/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

**Figur 6.2. Virkningsberegning B: Utviklingen i den nasjonale kvoteprisen, kroner/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (2004-priser)**

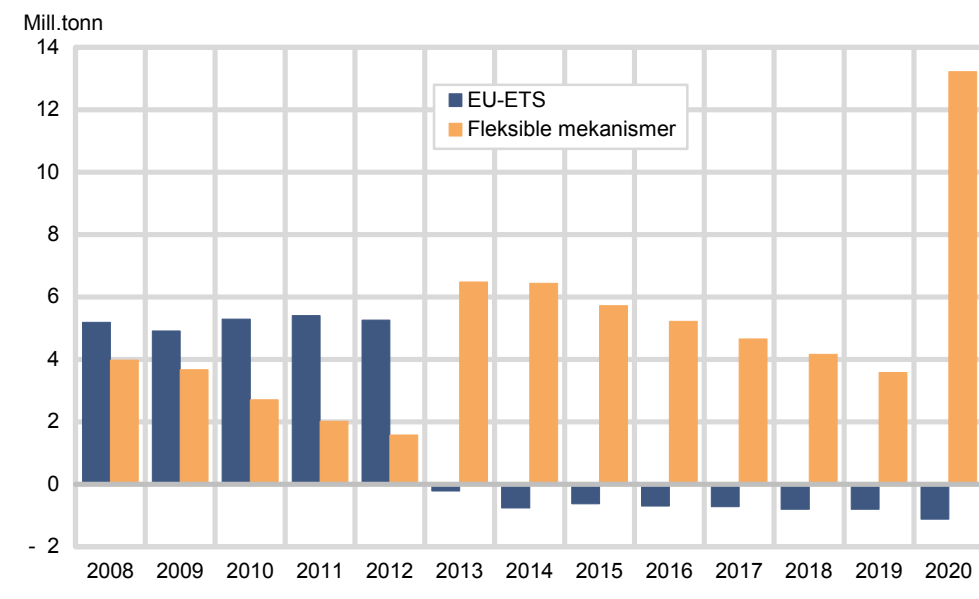
Mens den nasjonale kvoteprisen sørger for å nå de klimapolitiske målsettingene for utslippene innenlands, har Norge i tillegg forpliktelser i EU-ETS og Kyoto-samarbeidene, samt et selvpålagt globalt bidragsmål for 2020. Figur 6.3 viser utviklingen i kvotekjøpene i EU-ETS-markedene og gjennom de fleksible

mekanismene. Summen, det totale kvotekjøpet, er gitt av de politiske målene for globale og innenlandske utslippstak. For å oppfylle EU-ETS-kvotene vi har påtatt oss hvert år frem mot 2020, vil norske bedrifter handle utslippsrettigheter i EU-ETS-markedet (med mindre utslippsreduksjonene deres hjemme akkurat oppfyller EU-ETS-kvoten). For å innfri forpliktelsene i Kyoto-perioden og senere mål, må myndighetene på tilsvarende vis handle utslippsrettigheter gjennom de fleksible mekanismene (med mindre utslippsreduksjonene totalt sett i landet, lagt sammen med kjøp av EU-ETS-kvoter, akkurat når Norges globale utslippstak).

I årene frem til 2013 blir kvotekjøpene fra EU-ETS-bedriftene relativt store, noe som henger sammen med lave utslippspriser og dermed små innenlandske utslippsreduksjoner i starten. EU-ETS-sektoren er dessuten relativt begrenset i denne fasen, før aluminiumsindustrien er innlemmet. Behovet for kjøp gjennom de fleksible mekanismene er begrenset i denne fasen, men overoppfyllelsen av Kyotoavtalen krever kjøp.

Fra 2013 vil imidlertid de innenlandske reduksjonene i EU-ETS-sektoren mer enn oppfylle forpliktelsene gjennom EU-ETS-deltakelsen, og norske bedrifter vil kunne selge utslippsrettigheter i EUs kvotemarked. Dette innebærer en vridning mot mer kjøp av utslippsrettigheter fra myndighetenes side gjennom fleksible mekanismer. Det totale kvotebehovet er nemlig gitt av forutsetningene om de globale bidrag-målene frem mot 2020 (se figur 2.2). I 2020 betyr det kjøp på over 13 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter gjennom de fleksible mekanismene (se figur 6.3). På det tidspunktet er prisen på disse kvotene antatt å være på nivå med den europeiske kvoteprisen, mens den er lavere i periodene før.

**Figur 6.3. Virkningsberegning B: Kvotekjøp i utlandet, millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter**



## 6.2. Makroøkonomiske og sektorvise effekter

Den innenlandske klimapolitikken blir gradvis strammere og når utslippspriser høyere enn i virkningsberegning A i de ulike sektorene fra rundt 2010 (se figur 6.2). Effekten på konkurransevnen til konkurranseutsatte sektorer blir etter hvert betydelig. Selv om kvotekjøpene under denne politikken blir en mindre belastning på driftsbalansen enn i virkningsberegning A, vil behovet for en gjenoppretting av driftsbalansen presse lønnskostnadene lenger ned, som reflektert i tabell 6.1.

**Tabell 6.1. Virkningsberegning B: Makroøkonomiske hovedtall, 2012 og 2020; prosentvis endring fra referansebanen**

	2012	2020
Lønnskostnader .....	-3,3	-4,9
Arbeidsgiveravgiftssats .....	-38,4	-35,0
Sysselsetting .....	0,8	0,7
BNP .....	0,2	-0,2
Materielt konsum .....	0,1	-1,0
Velferd <sup>1</sup> .....		-0,2

<sup>1</sup> Neddiskontert nytte over perioden 2008-2020; prosentvis endring fra referansebanen

De høye utslippsprisene som må til for å nå det innenlandske målet, vil også generere store provenyinntekter til staten. Arbeidsgiveravgiftssatsene faller etter hvert med mellom 30 og 40 prosent. Dette bidrar til å øke arbeidstilbudet og sysselsettingen.

Endringene i BNP og konsum er fortsatt ikke så sterke, men på lang sikt faller aktivitetene mer enn i virkningsberegning A. Konsumfallet er om lag dobbelt så stort. Dette motvirkes imidlertid av den høyere sysselsettingen, samt av at ressursene utnyttes bedre. Det følger særlig av den økte vridningen av ressursene vekk fra den samfunnsøkonomisk ulønnsomme prosessindustrien.

De relativt beskjedne makroøkonomiske effektene skjuler store næringsvise forskjeller og en omstrukturering av den norske økonomien. De største endringene finner vi fortsatt innenfor produksjon av kjemiske råvarer og produksjon av metaller. I 2020 trapper den kjemiske råvareindustrien ned aktiviteten (målt ved produksjon og sysselsetting) med 37 prosent, mens tilsvarende tall for metallproduksjonen er 27 prosent. Reallokeringen av ressurser blant næringene blir større, men utover det finner vi grovt sett den samme vridningen av næringsstrukturen i denne beregningen og i virkningsberegning A. Det er likevel noen viktige forskjeller. For det første får vi vesentlige reduksjoner i de kommersielle transportnæringene, som ikke er del av EU-ETS-sektoren. Innenriks sjøfart rammes spesielt og går ned med 17 prosent. Selv om utslippsreduksjoner fra landtransport delvis skjer ved teknologiomlegginger, vil også denne sektoren trappe ned aktiviteten noe, med om lag to prosent. Begge fikk en svak økning i virkningsberegning A.

