



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp

Handelshøyskolen

Karbontoll i EU ETS: En simulering av aluminiumsmarkedet og konsekvenser for utslippsnivå og norsk aluminiumsindustri

CBAM in the EU ETS:

Simulation of the Aluminium Market and the Effects on
the Norwegian Aluminium Industry and Emissions

Håkon Reier Sollid Iversen

Cecilie Drange Ringøen

Master i samfunnsøkonomi

Forord

Ved å levere denne masteroppgaven runder vi av to gode år på NMBU. De siste månedene med oppgaveskriving har vært både krevende og utfordrende, men mest av alt svært lærerikt. Til tross for at det har vært en lang prosess hvor utallige timer er lagt ned, har vi hatt glede av å forsøke og finne svar på problemstillingen.

Først og fremst ønsker vi å takke Knut Einar Rosendahl for glimrende veiledning og konstruktiv dialog. Vi hadde ikke hatt mulighet til å levere denne oppgaven uten så gode innspill og tilbakemeldinger. Vi ønsker også å takke alle forelesere vi har hatt i løpet av tiden på NMBU. I tillegg vil gi en ekstra takk til Olvar Bergland for et lynkurs i både Python og AMPL. Videre er vi takknemlige til Jan Peter Jebsen, Jostein Røynesdal og Liv Rathe i Norsk Hydro for å ha gitt oss bedre innsikt i aluminiumsindustrien og praktisk problematikk rundt karbontoll. Til sist vil vi takke for deltakelse i og masterstipend fra forskningsprosjektet ENABLE (Enabling the Green Transition in Norway), som er et samarbeidsprosjekt mellom blant annet CICERO, Fritjof Nansens institutt og NMBU.

Vi tar fullt ansvar for eventuelle feil eller uklarheter i oppgaven.

Oslo, Mai 2021

Håkon Reier Sollid Iversen

Cecilie Drange Ringøen

Sammendrag

EU vurderer nye metoder for å nå fastsatte klimamål, samt sikre konkurransedyktighet for europeisk industri. Denne oppgaven undersøker karbontoll (CBAM) som en tilleggsmekanisme for å motvirke karbonlekkasje i EUs kvotesystem. Ved å bruke aluminiumsmarkedet, sammenlignes effekten av karbontoll med dagens anti-lekkasje virkemidler med hensyn på globalt utslippsnivå og norsk konkurranseutsatt industri. I oppgaven utarbeides en økonomisk likevektsmodell bestående av fire aluminiumsprodusenter (Norge, EU, Kina og Russland) og to markeder; det europeiske markedet og verdensmarkedet. Modellen viser at utformingen av karbontollen og kombinasjonen med andre anti-lekkasje virkemidler har stor betydning for produsentenes produksjonsnivå, men ikke nødvendigvis for samlede utslipp fra aluminiumsindustrien. Totale utslipp endrer seg mellom -0,1% til 0,7% avhengig av utformingen av anti-lekkasjepolitikken. Modellen viser også at produsenten som blir pålagt høyest karbontoll trekker seg ut av det europeiske markedet. Videre fremkommer det at karbonpriskompensasjonen er avgjørende for europeiske produsenter, og dersom denne bortfaller vil det svekke deres konkurransevne. Vi finner også at et bortfall av karbonpriskompensasjon vil kunne føre til høy karbonlekkasje.

Abstract

The EU is assessing new measures to reach their ambitious climate targets, as well as ensuring European competitiveness. This thesis examines a carbon border adjustment mechanism (CBAM) as a supplementary measure to counteract carbon leakage in the EU Emission Trading System. By using the aluminium market, we are assessing the effects an import tariff will have on global emissions and trade exposed industry in Norway compared to the current anti leakage measures. The results are based on an economic equilibrium model, consisting of four producers (Norway, The EU, China and Russia) and two markets; the European market and the world market. The results shows that the design of the import tariff and the combination with other anti leakage measures are of great significance for the producers, but not necessarily for the emission level. Changes in total emissions from the aluminium industry is between -0.1% and 0.7% depending on the composition of the anti leakage policies. The model also shows that the producer facing the highest tariff, withdraws from the European market in all scenarios. Further, the CO₂ compensation scheme is critical for European producers, and it will weaken them greatly if the scheme emits from the policy package. We also find that the discontinuation of the compensation might lead to a high leakage rate.

Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon	7
2. Bakgrunn	9
2.1 Internasjonal klimapolitikk	9
2.2 EUs kvotehandelssystem.....	10
2.2.1 Etablering av kvotemarkedet.....	10
2.2.2 Konkurransetsatt industri.....	11
2.2.3 Gratiskvoter	12
2.2.4 Karbonpriskompensasjon	13
2.3 Karbontoll.....	13
2.4 Aluminium.....	16
3. Teori og litteratur	20
3.1 Markedstilpasning	20
3.2 Kostnadseffektivitet og kvotehandel	22
3.3 Unilateral klimapolitikk og karbonlekkasje.....	24
3.4 Allokering av gratiskvoter.....	28
3.5 Utforming av karbontoll.....	29
3.6 Forventet effekt av karbontoll.....	31
4. Modell og data.....	36
4.1 Valg av modell	36
4.2 Epperspørsmål.....	37
4.3 Tilbud	38
4.3.1 Tilbudsfunksjoner	38
4.3.2 Kostnader.....	40
4.3.3 Anti-lekkasje virkemidler	42
4.4 Markedsløsning	43
4.5 Scenarier for karbontoll	44
4.5.1 Referansescenario og BaU	45
4.5.2 Scenario 1	46
4.5.3 Scenario 2	46
4.6 Data.....	47
5. Resultater og diskusjon	51
5.1 Referansescenario.....	51

5.2 Business as Usual	53
5.3 Scenario 1	55
5.4 Scenario 2	58
5.5 Vurdering av scenarioer	61
5.6 Sensitivitetsanalyse	63
5.6.1 Kvotepriis og kraftpris	64
5.6.2 Anti-lekkasjepolitikk	67
5.6.3 Klimamål og lavere utslipp	70
5.6.4 Lang sikt	73
5.7 Videre diskusjon	75
6. Konklusjon	80
Litteraturliste	82
Appendiks	87

Figurer

Figur 1: Produksjon av aluminium i 2020 fordelt på ulike regioner	17
Figur 2: Verdikjeden til aluminium	18
Figur 3: Endring i kostnader som følge av klimaregulering	21
Figur 4: Utslipsreduksjoner ved ulike marginale rensekostnader	22
Figur 5: Kvotemarked	23
Figur 6: Konkurransoeffekten ved innføring av unilateral klimapolitikk	26
Figur 7: Konkurransoeffekten ved innføring av gratiskvoter	32
Figur 8: Konkurransoeffekten ved innføring av karbontoll	33
Figur 9: Produsentenes energintensitet	48
Figur 10: Produsentenes utslippsintensitet, fordelt på direkte og indirekte utslipp	49
Figur 11: Produsentenes markedsandel i verdensmarkedet og det europeiske markedet - referansescenario	52
Figur 12: Salg og utslipp fra forbruk i det europeiske markedet - referansescenario	53
Figur 13: Salg og utslipp fra forbruk i verdensmarkedet - referansescenario	53
Figur 14: Produsentenes markedsandel i verdensmarkedet og det europeiske markedet - Scenario 1	56
Figur 15: Endringer i produksjon og utslipp - scenario 1	56