### 6.3. De samfunnsøkonomiske kostnadene

Kostnadene ved å nå Klimaforliket tilsvarer en reduksjon i neddiskontert velferd på 0,2 prosent. I følge beregningene stammer velferdskostnaden delvis fra fall i det private konsumet, men bidraget som følge av redusert fritid er større. Endringer i offentlig konsum betyr lite. Velferdsreduksjonen tilsvarer en årlig kostnad på 4910 mill NOK (målt som annuitet). Når et nasjonalt klimamål settes i tillegg til de internasjonale forpliktelsene, mer enn tredobles altså kostnadene ved klimapolitikken

Den viktigste komponenten i velferdskostnadene i Beregning B er kostnadene ved tilpasningene som gjøres i bedrifter og husholdninger for å redusere utslippene. Marginalkostnaden ved disse tilpasningene, altså kostnaden ved å redusere det siste tonnet, er hvert år representert ved den beregnede innenlandske utslippsprisen. Figur 6.2 viser dens forløp.

Den internasjonale handelen i utslippsrettigheter representerer også netto kostnader for landet. De internasjonale forpliktelsene og målsettingene innfris gjennom internasjonal handel med utslippsrettigheter. Realverdien av kvotesalg representerer samfunnsøkonomiske gevinster, som allerede drøftet. Motsatt vil kjøp av utslippsrettigheter fra utlandet gi kostnader. I beregningene finner vi at kjøpene og salgene varierer mye både i EU-ETS og gjennom de fleksible mekanismene; se figur 6.3. I 2008 ligger kvotekjøpenes realverdi på 733 millioner kroner (2004-priser), mens de i 2020 når det globale målet i klimaforliket gjelder, er oppe i 4233

millioner kroner. Annuitetsverdien av all kvotehandelen viser en samfunnsøkonomisk kostnad, tilsvarende om lag 20 prosent av totalkostnadene.

Reduksjonene i arbeidsgiveravgiften og effektene det har på arbeidstilbudet er med på å dempe velferdskostnadene av klimapolitikken. Arbeidsbeskatning fører til at folk tilpasser seg med for lite arbeid og for mye fritid i forhold til hva som er samfunnsøkonomisk optimalt. Vi får også samfunnsøkonomiske gevinster av at ressursbruken i økonomien vris vekk fra prosessindustrien, på grunn av dens relativt lave samfunnsøkonomiske marginalavkastning. Nedtrappingen av industrien blir enda sterkere i denne beregningen enn i Beregning A, der vi bare hadde effekter av EU-ETS.

Det er svært viktig for velferdsresultatet at vi har åpnet opp for investeringer i utslippsreducerende teknologier. Vi ser i figur 6.1 at teknologitiltak står for en stor andel av utslippsreduksjonene. Hjelperegninger antyder at velferdskostnadene ville vært om lag 2 ½ ganger så høye, dersom alle reduksjoner hadde måttet tas ved nedskalering av utslippsintensiv virksomhet og vridning mot mindre utslippsintensive produksjoner, innsatsfaktorer og konsumaktiviteter. Realkvoteprisen ville blitt over tre ganger så høy i 2020. Fordelingen av utslippsreduksjonen mellom sektorer ville også blitt annerledes. Olje- og gassektoren, som bare kan redusere gjennom teknologjusteringer, ville ikke bidratt noe uten denne muligheten. Øvrige EU-ETS-sektorer ville ha tatt mer, dvs. nedtrappingen av prosessindustrien ville blitt kraftigere.

En uniform utslippspris for alle kilder er et, á priori, kostnadseffektivt og billig virkemiddel som bidrar til å holde velferdskostnadene lave. Dette gjelder gitt at målet er et nasjonalt utslippstak. Imidlertid er det ikke vesentlig for klimændringene hvor utslippsreduksjonene skjer. Gitt de internasjonale kvoteprisene vi har lagt til grunn, kunne de globale utslippsreduksjonene som følger av virkemidlene i virkningsberegning B, vært oppnådd billigere gjennom kvotekjøp uten et nasjonalt tilleggsmål. Virkningsberegning A antyder at kostnadsnivået da ville falt til om lag 1/3. Det er imidlertid et spørsmål om de globale utslippskuttene ville blitt like store uten å sikre dem gjennom innenlandske kutt. Det fordrer at kvotemarkedene fungerer etter hensikten. EU-markedet er såpass velfungerende at en kan gå ut fra at utslippsreduksjonene blir de samme enten man sikrer dem gjennom europeiske kvotekjøp eller gjennom innenlandske utslippsreduksjoner. Effekten på utslipp av å kjøpe utslippsrettigheter gjennom Kyotomekanismene er mindre kontrollerbare og fører kanskje ikke til tilsvarende kutt som innenlandske tiltak. I tillegg er det i utgangspunktet et åpent spørsmål hvilke utslippsreduksjoner i global forstand som gir minst karbonlekkasjer. Vi har ikke gjort noen beregninger av hva den norske politikken betyr for de globale utslippene.

#### 6.4. Effekter på andre utslipp

Alle de regionalt og lokalt forurensende utslippskomponentene i modellen, så vel som avfallsgenereringen, faller, og nedgangen er større for alle komponentene enn den som fulgte av virkningsberegning A; se tabell 6.2 nedenfor. De samfunnsøkonomiske gevinstene av dette beregnes ikke i modellen. Se for øvrig avsnitt 5.4.

**Tabell 6.2. Virkningsberegning B: Effekter på andre utslipp, prosentvis endring fra referansebanen 2020; tonn**

Svoveldioksid .....	-5008
Nitrogenoksider .....	-14962
Ammoniakk .....	-321
Flyktige org. forbindelser uten metan .....	-4861
Karbonmonoksid .....	-62522
Partikler (TSP) .....	-10941
Avfallsmengde .....	-137947

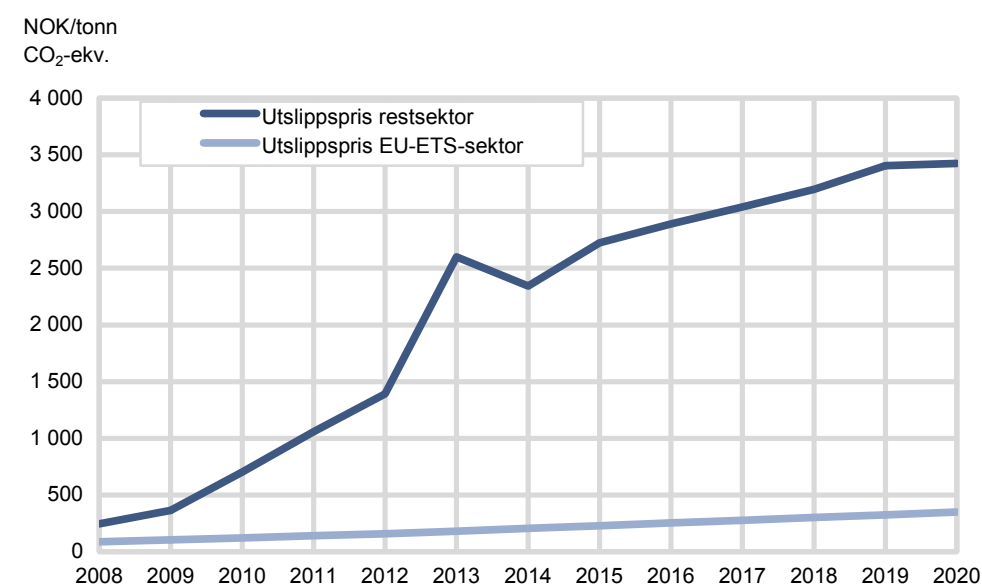
## 7. Virkningsberegning C: Innenlandsk mål og ulike utslippspriser

### 7.1. Effekter på klimautslipp og kvotekjøp

Det er samme nasjonale utslippstak i denne beregningen som i virkningsberegning B. Til forskjell fra virkningsberegning B, nås det nasjonale utslippstaket her ved at bare restsektoren illegges en felles utslippspris. EU-ETS-sektoren stilles kun overfor EUs kvotepris. Øvrige antakelser om de internasjonale avtalene og globale målsettingene består som i de andre virkningsberegningene.

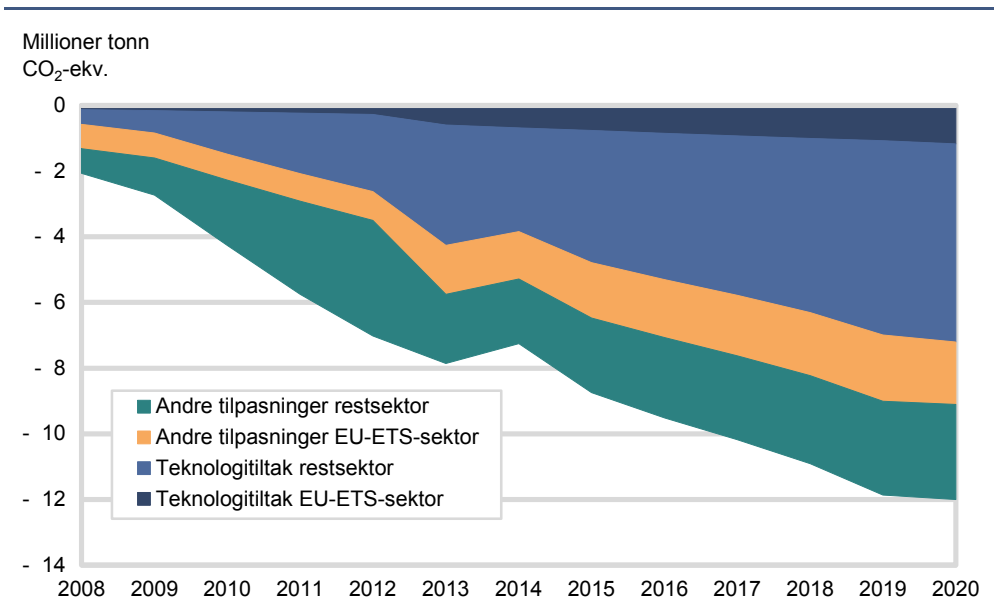
Utslippsprisen for kildene i restsektoren justerer seg for å få iverksatt de nødvendige tiltakene som følger av kvotetaket innstramning over tid og utslippene i referansebanen. Utslippsprisen vil måtte øke utover så vel EU-ETS-prisen som den beregnede utslippsprisen i virkningsberegning B, som gjaldt for alle utslippskilder. Utslippsprisens utvikling er fremstilt i figur 7.1 sammen med den forutsatte utviklingen i EU-ETS-prisen; begge er i realtermer. I 2020 kommer prisen helt opp i 3 426 NOK/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Dette er nesten ti ganger så høyt som EU-ETS-prisen og tre ganger så høyt som den nasjonale kvoteprisen i virkningsberegning B.

Figur 7.1. Virkningsberegning C: Utviklingen i utslippspriser for restsektoren og EU-ETS-sektoren, kroner/tonn (2004-priser)



Differensieringen av de marginale utslippskostnadene påvirker hvor utslippene tas. Figur 7.2 viser en dekomponering av utslippsreduksjonene etter tiltakskategoriene (forklart i avsnitt 6.1). Om lag 3,1 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter av de til sammen 12 millioner tonn som skal ned, tas nå i EU-ETS-sektoren. Dette er mer enn en 60 prosent nedgang fra virkningsberegning B. Restsektoren må ta det øvrige og reduserer med 8,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Dette innebærer mer enn dobbelt så store kutt som i beregning B. Teknologitiltak i veitransport bidrar med 6,0 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Det er stor usikkerhet knyttet til mulighetene for å oppnå så sterke effekter av teknologitilpasninger. Det simulerte marginalkostnadsnivået faller utenfor området det finnes data for, slik at rensekurven i dette området er særlig usikker. Se avsnitt 3.4.

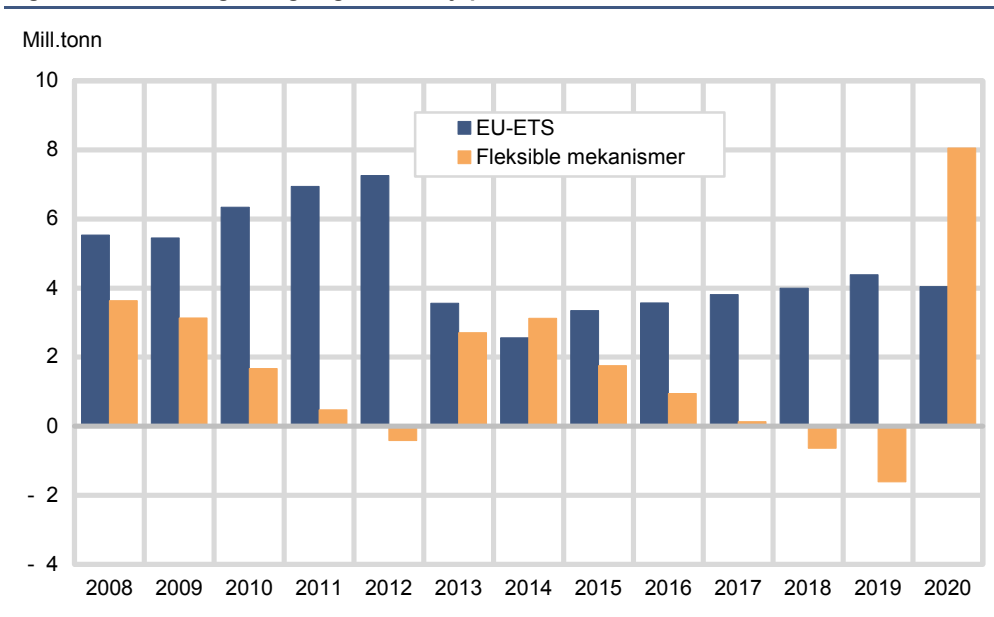
**Figur 7.2. Virkningsberegning C: Utslippsreduksjoner fordelt på tiltakskategorier; tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter**



En noe større andel av reduksjonene kommer som CO<sub>2</sub>-utslippskutt i virkningsberegning B, mens utslippsreduksjonene i lystgass og flourforbindelser blir tilsvarende svakere. Dette reflekterer forskyvningen av belastningen i retning av utslipp fra veitrafikk og bygg, og vekk fra prosessindustri og petroleumssektoren. Det skjer fortsatt svært lite med metanutlippene.

Totalt vil behovet for å kjøpe kvoter fra utlandet være det samme som i virkningsberegning B, bestemt av det innenlandske utslippsmålet i forhold til referansebanen. Fordelingen mellom de internasjonale markedene for utslippsretter forskyves mer i retning av EU-markedet, fordi bedriftene tar mindre av EU-ETS-forpliktelsene innenlands. I enkelte perioder kan de fleksible mekanismene til og med nyttes til salg, men det er usikkert om det vil være politisk og praktisk mulig. Disse beregnede salgene er imidlertid små; se figur 7.3.