Figur 16: CO2-utslipp fra forbruk i markedene – scenario 1	57
Figur 17: Samlet effekt på produksjon, resultat og utslipp i scenario 1	58
Figur 18: Produsentenes markedsandel i verdensmarkedet og det europeiske markedet - Scenario 2	59
Figur 19: Endringer i produksjon og utslipp - scenario 2	59
Figur 20: CO2-utslipp fra forbruk i markedene	60
Figur 21: Samlet effekt på produksjon, resultat og utslipp i scenario 2	61
Figur 22: Endringer i dekningsbidrag sammenlignet med referansescenario	62
Figur 23: Endringer i utslipp fordelt på produksjonssted	62
Figur 24: Samlet effekt på produksjon, resultat og utslipp i scenario 1 på lang sikt	74
Figur 25: Samlet effekt på produksjon, resultat og utslipp i scenario 2 på lang sikt	74

Tabeller

Tabell 1: Oversikt over hvilke virkemidler som er gjeldende for Norge (N), EU, Russland (R) og Kina (K) i de ulike simulerte scenarioene	45
Tabell 2: Norge og EUs samlede inntekter og kostnader fra anti-lekkasje virkemidler	63
Tabell 3: Endringer i utslipp og produksjon i scenario 1 ved en ulike kvotepriser	65
Tabell 4: Endringer i utslipp og produksjon i scenario 2 ved en ulike kvotepriser	66
Tabell 5: Karbonlekkasje i scenario 2 ved ulike kvotepriser	67
Tabell 6: Endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag i scenario 1 i hovedmodell og ved å beholde halvparten av gratiskvotene	68
Tabell 7: Endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag i scenario 2 i hovedmodell og ved å beholde halvparten av gratiskvotene	69
Tabell 8: Endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag i scenario 2 i hovedmodell og ved å redusere støtteintensiteten i karbonpriskompensasjonen til 30%	70
Tabell 9: Endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag i scenario 2 i hovedmodell og et tilfelle hvor EUs, Kinas og Russlands utslippsintensitet er redusert til 2,94 tonn CO2 per tonn primæraluminium	72

1. Introduksjon

Klimaendringene er stadig mer påfallende og får høyere prioritet på den politiske agendaen. Ettersom et godt klima er et globalt offentlig gode og at det er samlede klimagassutslipp som er avgjørende for dette, er det essensielt å få til gode internasjonale avtaler og samarbeid.

EU har vært en pådriver i klimaarbeidet, og opprettet i 2005 kvotehandelsystemet European Union Emission Trading System (EU ETS). Dette er verdens største og mest omfattende system for kvotehandel og omfatter omtrent halvparten av EUs klimagassutslipp. Norge er også tilknyttet dette systemet, og dermed er en rekke norske bedrifter inkludert i kvotepliktig sektor. Det at EU har strengere klimapolitikk enn mange andre områder kan føre til uønskede effekter. Bekymringene er blant annet faren for tap av konkurransekraft i internasjonale markeder, ettersom produsenter i EU ilegges utslippkostnader. Dette kan også føre til at utslippene øker på steder som ikke reguleres av klimapolitikken. Dette kalles karbonlekkasje. EU ETS har derfor i tidligere faser supplert kvotesystemet med virkemidler som skal motvirke dette, både gratiskvoter og karbonpriskompensasjon. Disse virkemidlene reduserer den økonomiske belastningen av kvoteplikten og karbonpriskompensasjon er innført for å kompensere for økningen i kraftpriser som følger av klimakvotene.

EU øker til stadighet sine klimamål, noe som medfører økende asymmetri i klimaambisjoner og utslippkostnader mellom ulike områder. Det har i løpet av de siste årene vært en markant økning i kvoteprisen, og med en strengere klimapolitikk kan det forventes at den fortsetter å øke i tiden fremover. Dermed blir debatten rundt karbonlekkasje enda viktigere, og det er nødvendig å vurdere effektive virkemidler og tilnærminger som forhindrer karbonlekkasje og sikrer konkurransedyktighet.

Et foreslått virkemiddel som har blitt svært aktuelt i klimadebatten er «Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)». Dette er en grensetilpasningsmekanisme som skal justere avgiftene på import og eksport for å korrigere for differanser i utslippkostnader ved produksjon i ulike områder. I norsk kontekst er dette ofte omtalt som karbontoll, selv om dette i utgangspunktet kun refererer til en importtoll på varer med høyt karboninnhold. I EUs forslag er det kun en importtoll som vurderes (European Commission, 2020a). Forslaget var under offentlig høring i perioden juli til oktober 2020. Hovedvekten av respondentene stiller seg positive til forslaget dersom differansen i ambisjonsnivået mellom EU og handelspartnere

vedvarer og denne differansen medfører en risiko for karbonlekkasje (European Commission, 2021). Likevel er flere norske aktører, blant annet Norsk Industri og NHO, skeptiske til forslaget og peker på at dette bør være siste utvei hvis alle andre tiltak for å redusere karbonlekkasje mislykkes (Øvrebø, 2020). Europakommisjonen skal fatte en beslutning i løpet av 2021.

Denne oppgaven har som formål å vurdere hvilken effekt en innføring av karbontoll vil ha på karbonlekkasje og utslippsnivå istedenfor dagens virkemidler, samt se på hvordan det vil påvirke norsk konkurranseutsatt industri i kvotepliktig sektor. Vi vil forsøke å besvare dette ved å modellere og simulere det globale aluminiumsmarkedet, da dette kjennetegnes av å være både svært energiintensivt og konkurranseutsatt.

Oppgaven omhandler en rekke relevante aspekter tilknyttet klimapolitiske virkemidler, men vil hovedsakelig fokusere på å besvare den todelte problemstillingen:

Hvordan påvirker karbontoll globale utslipp fra aluminiumsproduksjon sammenlignet med dagens anti-lekkasje virkemidler, og hva blir konsekvensene for norsk aluminiumsindustri?

Kapittel 2 gir bakgrunnsinformasjon og oversikt over klimapolitikk både internasjonalt og i Norge, samt en beskrivelse av aluminiumsmarkedet. I kapittel 3 vil vi belyse relevant teori og litteratur for å forstå CBAM. I kapittel 4 presenteres data og forskningsdesign. Resultatene og ulike feilkilder blir så fremlagt og diskutert i kapittel 5. Til slutt oppsummeres oppgaven med en konklusjon i kapittel 6.

2. Bakgrunn

2.1 Internasjonal klimapolitikk

Utfordringene knyttet til klima og miljø får en stadig høyere prioritet på den politiske agendaen og internasjonalt samarbeid fremheves som en essensiell del av løsningen. Det er gjort flere forsøk på samarbeid og to kjente eksempler på dette er Kyoto-protokollen og Parisavtalen. En god klimaavtale kjennetegnes ofte av bred deltakelse og at det er enighet om en betydelig mengde utslippsreduksjoner (Greaker et al., 2013, s. 28). Kyoto-protokollen ble vedtatt i 1997 da 55 land ble enige om en avtale som skulle redusere klimagassutslipp, men trådte først i kraft i 2005 (FN-sambandet, 2020a). Avtalen innebar at alle land, utenom utviklingsland, skulle kutte utslipp, men med varierende krav til hvert land. På bakgrunn av dette fikk Kyoto-protokollen kritikk for å ha en urettferdig fordeling av utslippskutt og for at valgt referanseår var fordelaktig for spesielt daværende Sovjetunionen. I tillegg valgte USA å ikke ratifisere avtalen, slik at enda færre land kuttet utslipp. Den generelle oppfatningen i etterkant var at avtalen ikke var sterk nok.