**Figur 7.3. Virkningsberegning C: Kvotekjøp i utlandet, millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter**



## 7.2. Makroøkonomiske og sektorvise effekter

Driftsbalansen får ikke de samme negative impulsene i dette klimapolitiske alternativet som i virkningsberegning B. Det skyldes at EU-ETS-sektoren, som representerer store deler av konkurranseutsatt virksomhet, skjerms for klimapolitiske virkemidler utover EU-ETS-virkemidlene. Effektene gjennom driftsbalansen medfører derfor et svakere press nedover på lønnskostnadene enn i virkningsberegning B. Ikke desto mindre viser tabell 7.1 at lønnskostnadene faller mer i virkningsberegning C enn i de øvrige virkningsberegningene. Dette henger sammen med svært store kutt i arbeidsgiveravgiften. Utslippsprisingen i restsektoren genererer store provenyinntekter som gir rom for lavere arbeidsbeskatning. Siden de utslippsintensive aktivitetene i restsektoren tenderer å være relativt uelastiske, blir utslippsprisene høye og provenyet stort.

Når vi skjermer eksportsektoren, er det særlig transportsektorene og bilbruken i husholdninger og bedrifter som rammes sterkere av utslippsprisingen. Konsumet får en kraftigere nedgang i dette alternativet og faller med 1,3 prosent i 2020; se tabell 7.1. Likevel viser tabellen at vi får høyere BNP, både på kort og lang sikt, i forhold til referansebanen. Det er først og fremst den stimulerte sysselsettingen som forklarer det. Den bedrede konkurransevnen stimulerer eksporten, slik at BNP-sammensetningen vris fra innenlandske leveranser til eksport.

**Tabell 7.1. Virkningsberegning C: Makroøkonomiske hovedtall, 2012 og 2020; prosentvis endring fra referansebanen**

	2012	2020
Lønnskostnader .....	-3,6	-6,1
Arbeidsgiveravgiftssats .....	-41,5	-59,0
Sysselsetting .....	0,6	1,2
BNP .....	0,1	0,3
Materielt konsum .....	-0,1	-1,3
Velferd <sup>1</sup> .....		-0,4

<sup>1</sup> Neddiskontert nytte over perioden 2008-2020; prosentvis endring fra referansebanen

I virkningsberegning C finner vi den største prosentvise aktivitetsreduksjonen i innenlands sjøtransport, som faller med 27 prosent (mot 17 prosent i virkningsberegning B). Også annen kommersiell transportaktivitet går ned, både som følge av økte utslippspriser og redusert konsumetterspørsel. Nedtrappingen er fortsatt vesentlig innenfor kjemisk råvareindustri og metallproduksjon. Den ligger på linje med nedskaleringene i virkningsberegning A, men blir noe sterkere på grunn av lavere etterspørsel etter råvarer og raffinerte oljeprodukter i hjemmemarkedene. Aktivitetsreduksjonene i disse prosessindustriene er på henholdsvis 14 og 11 prosent. I virkningsberegning B var konsekvensene for deres aktivitet og sysselsetting 60-70 prosent kraftigere.

## 7.3. De samfunnsøkonomiske kostnadene

Kostnadene ved å nå det innenlandske utslippstaket i dette tilfellet tilsvarer en reduksjon i velferd på 0,4 prosent. I følge beregningene stammer velferdskostnaden hovedsakelig fra fall i det private konsumet. Velferdsreduksjonen tilsvarer en årlig kostnad på 9 761 mill NOK (målt som annuitet). Den differensierte utslippspolitikken er altså dobbelt så dyr som når alle innenlandske kilder settes overfor samme pris.

Med den store differansen i utslippsprisen mellom EU-ETS-sektoren og restsektoren, og dermed marginalkostnadene aktørene tar på seg for å redusere utslipp, vil den absolutt største samfunnsøkonomiske kostnadskomponenten være tilpassningskostnadene i restsektoren. Kvotehandelen representerer en høyere kostnad i denne beregningen enn i virkningsberegning B med lik utslippspris. De totale kvotekjøpene er de samme, men vris i retning av de relativt dyrere EU-kvotene. Annuitetsverdien av all kvotehandelen viser at den forklarer om lag 12 prosent av de totale, beregnede velferdskostnadene.



Som forklart over kan arbeidsgiveravgiftssatsene falle betraktelig, med nærmere 60 prosent i 2020 i forhold til referansebanen. Det gir velferdsgevinster at marginalskatten på arbeid reduseres og bidrar til økt arbeidstilbud og mindre fritid. Vi får også samfunnsøkonomiske gevinster av at ressursbruken i økonomien vris vekk fra prosessindustrien, men nedtrappingen her blir mindre enn i virkningsberegning B og mer på linje med virkningsberegning A.

#### 7.4. Effekter på andre utslipp

Alle utslippskomponentene i modellen med regionale og lokale forurensnings-effekter, faller; se tabell 7.2. Genereringen av avfall øker noe i 2020 som følge av sammensetningseffekter i konsum og produksjon, men dette er ikke representativt for periodene før. På grunn av deponiforbudet som ligger inne allerede i referansebanen, får utviklingen i avfallsmengde lite å si for klimautslipp og miljø. Reduksjonene i svoveldioksid og ammoniakk blir noe mindre enn i virkningsberegning B, fordi prosessindustrien i større grad opprettholder aktiviteten. Øvrige komponenter faller mer, noe som i stor grad skyldes mindre og renere transport.

**Tabell 7.2. Virkningsberegning C: Effekter på andre utslipp, prosentvis endring fra referansebanen 2020; tonn**

Svoveldioksid .....	-3284
Nitrogenoksider .....	-18331
Ammoniakk .....	-245
Flyktige org. forbindelser uten metan .....	-7739
Karbonmonoksid .....	-93562
Partikler (TSP) .....	-13659
Avfallsmengde .....	13616

## 8. Usikkerhet og metodiske betraktninger

De makroøkonomiske beregningene utført for Klimakur 2020 skal utfylle sektoranalysene både i vurderingene av enkeltsektors tiltak for å redusere utslippene og i vurderingen av de totale samfunnsøkonomiske kostnadene. Klimakur 2020 har ikke hatt rom for å utforme prosjektet slik at de respektive fortrinnene ved sektor- og makroanalysene best mulig kan utnyttes. En slik strategi ville krevd at informasjon fra sektoranalyser om atferdselastisiteter, hensiktsmessige aggregeringsnivåer og mulige markedsimperfeksjoner ble samlet i trinn 1, hvoretter informasjon ble implementert i en makroøkonomisk modellramme i trinn 2, som kunne få frem samspillet mellom sektorer, tiltak og virkemidler.

Som et alternativ har arbeidet med de to tilnærmingene skjedd parallelt og med samme hovedproblemstilling: Hva vil være de samfunnsøkonomiske kostnadene av å nå det operasjonaliserte innenlandske målet for 2020? Siden sektoranalysene og modellanalysen har hver sine styrker og svakheter, vil svarene sannsynligvis bli forskjellige – og i hvert fall bli drevet av ulike mekanismer.

For å gjøre avvikene mellom informasjonsgrunnlagene minst mulig, har makroprosjektet så langt det har vært mulig utnyttet detaljkunnskap som kommer frem i sektoranalysene. Dette gjelder særlig data om potensialet for teknologitilpasninger for å redusere klimautslipp ved ulike marginalkostnader, samt sektorvise justeringer i referansebanen. Det hadde også vært ønskelig å få et bedre grep om gevinster og kostnader ved infrastrukturtiltak, men dette har ikke vært mulig i det parallelle arbeidet som har foregått.