I 2015 møttes verdens ledere igjen for å forhandle fram en ny avtale, noe som kulminerte i Parisavtalen. Klimaambisjonene ble forhøyet og landene ble enige om å begrense temperaturøkningen til godt under 2 grader celsius, og helst ned til 1,5 grader celsius. I Parisavtalen ble opprinnelig alle de rike og store landene enige om å bære mesteparten av byrden, mens de fattigere og mindre landene forpliktet seg til mindre utslippsreduksjoner (FN-sambandet, 2020b). Avtalen legger opp til at alle land definerer egne mål for utslippsreduksjoner, såkalte «Nationally Determined Contributions». Så langt anser man avtalen som det beste forsøket på en internasjonal klimaavtale og den betegnes av noen som både relativt bred og dyp, noe som ikke er vanlig for koalisjoner innen klimaarbeid (Lessmann et al., 2015).

Med blant annet Parisavtalen som bakteppe og overordnet mål, har land og ulike regioner fastsatt egne klimamål. Kina har i lang tid blitt betraktet som et utviklingsland og deres krav til klimamål har derfor vært begrenset. Kina er landet med mest CO₂-utslipp og står for 30% av verdens utslipp. De har uttalt at de vil nå utslippstoppen innen 2030 (Øvrebø, 2021). Likevel er det tvilsomt at Kina kan gå for å være et utviklingsland i tiden fremover, og i 2020 forsterket Kina sine klimamål da president Xi Jinping la frem at Kina skal være karbonnøytralt innen 2060 (Michelsen, 2020). Dette gir økt håp for å nå målene i Parisavtalen.

EU har i flere år arbeidet med klima og hadde som mål å redusere utslippene med 20% sammenlignet med nivået i 1990 innen 2020, men dette målet ble ikke nådd (European Environment Agency, 2019). I 2019 lanserte EU «The Green Deal» (EUs grønne giv) som la til grunn at målene for 2030 skulle forsterkes. Fra Parisavtalen var målet å kutte utslippene med 40% sammenlignet med utslippene på 90-tallet, men dette ble nylig oppjustert til minst 55% reduksjon. EUs grønne giv krever en bærekraftig omstilling av økonomien og at klimapolitikken styrkes. EUs forhøyede ambisjoner har også betydning for Norge. Norge samarbeider med EU og er gjennom EØS-avtalen knyttet til EUs klimaregelverk (Utenriksdepartementet, 2021). Fram mot 2030 vil Norge kutte minst 50% og opp mot 55% av sine utslipp. Samtidig baserer mye av Norges regelverk for klima seg på EUs regelverk. Denne tilstramningen av klimamål vil kreve at både Norge og EU må se nærmere på nåværende klimatiltak og andre mulige klimatiltak.

2.2 EUs kvotehandelsystem

2.2.1 Etablering av kvotemarkedet

Et av EUs viktigste klimatiltak har så langt vært å gi CO₂-utslipp en pris gjennom kvotehandel. Karbonprising har til hensikt å korrigere for den ekstermaliteten CO₂-utslipp utgjør. Ved å gi utslippene en pris, presses produsentene (og konsumentene) til å ta hensyn til de negative konsekvensene utslippene medfører. EUs kvotesystem, også kalt ETS (Emissions Trading System), ble iverksatt i 2005 og er verdens første internasjonale system for kvotehandel av CO₂. ETS fungerer som et «cap and trade»-system og ble innført som en del av planen om å bekjempe klimaendringene og redusere klimagassutslipp kostnadseffektivt. Utvalgte sektorer innenfor alle EU-land i tillegg til EØS landene Island, Liechtenstein og Norge inngår i kvotehandelsystemet. Norge har vært med siden 2008 (Klima- og Miljødepartementet, 2020). De utvalgte sektorene i ETS betegnes som kvotepliktige sektorer og inkluderer landbasert industri, offshoreanlegg og luftfart. Disse står for omtrent halvparten av utslippene (Miljødirektoratet, 2020).

Kvotesystemet har et tak for tillatte utslipp som bestemmes av EU og er gitt i antall tillatte tonn CO₂. En kvote gir tillatelse til utslipp av ett tonn CO₂ (European Commission, 2015). EU opererer med årlige prosentvise reduksjoner av taket, noe som fører til en nedgang i utslipp over tid og at prisen opprettholdes i markedet. En høyere kvotepris vil trolig bidra til å akselerere prosessen av en grønn omstilling og føre til lavere utslipp.

Kvotestystemet blir til stadighet revidert og befinner seg for øyeblikket i fjerde fase (2021-2030). Endringer i kvotestystemet er nødvendig fordi markedene stadig endrer seg og systemet må derfor forbedres i håp om nå de satte utslippsmålene. De to første fasene hadde et mer begrenset omfang og handlet om å få implementert systemet og lære. Fase 2 var første periode med forpliktelsene fra Kyotoavtalen hvor land hadde konkrete mål for utslippsreduksjoner, og det ble en innstramming i antall kvoter fra fase 1. I fase 3 ble kvotemarkedet strammet inn ytterligere med strengere lover og enda flere sektorer ble inkludert. I fase 3 ble det opprettet en markedsstabiliseringsreserve (MSR). MSR ble innført med formål å redusere det store overskuddet av kvoter i markedet. Denne mekanismen fungerer også som en markedsstabilisator som gir større fleksibilitet til å håndtere fremtidige sjokk i markedet og endringer i etterspørsel av kvoter. Fra 2019 ble en viss andel av overskuddet satt inn på reserven. Den delen av reserven som overstiger antallet auksjonerte kvoter året før vil fra 2023 slettes på permanent basis. Dette gjøres for å øke størrelsen på samlede utslippskutt frem mot 2030 (Klima- og miljødepartementet, 2014). Fra og med fase 4 vil fokuset ligge på å styrke nåværende system og fremme teknologisk utvikling for å kunne redusere utslippene (European Commission, u.å.-c).

2.2.2 Konkurransetsatt industri

En bekymring er at økt regulering kan medføre at produksjon og utslipp forflytter seg til andre områder. Dette omtales ofte som karbonlekkasje og vil bli nærmere forklart i kapittel 3.3. For å forhindre lekkasje og tap av konkurransekraft retter EU spesielt fokus mot konkurranseutsatt og energiintensiv sektor (EITE). Dette gjør EU ved tildele vederlagsfrie kvoter og kompensere for økte kraftpriser (se kap. 2.2.3 og 2.2.4). Det er dermed viktig å ha en klar definisjon for å vite hva som karakteriserer en slik sektor for å kunne håndtere problematikken og sikre mer målrettede virkemidler. Enkelt forklart må bedriften oppfylle følgende kriterier (Parry, 2015):

- 1) Høy energiintensitet ved for eksempel stort behov av fossilt brensel som en innsatsfaktor for produksjon
- 2) Høy eksponering for internasjonale handelsmarkeder hvor det oppstår stor konkurranse fra andre regioner

Typiske eksempler på sektorer som faller inn under en slik klassifisering er sement, glass og metallsektorer som stål og aluminium. EU har satt egne kriterier for hva som kan karakteriseres som EITE og ut ifra det settes det opp en liste for sektorer som er spesielt utsatt for karbonlekkasje. Bakgrunnen for dette er å kunne dempe tapet av konkurransekraft og dermed

reducere risikoen for karbonlekkasje ved å gi ut kvoter gratis. Listen ble for første gang tatt i bruk for perioden 2013-2014 og ble oppdatert for perioden 2015-2020. En sektor eller undersektor betegnes å være utsatt hvis CO₂-prisen øker direkte og indirekte kostnader med 5% og handelsintensiteten¹ med land utenfor EU overstiger 10%. I tillegg kan man også betegne en sektor som utsatt for karbonlekkasje hvis enten de direkte og indirekte kostnadene er minst 30% av produksjonskostnadene eller hvis handelsintensiteten med land utenfor EU er høyere enn 30%. Disse kriteriene vil videreføres til fase 4, men med noe strengere krav og basere seg på bedre data (European Commission, u.å.-b).

2.2.3 Gratiskvoter

I EU ETS blir kvotene fordelt både gjennom auksjoner og gratis tildeling. Tildeling av gratiskvoter er et av EUs viktigste virkemidler for å motvirke karbonlekkasje. I oppstarten av EU ETS ble det tildelt raust med kvoter for å imøtekomme skeptisk industri som da ville oppleve økte kostnader. Fra og med fase 3 ble den vederlagsfrie tildelingen fokusert på EITE-sektorer som er utsatt for en betydelig risiko for karbonlekkasje (European Commission, u.å.-a). Sektorene mest utsatt for karbonlekkasje får en høyere andel gratiskvoter sammenlignet med andre sektorer. Antall kvoter som en bedrift får, avhenger av en sektorspesifikk standard, som setter en referanseverdi for tonn klimagassutslipp per produserte enhet, for eksempel tonn CO₂-utslipp per produserte tonn aluminium. Ut ifra dette får bedrifter en mengde kvoter som tilsvarer hva deres totale utslipp ville ha vært hvis utslippsintensiteten i produksjonen hadde samsvart med standarden. Videre må de kjøpe klimakvoter for å dekke øvrige CO₂-utslipp. Dette premierer de mest effektive bedriftene med minst utslipp som ender opp med å måtte kjøpe få eller ingen kvoter.

EU ETS har som ambisjon at auksjonering skal være hovedregelen for anskaffelse av kvoter til kvotepliktige bedrifter. Det vil si at kvoter som ikke blir tildelt gratis til bedrifter innenfor kvotepliktig sektor skal ut på auksjon og selges i markedet til høystbydende (Prop. 101 S (2017-2018)). Målet til EU ETS er å øke andelen som fordeles gjennom auksjon. Etersom EU har planer om å utfase eller redusere bruken av gratiskvoter vil fase 4 av EU ETS bestå av innstramming rundt kriteriene for EITE og fokusere mer på de mest utsatte sektorene. I 2019 ble 64% av norske utslipp dekket av gratiskvoter (Miljødirektoratet, u.å.-b).

¹ Handelsintensitet måler den totale handelen i forhold til den totale produksjonen.

2.2.4 Karbonpriskompensasjon

Kvotemarkedet påvirker også bedrifter indirekte gjennom økte kraftpriser. Dette er fordi europeiske kraftverk innenfor kvotepliktig sektor ikke får gratiskvoter og må dekke utslippene sine ved kjøp av kvoter. Denne kostnaden veltes over på kundene i form av høyere kraftpriser. For energiintensiv industri kan denne karbonkostnaden være betydelig. Medlemslandene i EU ETS oppfordres til å gi kompensasjon til de mest energiintensive sektorene (Klima- og miljødepartementet, 2018). Dette kalles karbonpriskompensasjon eller CO₂-kompensasjon, og er frivillig for medlemslandene å implementere. Formålet med denne ordningen er, i likhet med tildelingen av gratiskvoter, å forebygge karbonlekkasje i industrien. Norge og en rekke andre land har besluttet å gi karbonpriskompensasjon gjennom statsstøtte. I Norge ble det utbetalt over 1,4 milliarder kroner i karbonpriskompensasjon i 2019 (Miljødirektoratet, u.å.-a). Etersom kvoteprisen var vesentlig høyere i 2020, vil kompensasjonen for dette året sannsynligvis også være mye høyere. Det pekes på at støtten bør begrenses til 25% av landets inntekter fra auksjonerte kvoter. Bedriftene innenfor sektorene som EU har definert som utsatt for karbonlekkasje, kan søke kompensasjon dersom elektrisitetsforbruket overstiger 10 GWh per år. Karbonpriskompensasjonsordningen skal videreføres i fase 4 og er for øyeblikket under revidering av Europakommisjonen (European Commission, u.å.-b).

I Norge produseres det i all hovedsak nok fornybar energi til å dekke eget behov, og derfor er det ikke mye utslipp knyttet til kraftproduksjon i Norge. Likevel er kraftnettet koblet sammen med resten av Europa og prisingen fungerer på en slik måte at også kraftprisen i Norge inneholder en karbonkostnad². På denne måten betaler norske og de fleste europeiske industrier indirekte karbonkostnader fra elektrisitetsproduksjon, til dels uavhengig av karboninnholdet i den faktiske elektrisiteten som benyttes i produksjonen (Marcu et al., 2021, s. 52). Prisene i Norge er derimot ikke identiske med resten av Europa på grunn av kapasitetsbegrensninger i nettet. Det vil si at karbonkostnaden slår nok ikke like mye inn på den norske kraftprisen sammenlignet med mange EU-land.

2.3 Karbontoll

CBAM har blitt foreslått som en mulig erstatter for virkemidlene beskrevet over. Idéen går ut på å justere avgiftene på import og eksport av konkurranseutsatte varer, slik at det korrigerer for

² Prisen i kraftmarkedet bestemmes av produsenten som selger siste enhet. I Europa er dette ofte fra en fossil energikilde (Marcu et al., 2021, s. 52).

differanser i utslippskostnader ved produksjon i ulike områder. I likhet med gratiskvoter og karbonpriskompensasjon, har karbontoll til formål at det ikke skal være fordelaktig å flytte produksjon til uregulerte områder. Selv om CBAM i utgangspunktet inkluderer justering av avgifter på både import og eksport, er det kun en importtoll som vurderes av EU. Tildeling av gratiskvoter, spesielt i form av produksjonsbasert tildeling, indirekte subsidierer produksjon av utslippsintensive produkter. Dette motstrider prinsippet om at forurenser skal betale, som betyr at aktøren som slipper ut skadelig klimagasser skal bære kostnaden for rensing. En karbontoll tar i større grad hensyn til dette, da også importerte varer pålegges avgift og utenlandske produsenter på denne måten betaler indirekte for sine utslipp. Felbermayr og Peterson (2020) poengterer at EU er den største importøren av CO₂-utslipp da de importerer varer som inneholder mer enn 700 millioner tonn CO₂. Det kunne derfor være hensiktsmessig å innføre klimapolitikk som korrigerer for dette.