Makroanalysene hviler på en rekke antakelser om hvordan både økonomien og virkemidlene vil utvikle seg over tid. Resultatene er derfor usikre. Når det gjelder kostnadsanslagene makroanalysen kommer frem til, går usikkerheten begge veier. Det kan være grunn til å anta at de teknologiske tiltakskostnadene ligger for lavt, spesielt når vi beveger oss i kostnadsområder utenfor dem vi har data for. Denne usikkerheten slår i størst grad ut i virkningsberegning C for teknologitiltakene i veitransport. Det kan også være grunn til å undersøke nærmere hvorvidt det er avvik mellom samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske kostnader som ikke allerede er lagt inn i modellen. Særlig i sammenheng med teknologitiltakene mangler slik informasjon, og privatøkonomiske kostnader er antatt å være som de samfunnsøkonomiske.

Den viktigste kilden til systematisk undervurdering av kostnadene i makroberegningene er imidlertid at modellen ser bort fra tiden og ressursene som kreves for å flytte samfunnets ressurser over på nye løsninger, til nye næringer og til nye geografiske steder. I en likevektsmodell som MSG-TECH vil dette skje raskt og smertefritt. I realiteten vet vi at nedbemanning i prosessindustrien vil ramme lokalsamfunn og enkeltpersoner, som vil trenge tid og bruke ressurser på omstilling. I virkningsberegning B, der disse konsekvensene er størst, vil 7500 færre arbeide i prosessindustrien i 2020 sammenliknet med referansebanen. Reduksjonen skjer gradvis. Den potensielle effekten på ledigheten i 2020 av en slik nedtrapping, vil avhenge av hvor raskt omstilling faktisk kan skje. Kapitalutstyr, bygninger og infrastruktur i industrien vil på lignende måte måtte finne andre anvendelser. Det blir galt å se på bruttoproduktet som bortfaller i prosessindustrien som en kostnad, siden ressursene smått om senn vil kunne tas i bruk i andre deler av økonomien, og da muligens til en høyere avkastning enn i prosessindustrien. Men en ukvantisert andel kan bli borte i denne tilpasningen, i form av langtidsledighet, kapital som vrakes eller flytteomkostninger. I tillegg må en vurdere ringvirkninger i andre næringer, fordelingseffekter, psykologiske og kulturelle konsekvenser og andre vanskelig kvantifiserbare følger.

Det er også grunner som taler for at den mest kostnadseffektive oppnåelsen av målene kan være billigere enn beregnet. Utslppsreduksjoner som følge av

nedskalering og strukturendringer i jordbrukssektoren er eksempler på tilpasninger som ikke er studert, men hvor betydelige offentlige støtteordninger taler for at dette kunne vært samfunnsøkonomisk lønnsomt. Vi har heller ikke undersøkt effektene av å nedskalere videre i prosessindustrien, og vi har ikke analysert redusert offshoreproduksjon, fiske eller skogbruk. Hvis det er grunn til å tro at markedssvikt vil gjøre det rimeligere å bruke tilleggsvirkemidler utover utslippsprising, vil dette også kunne få ned kostnadene ved klimapolitikken.

Vi har tatt hensyn til muligheter for teknologitilpasninger innenfor noen sektorer og sett at det senker kostnadene ved klimapolitikken betraktelig. Tidligere modell-analyser av tilsvarende utslippsreduksjoner har vist vesentlig høyere kostnadsanslag (som i Bruvoll og Fæhn, 2006; se også Bye og Fæhn, 2009). En rekke potente teknologitiltak kan fortsatt være utelatt fra modellen og bidra til overdrevne kostnadsanslag.

I tillegg er modellens antakelser om atferd, økonomiske sammenhenger og betingelser beheftet med generell usikkerhet, som selvsagt styrkes av at man skal si noe om endringer fremover i tid. Næringsstruktur, teknologiske muligheter og aktørers respons på virkemidler er avgjørende for hvordan norsk økonomi og det innenlandske utslippsbildet vil se ut i fremtiden både før og etter omlegging av klimapolitikken.

## 9. Konkluderende merknader

Ifølge makroanalysen kan en samlet utslippsreduksjon på 12 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter nås ved en felles utslippspris for alle klimagassutslipp på vel 1 500 kroner per tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2020. Den samfunnsøkonomiske årlige kostnaden er beregnet til 5 milliarder kroner. I tillegg til det nasjonale målet er det da tatt hensyn til at Norge har internasjonale forpliktelser i EUs kvotemarked (EU-ETS) og Kyotoprotokollen, samt myndighetenes mål om globale bidrag, slik de er innrapportert til FN i kjølvannet av klimaforhandlingene i København.

Tatt i betraktning usikkerheten om kostnadsanslagene, skal en dog være forsiktig med å slå fast hva disse ambisjonene vil koste for Norge. Forbeholdene vil trekke i begge retninger. Anslagene for relative kostnadsforskjeller mellom klimapolitiske alternativer kan være mindre påvirket av usikkerheten rundt kostnadsnivåene. Beregningene illustrerer at klimapolitikk etter all sannsynlighet blir dyrere jo flere mål man setter seg.

Én konklusjon er at bibetingelsen om å nå det nasjonale reduksjonsmålet i tillegg til de globale, gir omtrent tre ganger så høye kostnader. I dette tilfellet utgjør innenlandske tiltak kun 3 millioner tonn av utslippskuttene, mens øvrige globale reduksjoner besørages gjennom kvotekjøp i utlandet. Dette resultatet er særlig følsomt for hva de fremtidige internasjonale kvoteprisene blir og hvor godt de internasjonale kvotemarkedene fungerer. I valget mellom ulike måter å forfølge egne globale målsettinger på, må både kostnader og gevinster tas i betraktning. Mulige gevinster ved å sette innenlandske tilleggsmål, blant annet i form av sikrere globale utslippsreduksjoner, er ikke vurdert i denne analysen.

Beregningene viser videre at kostnadene øker ytterligere dersom man har enda flere hensyn enn målene om nasjonale og globale klimamål. I alternativet der klimapolitikken ikke skal ramme EU-ETS-sektoren utover det som følger av kvoteprisen, må restsektoren betale en utslippspris som er ti ganger høyere enn den europeiske kvoteprisen. En så sterk differensiering av klimapolitikken utelukker en lang rekke av de rimeligste tiltakene i EU-ETS-sektoren, mens mange svært dyre tiltak utløses i restsektoren. De samfunnsøkonomiske kostnadene dobles i følge beregningene. Begrunnelsene for å skjerme EU-ETS-sektoren kan være flere, blant annet bevaring av industriaktivitet, sysselsetting i lokalsamfunn og hensyn til karbonlekkasjer. Generelt kan andre virkemidler også oppnå slike effekter, og utfordringen blir å finne de minst kostnadskrevende.