Ideen om en slik fiskal avgift for å motvirke karbonlekkasje ble først introdusert av Markusen (1975). Dette var en enkel modell med kun to land og to goder. Senere utvidet Hoel (1996) modellen til å omfatte et ubestemt antall land og goder. Begge studiene peker på at en optimal ensidig politikk med en CO₂-pris også innebærer karbontoll på import og subsidier til karbonintensiv eksport. Tollen bør settes slik at utslippene prises likt på produksjonssted som i regulert område.

Allerede i 2007 foreslo den tidligere franske presidenten Jacques Chirac en slik karbontoll (Stam & Moscovenko, 2020). Det har i lang tid vært uaktuelt, men har i løpet av de siste årene fått økt oppslutning som følge av blant annet EUs grønne giv. I mars 2021 ble det et flertall i Europaparlamentet for en karbontoll, men det er fortsatt på et tidlig stadiet og utformingen av en eventuell karbontoll er fremdeles uklar (enerWE, 2021). I en rapport fra Europaparlamentet er det anslått at en karbontoll kan generere inntekter mellom 5 og 14 milliarder euro per år, avhengig av karbontollens utforming (European Parliament, 2021).

Det finnes ulike måter å utforme en slik karbontoll på og det er flere ulike faktorer som må tas hensyn til. En betraktning som ofte blir trukket frem er hvorvidt utformingen er kompatibel med Verdens Handelsorganisasjon (WTO). WTO har regler for handel som medlemslandene er forpliktet til å følge. Et av organisasjonens hovedprinsipper er at det ikke skal være mulig å diskriminere handel og at internasjonal handel skal være billigst mulig (Utenriksdepartementet, 2019). Innføring av en karbontoll på import eller eksport er et fiskalt virkemiddel som kan

oppfattes som en handelshindring i strid med disse handelsreglene. Dette blir ofte trukket frem som en utfordring for å kunne implementere karbontoll.

Karbontoll vil i praksis være avgifter som endrer aktørens kostnader og konkurranseposisjon i internasjonale markeder. I utgangspunktet tillater ikke WTO å favorisere enkelte goder basert på opprinnelsesland, og heller ikke hjemlig produksjon fremfor import. Dette forutsetter også at godet er homogent (Yonezawa, 2012, s. 7)). Hvorvidt goder er homogene dersom de har forskjellig karboninnhold kan diskuteres. Et eksempel på dette er aluminium som er produsert ved bruk av ulike energikilder. På denne måten vil karboninnholdet i varen være ulikt, selv om aluminiumen er den samme. Tanken med karbontoll er heller ikke å favorisere hjemlig produksjon, men at det skal føre til en likebehandling av bedrifter i og utenfor EU, da det i dag som oftest er kun bedrifter i EU som må betale for sine utslipp.

Tiltak kan likevel være unntatt de generelle handelsreglene, dersom det oppfyller visse vilkår. Dette er gjeldende for miljøtiltak som har til formål å beskytte liv eller helse for mennesker, dyr eller planter. Det kan også gjøres unntak for å bevare både levende og ikke-levende utryddbare naturressurser (St.prp. nr. 60 (2007-2008)). Dersom tiltaket faller innenfor disse paragrafene, kreves det at det ikke skal generere profitt eller fremme grønn proteksjonisme, men utelukkende være av miljømessige hensyn (Yonezawa, 2012, s. 8). Eksempler på godkjente multilaterale miljøavtaler som inkluderer handelsrestriksjoner er Basel-konvensjonen, med formål å redusere handel med giftig avfall, og Washingtonkonvensjonen (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) som skal sikre bærekraftighet innen handel med ville dyr (Yonezawa, 2012, s. 5). Unntak basert på miljøhensyn kan åpne opp for karbontoll, men selve utformingen av virkemiddelet er derfor viktig for om det er forenlig med WTO.

I flere studier, blant annet i Siriwardana et al. (2017) og Böhringer et al. (2012b) nevnes det at en innføring av karbontoll i tillegg kan skade handelsrelasjoner og føre til at land kan ønske å gjengjelde dette med tiltak som rammer EU. Karbontoll kan bli svært upopulært utenfor Europa og føre til en form for handelskrig som kan påvirke EUs salg til resten av verden. I den sistnevnte studien pekes det også på at det kan ha en negativ påvirkning på internasjonale klimaforhandlinger. En rekke asiatiske land, deriblant Kina, har uttrykt skepsis til EUs forslag for karbontoll (Simon, 2021). I artikkelen vises det til en undersøkelse hvor det kommer frem at India oppfatter forslaget som både proteksjonistisk og diskriminerende mot utviklingsland.

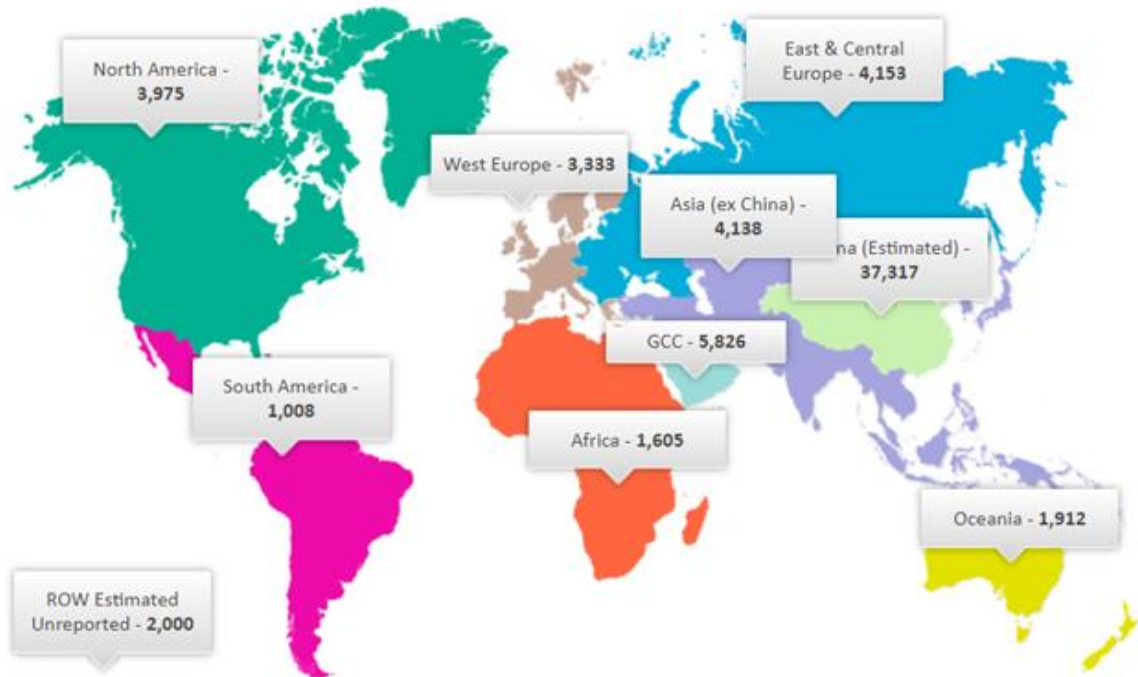
Böhringer et al. (2012b) påpeker likevel at andre land kan komme til å styrke egen klimapolitikk for å unngå at det innføres en karbontoll.

I en helhetlig vurdering av tiltaket bør disse faktorene verdsettes og inkluderes, men dette omfattes ikke av denne oppgaven. Det gjøres heller ikke noen vurdering på om valgte scenarier motstrider WTOs handelsregler.

2.4 Aluminium

Aluminium er et lettmetall som er enkelt å forme og bearbeide. Selv om det finnes sterkere metaller enn aluminium, foretrekkes det ofte grunnet dets forhold mellom styrke og vekt (Pedersen, 2018). Aluminiumsprodukter lages som oftest ved å bruke primæraluminium, som er definert som ubearbeidet og ulegert flytende aluminium fra elektrolyse (Forskrift om CO₂-kompensasjon for industrien, 2013). Det er også mulig å gjenvinne og støpe eksisterende aluminium om til nye produkter. Etterspørselen etter aluminium har vokst mye på kort tid, og har en av de raskest voksende etterspørslene i verden (Saevarsdottir et al., 2020). Det er forventet at den skal fortsette å øke med 5-7% hvert år fremover (UC RUSAL, u.å.). Noe av grunnen til dette er at aluminium brukes i en rekke lavkarbon-teknologier (Marcu et al., 2021). For eksempel har det å erstatte stål med aluminium i produksjon av biler og sykler gjort produktene betraktelig lettere, og behovet for drivstoff har blitt mindre. Aluminium har et bredt bruksområde; i transportmidler, bygningsindustrien, folie og emballasje, elektriske ledninger, kjøkkenutstyr etc. (Pedersen, 2018).

Total for 2020: 65,267 thousand metric tonnes of aluminium

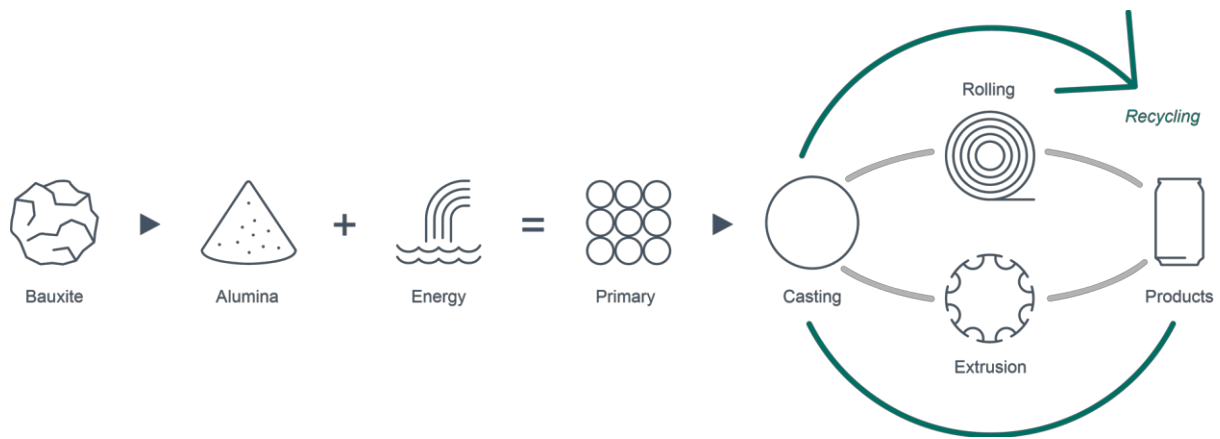


Figur 1: Produksjon av aluminium i 2020 fordelt på ulike regioner (World Aluminium, 2021)

Aluminiumsindustrien er ifølge Norsk Industri (u.å.) preget av sterk konkurranse og som et resultat av økende etterspørsel, produseres det stadig mer aluminium på verdensbasis. Den største veksten har funnet sted i Kina. Som vist i figur 1 er Kina det landet som produserer mest aluminium og står nå for over halvparten av verdens produksjon. Det finnes flere store kinesiske aluminiumsprodusenter, hvorav Chalco, Hongqiao og Xinfu er blant de fem største i verden. Markedsandelene deres vokser stadig (UC RUSAL, u.å.). Likevel er ikke Kina en stor eksportør av primeraluminium til EU i dag (European Aluminium, u.å.). I 2020 ble det produsert 65 millioner tonn aluminium i verden, hvorav Norge står for omtrent 1,3 av disse (U.S. Geological Survey, 2020). Norge er Europas største produsent, og mesteparten eksporteres til EU. Det er Norsk Hydro som er den største produsenten av primeraluminium i Norge med 1,2 millioner tonn (Norsk Hydro, 2021a). Til tross for at etterspørselen i Europa har økt med 30% siden år 2000, har Europas produksjon minnet med 40% (Saevarsdottir et al., 2020, s. 12). Dette vil si at Europa importerer mer aluminium og benytter mer resirkulert aluminium enn tidligere. Over halvparten av Hydros aluminium er resirkulert (Norsk Hydro, 2021b).

Den største handelsarenaen for metaller er London Metal Exchange (LME), hvor det omsettes for nærmere 3,7 milliarder tonn metall årlig på LME (UC RUSAL, u.å.). Aluminium er det mest omsatte metallet på børsen og utgjør volummessig omtrent en tredjedel av alle kontrakter på LME. LME-prisen brukes ofte som en global standard for prising av metaller, også for primæraluminium. Selv om de fleste land handler på LME, har Kina sin egen børs, Shanghai Metals Market.

Aluminiumsindustrien har er en kompleks verdikjede, og figur 2 viser en forenklet illustrasjon av livssyklusen til aluminium.



Figur 2: Verdikjeden til aluminium (Norsk Hydro, 2019)

Verdikjeden deles ofte opp i oppstrøms- og nedstrømsbedrifter. Oppstrømsbedrifter opererer innenfor utvinning av råmaterialet bauksitt, videreforedling til alumina (aluminiumoksid) og nedbrytning til primæraluminium ved hjelp av elektrolyse. Elektrolyse er en kjemisk prosess som er svært energikrevende. Denne prosessen fremstiller primæraluminiumet. Det er lite fysiske forskjeller mellom produsentenes primæraluminium. Nedstrømsbedrifter støper hovedsakelig primæraluminiumet til aluminiumsprodukter. I enden av verdikjeden kan aluminiumen gjenvinnes og 75% av all produsert aluminium er fortsatt i bruk (Norsk Industri, u.å.). Aluminium innehar egenskaper som gjør det relativt enkelt å resirkulere samtidig som materialet ikke svekkes. Resirkulert aluminium krever kun 5% av energien sammenlignet med å produsere primæraluminium.