## Referanser

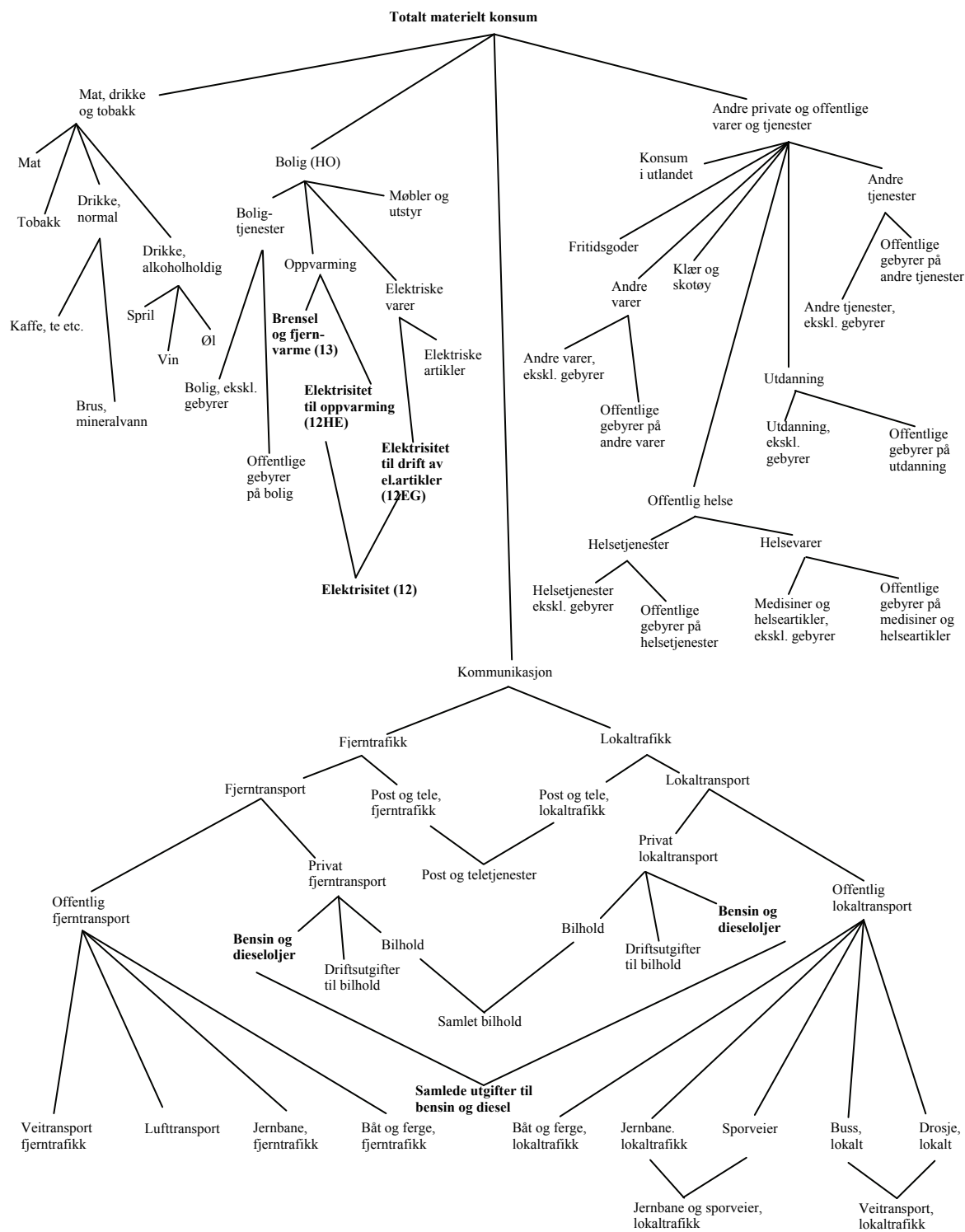
- Bruvoll, A. and T. Fæhn (2006): Transboundary effects of environmental policy: Markets and emission leakages, *Ecological Economics* **59** (4), 499-510.
- Bye, B. (2008): Macroeconomic modelling for energy and environmental analyses: Integrated economy-energy-environmental models as efficient tools, Documents 2008/14, Statistisk sentralbyrå.
- Bye, B. og T. Fæhn (2009): Hva koster klimatiltak for Norge?, *Økonomiske analyser* 5/2009, Statistisk sentralbyrå.
- Bye, B., T. Gunnes og B. M. Larsen (2008): *Konsummodellen i MSG6 ved økonomisk vekst, en analyse av utviklingen i energiforbruket og teknologisk endring*, Rapporter 2008/30, Statistisk sentralbyrå.
- Fæhn, T., L.-M. Hatlen, K. Jacobsen og B. Strøm (2010): *MSG-TECH: Analyser og dokumentasjon av en likevektsmodell med endogene klimateknologivalg*, kommer i serien Rapporter, Statistisk sentralbyrå.
- 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.
- Kanenergi/INSA (2009): Vurdering av biodrivstoff i transportsektoren, tiltak, virkemidler, effekter og kostnader i 2020 og 2030.
- Klimakur 2020 (2009): Vurdering av framtidige kvotepriser, TA 2545/2009, Statens forurensningstilsyn (nå Klima- og forurensningsdirektoratet), Norges vassdrags- og energidirektorat, Oljedirektoratet, Statistisk sentralbyrå, Statens vegvesen.
- 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.
- Schneider, L. (2009): Assessing the additionality of CDM projects: practical experiences and lessons learned, *Climate Policy* **9**, 242–254.
- SFT (2007): Tiltak for reduksjon av klimagassutslipp i Norge, delnotat om virkning av mulige tiltak for reduserte utslipp fra kjøretøy, Statens forurensningstilsyn (nå Klima- og forurensningsdirektoratet)
- St.meld. 34 (2006-2007): *Norsk klimapolitikk*, Miljøverndepartementet, 2007.
- St.meld. 9 (2008-2009): *Perspektivmeldingen 2009*, Finansdepartementet, 2008.
- St.prp. 1 (2003-2004): *Skatter og avgifter*, Finansdepartementet, 2003.
- Wara, M. (2008): Measuring the clean development mechanism's performance and potential, *UCLA Law Review* **55**, 1759-1803.

## Vedlegg A: Produksjonssektorer og varer i MSG-TECH

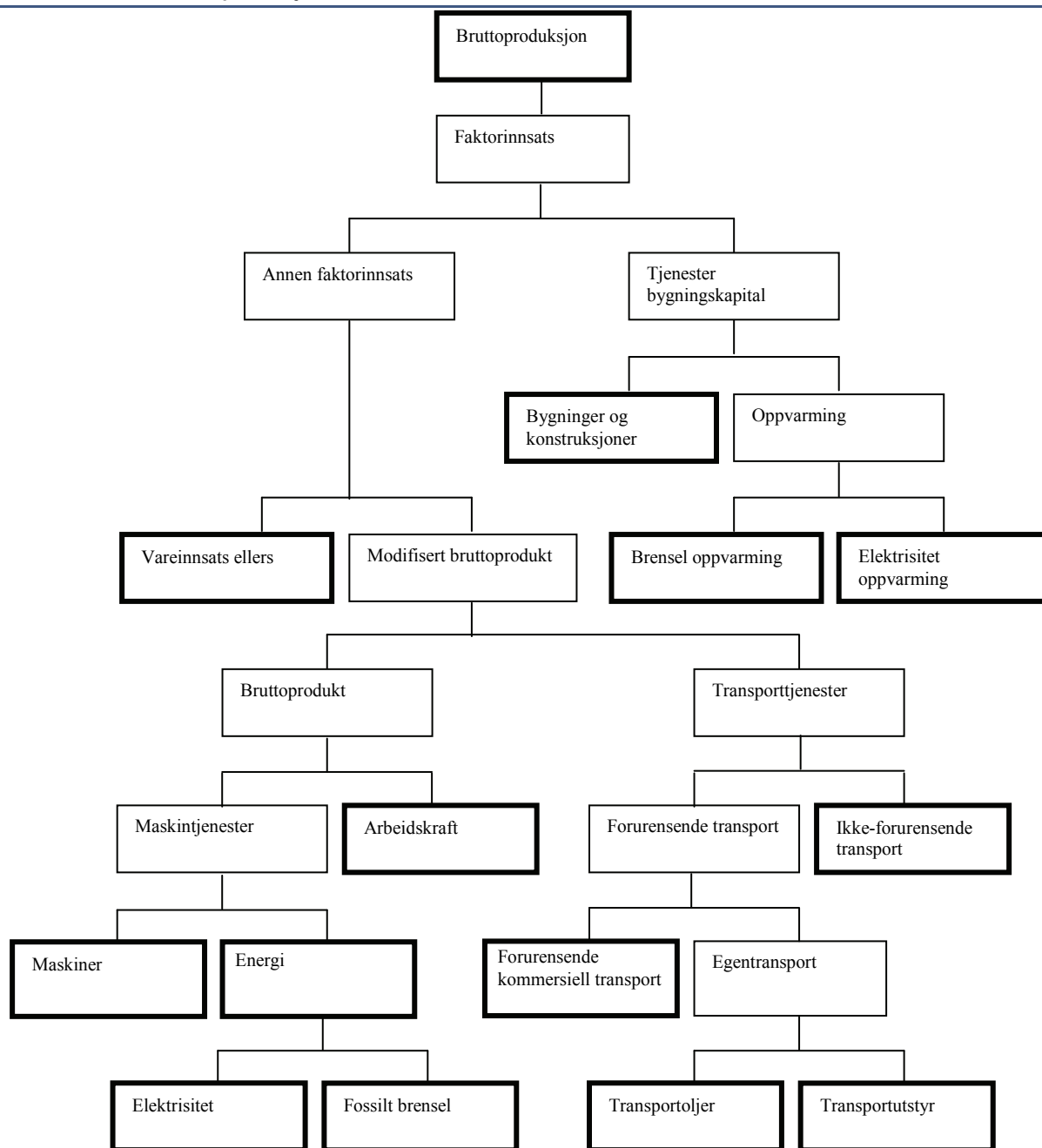
Tabell A.1. Produksjonsaktiviteter i MSG-TECH