Det er estimert at aluminiumsproduksjon, inkludert indirekte utslipp fra kraftproduksjon, står for omtrent 2% av verdens utslipp. Indirekte utslipp, som omfatter utslipp fra energibruk, er for de fleste produsenter betydelig høyere enn direkte utslipp fra produksjon. Dette avhenger av

hvilken energikilde som benyttes i produksjonen (Saevarsdottir et al., 2020). Likevel har teknologiske forbedringer siden 1900-tallet redusert kraftforbruket fra 40 MWh per tonn aluminium til 12-14 MWh i de mest effektive anleggene (Universitetet i Oslo, u.å.). I Kina produseres 90% av aluminiumen på energi fra kullkraftverk, noe som har stor betydning på utslippene (UC RUSAL, u.å.). I Norge og andre områder hvor det stort sett benyttes fornybar energi, er det tilnærmet kun direkte utslipp. Likevel er kraftnettet integrert, som nevnt i 2.2.4, noe som medfører en mulighet for at noe av elektrisiteten kommer fra fossile kilder. Det er liten variasjon mellom de direkte utslippene hos produsentene, men de er noe høyere i eldre produksjonsanlegg. Hovedsakelig på grunn av energikildene, er det store ulikheter mellom karboninnhold i primæraluminium produsert forskjellige steder.

Det har vært en reduksjon i europeiske utslipp fra aluminiumssektoren på 50% siden 1990. Dette skyldes blant annet økt bruk av resirkulert aluminium, prosessforbedringer og dekarbonisering av strømmettet. Fremover så er videre dekarbonisering av strømmettet, nye produksjonsmetoder og karbonfangst fra produksjonsanlegg viktige elementer for å redusere utslippene ytterligere (Marcu et al., 2021, s. 47).

Som beskrevet over er aluminiumsproduksjon både konkurranseutsatt og svært energiintensiv, og er av den grunn en aktuell kandidat for karbontoll. Det har blitt foreslått at sektoren skal inkluderes dersom CBAM innføres, men interesseorganisasjonen European Aluminium har uttrykt at de ikke ønsker dette i sitt høringssvar (European Aluminium, 2020).

3. Teori og litteratur

I denne delen vil vi se nærmere på økonomisk teori og litteratur som er relevant for denne oppgaven og for å forstå CBAM. Først vil se på hvordan markedet tilpasser seg, effekten av klimareguleringer og ulike effektivitetsprinsipper. Deretter vil vi diskutere karbonlekkasje og dagens anti-lekkasjepolitikk. Til slutt vil også diskutere utforming av karbontoll og mulige effekter av karbontoll.

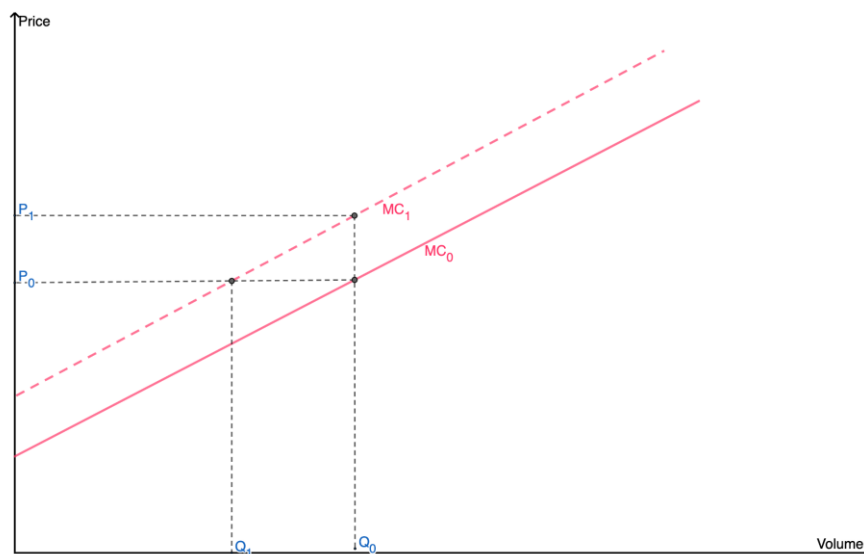
3.1 Markedstilpasning

Varer og tjenester blir kjøpt og solgt på markeder over hele verden. Et marked er en arena for kjøpere og selgere som skal resultere i effektiv handel (Varian, 2006). Det finnes ulike markedsformer, hvorav fullkommen konkurranse ofte er benyttet i økonomiske modeller. Fullkommen konkurranse krever at en rekke betingelser er oppfylt. Blant annet kreves det at ingen selgere har markedsrett til å påvirke markedsprisen og at alle aktører i markedet har full informasjon om forhold tilknyttet produksjon, prisendringer etc. Varene som produseres er perfekte substitutter og kan derfor kalles homogene varer. Videre er aktørene i markedet profittmaksimerende og det er ingen forhold som hindrer deltakelse i markedet.

En produsent eller en bedrift i et slikt marked vil oppfatte prisen som gitt og de vil ønske å maksimere profitt på grunnlag av dette. Det gjøres ved at bedriften tilpasser produksjonen til det nivået hvor kostnaden for siste produserte enhet er lik inntekten av siste solgte enhet. Med andre ord kan kostnadsfunksjonen benyttes til å utlede bedriftens tilbudsfunksjon i et slikt marked. Fordi prisen er gitt i markedet under fullkommen konkurranse, tilsvarer prisen marginalinntekten og optimalt kvantum blir dermed der prisen er lik marginalkostnad. Dersom en bedrift har stigende marginalkostnader impliserer dette at det vil tilbys mer når prisen øker, mens hvis prisen synker vil det tilbys mindre. Jo lavere stigning funksjonen har, desto større påvirker en prisendring volumet produsenten ønsker å tilby. Under fullkommen konkurranse vil altså en bedrift tilpasse produksjon der prisen er lik marginalkostnaden, helt frem til marginalkostnaden er lik totale gjennomsnittskostnader. I punktet hvor disse kostnadene krysser vil bedriften verken tape eller profittere på den siste solgte enheten. Produksjonen vil først stoppe når prisen faller under kurven for de gjennomsnittlige variable kostnader hvor man verken kan dekke de faste eller variable kostnadene.

Etterspørselskurven tilsvarer den samlede marginale betalingsvilligheten i markedet og viser hvor stort kvantum som etterspørres til ulike priser. Ved høy priselastisitet fører en prisendring til store endringer i etterspørsel. Dersom priselastisiteten er lav og uelastisk, må det større prisendringer til for å endre etterspørselen etter godet. Det er blant annet priselastisiteten som bestemmer stigningen på etterspørselskurven. Og i likhet med stigningen på tilbudskurven, påvirker også stigningen på etterspørselskurven hvor mye volumet endrer seg ved prisendringer.

Det kan forekomme sjokk i markedet som påvirker både tilbud og etterspørsel. Klimareguleringer vil ofte gi et skift i tilbudskurven og påvirke tilpasningen til en bedrift gjennom økte kostnader. For eksempel er bedrifter i aluminiumsmarkedet, som er under kvotepliktig sektor, pålagt til å betale for utslippene sine gjennom kjøp av kvoter.