MSG-6 Kode	
	<b>Privat næringsvirksomhet</b>
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
47	Leiearbeid og reparasjoner
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
	<b>Statlig tjenesteproduksjon</b>
92S	Forsvar
93S	Statlig undervisning og forskning
94S	Helsetjenester med videre, stat
95SA	Tjenesteproduksjon ellers
95SB	Anleggsvirksomhet, stat
	<b>Kommunal tjenesteproduksjon</b>
93K	Kommunal undervisning og forskning
94K	Helsetjenester med videre, kommuner
95KA	Tjenesteproduksjon ellers
95KB	Anleggsvirksomhet, kommuner
96K	Vannforsyning

Figur A.1. Konsumvarer



Figur A.2. Innsatsfaktorer i produksjonen





## Vedlegg B: Utslippsfordeling 2005, mill tonn CO<sub>2</sub>-ekv.

Kat	Gass	CO <sub>2</sub> -ekv.	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFk	PFk	SF <sub>6</sub>
90	UTSLIPP I ALT	53,70	42,91	4,43	4,74	0,48	0,83	0,31
<b>91</b>	<b>STASJONÆR FORBRENNING</b>	<b>19,18</b>	<b>18,82</b>	<b>0,26</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>9101</b>	<b>Olje- og gassvirksomhet</b>	<b>12,38</b>	<b>12,26</b>	<b>0,09</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
91011	Naturgass	9,74	9,64	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00
91012	Fakling	1,05	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91013	Dieselbruk	0,38	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91014	Gassterminal	1,21	1,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>9103</b>	<b>Industri og bergverk</b>	<b>4,78</b>	<b>4,72</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
91032	Treforedling	0,48	0,45	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
91034	Oljeraffinering	1,04	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91035	Kjemisk industri	1,46	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
910351	Petrokjemi	1,04	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
910352	Gjødselproduksjon	0,31	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
910353	Annen kjemisk produksjon	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91036	Mineralproduktindustri	0,69	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
910361	Sement kalk og gips	0,41	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
910362	Annen mineralsk produksjon	0,27	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91037	Metallproduksjon	0,28	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91038	Annen industri	0,84	0,83	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>9104</b>	<b>Andre næringer</b>	<b>0,97</b>	<b>0,96</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
91041	Primærnæringer	0,12	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
91042	Bygg og anlegg	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91043	Tjenesteyting	0,75	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>9105</b>	<b>Husholdninger</b>	<b>0,86</b>	<b>0,70</b>	<b>0,15</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
91051	Boliger	0,83	0,67	0,15	0,01	0,00	0,00	0,00
91052	Annen forbrenning	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>9106</b>	<b>Forbrenning/deponi avfall</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>92</b>	<b>PROSESSUTSLIPP</b>	<b>18,04</b>	<b>8,06</b>	<b>4,11</b>	<b>4,25</b>	<b>0,48</b>	<b>0,83</b>	<b>0,31</b>
<b>9201</b>	<b>Olje- og gassutvinning</b>	<b>0,98</b>	<b>0,42</b>	<b>0,55</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
92012	Venting, lekkasjer mm.	0,38	0,10	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
920121	Oljeboring; lekkasjer	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
920122	Utvinning; venting mm.	0,34	0,06	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
92013	Oljelasting, hav	0,50	0,28	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
92014	Oljelasting, land	0,04	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
92015	Gassterminal	0,05	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>9202</b>	<b>Industri og bergverk</b>	<b>10,56</b>	<b>7,43</b>	<b>0,10</b>	<b>1,96</b>	<b>0,00</b>	<b>0,83</b>	<b>0,24</b>
92021	Treforedling	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92022	Kjemisk industri	2,40	0,44	0,01	1,96	0,00	0,00	0,00
920221	Gjødselproduksjon	2,29	0,34	0,00	1,96	0,00	0,00	0,00
920222	Karbidproduksjon	0,10	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
920223	Petrokjemi	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
920224	Annen kjemisk	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92023	Mineralproduktindustri	0,87	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
920231	Sementproduksjon	0,86	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
920232	Annen mineralsk	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92024	Metallproduksjon	6,03	4,96	0,00	0,00	0,00	0,83	0,24
920241	Jern, stål og ferrolegeringer	2,70	2,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
920243	Aluminium	3,00	2,17	0,00	0,00	0,00	0,83	0,00
920244	Andre metaller	0,33	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
9202441	Metallproduksjon	0,26	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
9202442	Anodeproduksjon	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92025	Oljeraffinering	1,01	0,96	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
92029	Annen industri	0,24	0,19	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
920291	Utvinning av kull	0,05	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
920292	Gruver	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
920293	Prod. brød og øl (gjæring)	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
920294	Asfaltverk	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>9211</b>	<b>Landbruk</b>	<b>4,34</b>	<b>0,00</b>	<b>2,23</b>	<b>2,11</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
92111	Husdyr	1,91	0,00	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00
92112	Husdyrgjødsel	0,89	0,00	0,31	0,58	0,00	0,00	0,00
92113	Nitrogengjødsling	0,64	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00	0,00
92115	Andre landbruksutslipp	0,89	0,00	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00
<b>9212</b>	<b>Avfallsdeponigass</b>	<b>1,23</b>	<b>0,00</b>	<b>1,23</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>9299</b>	<b>Annet</b>	<b>0,94</b>	<b>0,20</b>	<b>0,01</b>	<b>0,18</b>	<b>0,48</b>	<b>0,00</b>	<b>0,07</b>
92991	Bensindistribusjon	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92992	Løsemidler	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92993	Veistøv og dekkslitasje	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
929931	Veistøv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
929932	Bildekkslitasje, bremses	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92999	Annet	0,76	0,03	0,01	0,18	0,48	0,00	0,07
929991	Kalking: industriavfall	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
929992	Kommunale avløp	0,14	0,00	0,01	0,13	0,00	0,00	0,00
929993	Bruk av produkter	0,55	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,07
929999	Annet	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
<b>93</b>	<b>MOBIL FORBRENNING</b>	<b>16,49</b>	<b>16,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,39</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>9301</b>	<b>Veitrafikk</b>	<b>9,80</b>	<b>9,59</b>	<b>0,04</b>	<b>0,17</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
93011	Bensinkjøretøyer	4,80	4,64	0,03	0,12	0,00	0,00	0,00

930111	Lette kjøretøy: bensin	4,73	4,58	0,03	0,12	0,00	0,00	0,00
930112	Tunge kjøretøy: bensin	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
93012	Dieselskjøretøyer etc.	4,89	4,84	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
930121	Lette kjøretøy: diesel etc.	2,34	2,32	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
930122	Tunge kjøretøy: diesel etc.	2,55	2,51	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
93013	Motorsykkel – moped	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
930131	Motorsykkel	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
930132	Moped	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>9306</b>	<b>Luftfart</b>	<b>1,01</b>	<b>1,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
93061	Innenriks < 1000 m	0,29	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
93063	Innenriks > 1000 m	0,72	0,71	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>9307</b>	<b>Skip og båter</b>	<b>3,77</b>	<b>3,73</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
93071	Kysttrafikk mm.	2,34	2,32	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
93072	Fiske	1,36	1,35	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
93073	Mobile oljerigger med mer.	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>9399</b>	<b>Annen mobil forbrenning</b>	<b>1,91</b>	<b>1,71</b>	<b>0,01</b>	<b>0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
93992	Snøscooter	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
93993	Småbåt	0,18	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
93994	Motorredskap	1,66	1,48	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
939941	Motorredskap, bensin	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9399411	Motorredskap: bensin 2-takt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9399412	Motorredskap: bensin 4-takt	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
939942	Motorredskap: diesel	1,60	1,42	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
93995	Jernbane	0,05	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00

Kilde: KLIF

## Vedlegg C: Implementering av EUs kvotemarkedssystem

**Tabell C.1. Implementerte gratiskvoter for EU-ETS-sektorer 2008-2020, tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter**

år	Kjem&min -s27	treforedl -s34	kjem. råv -s37	raffineri -s40	metall -s43	petro -s66	luftfart -s76	gasskraft -s702	SUM	Gratis- andel
2008	1567730	302470	2171695	1311646	ikke med	0	ikke med	ser bort fra	5353540	0,36
2009	1567730	302470	2171695	1311646	ikke med	0	ikke med	ser bort fra	5353540	0,36
2010	1567730	302470	2171695	1311646	ikke med	0	ikke med	ser bort fra	5353540	0,36
2011	1567730	302470	2171695	1311646	ikke med	0	ikke med	ser bort fra	5353540	0,36
2012	1567730	302470	2171695	1311646	ikke med	0	ikke med	ser bort fra	5353540	0,36
2013	1170933	346950	1752622	1504533	3954228	9578984	ser bort fra	ser bort fra	18308249	0,67
2014	1151027	341052	1722827	1478956	3887006	9416141	ser bort fra	ser bort fra	17997009	0,67
2015	1131459	335254	1693539	1453814	3820927	9256067	ser bort fra	ser bort fra	17691060	0,67
2016	1112224	329555	1664749	1429099	3755971	9098713	ser bort fra	ser bort fra	17390312	0,67
2017	1093317	323952	1636448	1404804	3692120	8944035	ser bort fra	ser bort fra	17094676	0,67
2018	1074730	318445	1608628	1380923	3629354	8791987	ser bort fra	ser bort fra	16804067	0,67
2019	1056460	313031	1581282	1357447	3567655	8642523	ser bort fra	ser bort fra	16518398	0,67
2020	1038500	307710	1554400	1334370	3507005	8495600	ser bort fra	ser bort fra	16237585	0,67

**Tabell C.2. Implementert norsk totalkvote i EU-ETS 2008-2020, millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter**

År	kvote	andel av 2005-utslipp
2008	15,00	n.a.
2009	15,00	n.a.
2010	15,00	n.a.
2011	15,00	n.a.
2012	15,00	n.a.
2013	22,98	0,89
2014	22,59	0,88
2015	22,20	0,86
2016	21,82	0,85
2017	21,45	0,83
2018	21,08	0,82
2019	20,72	0,80
2020	20,37	0,79

## Figurregister

2.1. Antatte utslipps-/kvotepriser i beregningene, 2004-priser, kroner/tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	14
2.2. Referansebanens utslipp, innenlandsk utslippstak og landets globale utslippstak, millioner tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	17
3.1. Tiltak og estimert rensekurve, prosessindustri .....	22
3.2. Tiltak og estimert rensekurve, veitransport .....	23
3.3. Tiltak og estimert rensekurve, petroleum .....	23
4.1. Referansebanene i Nasjonalbudsjettet 2007, Perspektivmeldingen og Klimakur 2020, samlede utslipp (tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter) .....	25
4.2. Endring i referansebanens utslipp i 2020 i forhold til Perspektivmeldingen .....	27
4.3. Utslipp fordelt på sektorer i makroberegningens referansebane .....	27
4.4. Utslipp fordelt på Kyoto-gasser i makroberegningens referansebane .....	28
5.1. Virkningsberegning A: Kvotekjøp i utlandet, mill. tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	29
6.1. Virkningsberegning B: Utslippsreduksjoner fordelt på tiltakskategorier; millioner tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	34
6.2. Virkningsberegning B: Utviklingen i den nasjonale kvoteprisen, kroner/tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter (2004-priser) .....	34
6.3. Virkningsberegning B: Kvotekjøp i utlandet, millioner tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	35
7.1. Virkningsberegning C: Utviklingen i utslippspriser for restsektoren og EU-ETS-sektoren, kroner/tonn (2004-priser) .....	38
7.2. Virkningsberegning C: Utslippsreduksjoner fordelt på tiltakskategorier; tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	39
7.3. Virkningsberegning C: Kvotekjøp i utlandet, millioner tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	39
<b>Vedlegg</b>	
A.1. Konsumvarer .....	47
A.2. Innsatsfaktorer i produksjonen .....	48

## Tabellregister

5.1. Virkningsberegning A: Makroøkonomiske hovedtall, 2012 og 2020; prosentvis endring fra referansebanen .....	30
5.2. Virkningsberegning A: Effekter på andre utslipp, prosentvis endring fra referansebanen 2020; tonn .....	32
6.1. Virkningsberegning B: Makroøkonomiske hovedtall, 2012 og 2020; prosentvis endring fra referansebanen .....	36
6.2. Virkningsberegning B: Effekter på andre utslipp, prosentvis endring fra referansebanen 2020; tonn .....	37
7.1. Virkningsberegning C: Makroøkonomiske hovedtall, 2012 og 2020; prosentvis endring fra referansebanen .....	40
7.2. Virkningsberegning C: Effekter på andre utslipp, prosentvis endring fra referansebanen 2020; tonn .....	41
<b>Vedlegg</b>	
A.1. Produksjonsaktiviteter i MSG-TECH .....	46
C.1. Implementerte gratiskvoter for EU-ETS-sektorer 2008-2020.....	51
C.2. Implementert norsk totalkvote i EU-ETS 2008-2020 .....	51