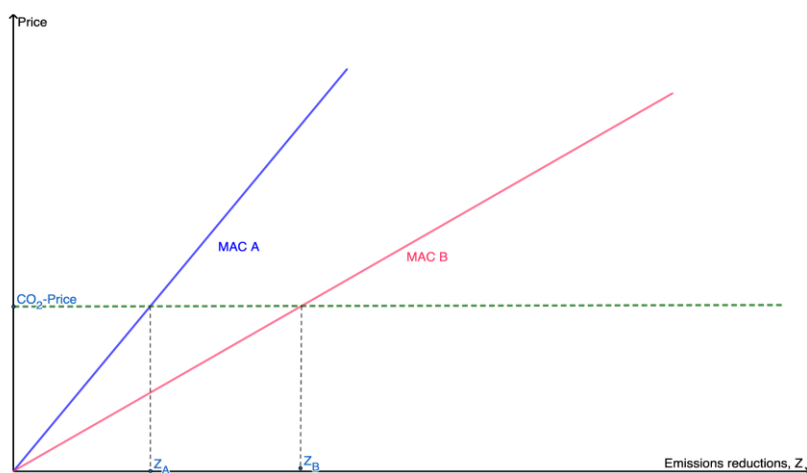
Figur 3: Endring i kostnader som følge av klimaregulering

Gitt at bedriften ikke har markedsmakt, vil krav om kvotekjøp påføre bedriften ekstra kostnader som ikke kan overføres til kunden. Dette illustreres i figur 3 ved et skift i marginalkostnadskurven fra MC_0 til MC_1 . Prisen kan derimot øke hvis mange bedrifter i markedet påføres samme kostnad. Vi antar at det ikke er mange bedrifter som må kjøpe kvoter, og bedriften vil da endre tilpasning fra (P_0, Q_0) til (P_1, Q_1) ettersom vi får et skift i kurven for marginalkostnaden. Differansen mellom MC-kurvene representerer utslippskostnaden. Vi ser at dette vil påføre bedriftene med klimareguleringer en reduksjon i produksjon. For at bedriften skal kunne opprettholde samme produksjonsnivå (Q_0) måtte markedsprisen ha økt fra P_0 til P_1 .

Gratisvoter har som hensikt å veie opp for denne ekstrakostnaden, slik at skiftet i tilbudskurven (MC_i) ikke blir like stort. På sikt planlegger EU å avskaffe gratisvoter og karbonpriskompensasjon, noe som kan svekke lønnsomheten til bedriftene i fremtiden. Dette forutsetter at det ikke iverksettes andre virkemidler, som for eksempel karbontoll, som trolig kan bidra til at prisen i markedet også øker. Etersom bedriftene ikke har mulighet til å påvirke prisen vil bedriftene enten måtte tape markedsandeler eller redusere egne kostnader for å kunne opprettholde produksjonsvolum. Dette kan de gjøre ved å redusere marginale produksjonskostnader eller rensekostnadene slik at de kommer tilbake til den opprinnelige tilbudskurven. Med rensekostnad menes kostnaden forbundet med å redusere utslipp. Dette kan gjøres ved teknologisk utvikling og ved bruk av grønnere teknologi og energi.

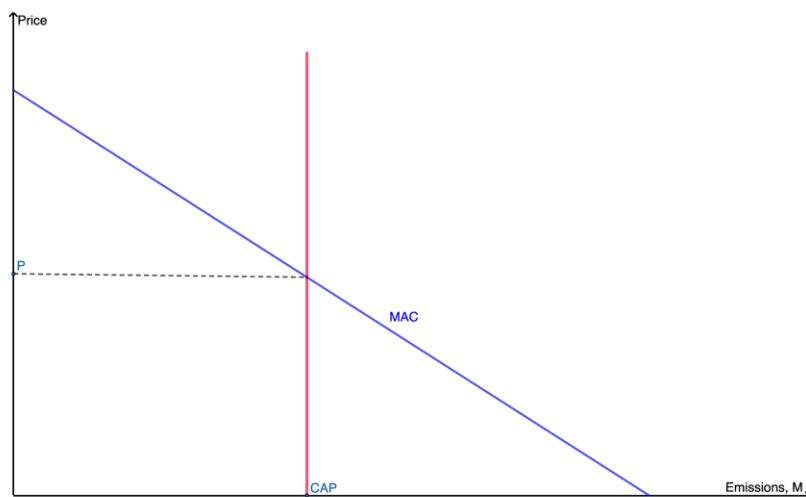
3.2 Kostnadseffektivitet og kvotehandel

Kostnadseffektivitet er et viktig prinsipp i klimaarbeid. Det innebærer at reduksjon av klimagasser skal skje til lavest mulig kostnad. For å oppnå dette må aktørene med de laveste rensekostnadene redusere utslippene mest. Betingelsen for kostnadseffektivitet er at alle aktører har like marginale rensekostnader på tvers av utslippskilder og aktiviteter (Perman et al., 2011, s. 179). Både skatt og omsettelige kvoter er virkemidler som kan oppfylle dette kriteriet, ettersom aktørene av egeninteresse tilpasser sitt utslippsnivå til det punktet hvor marginalkostnaden av å redusere tilsvarer det de må betale for utslipp. For aktører som er underlagt et kvotesystem betyr det at de vil redusere utslippene helt til det er mer lønnsomt for dem å kompensere utslippene ved kjøp av klimakvoter.



Figur 4: Utslippsreduksjoner ved ulike marginale rensekostnader

Dette er illustrert i figur 4 som viser de marginale renskostnadene for to ulike aktører. Begge har insentiv til å gjennomføre utslippsreducerende tiltak frem til kostnaden av tiltaket overskrider prisen for utslipp. Denne prisen kan enten være satt som en avgift eller skatt, eller dannet i et kvotemarked. Dette resulterer i at aktør B reduserer mer enn aktør A, og tiltaket er kostnadseffektivt ettersom begge aktørenes marginale utslippskostnad tilsvarer kvoteprisen. Alle andre tilpasninger vil føre til effektivitetstap og ikke være kostnadseffektive. Denne fordelingen av reduserende tiltak oppleves nødvendigvis ikke rettferdig eller akseptabel for de involverte partene, men tiltaksbyrden kan i teorien utjevnes ved bruk av overføringer. Likevel kan det diskuteres hvorvidt en overføring er nødvendig, da dette bryter med «forurensers betaler»-prinsippet og at aktøren som produserer utslipp skal bære kostnaden av utlippene (OECD, 2008).



Figur 5: Kvote marked

I et marked for omsettelige kvoter, som EU ETS, dannes prisen som i et vanlig marked i krysningen mellom tilbud og etterspørsel. Dette er grafisk presentert i figur 5 hvor etterspørselskurven tilsvarer den aggregerte marginale renskostnaden for alle som er regulert av kvotesystemet. I et statisk kvotemarked uten mulighet for sparing av kvoter er tilbudet konstant og gitt av utslippstaket for perioden, som gir en vertikal tilbudskurve. I et slikt kvotemarked er altså utslippsmengden konstant, mens prisen er endogen og fluktuerer avhengig av etterspørselen. EU ETS er i realiteten et mer dynamisk kvotesystem, men sett bort i fra MSR og sletting av kvoter er tilbudskurven fremdeles vertikal på lang sikt. Kvotene kan kjøpes på auksjoner, mottas vederlagsfritt, samt at bedriftene kan kjøpe og selge seg imellom.

3.3 Unilateral klimapolitikk og karbonlekkasje

En globalt harmonisert karbonpris ville vært den mest kostnadseffektive klimapolitikken, ettersom det kunne ført til at hele verden reduserer utslipp på billigst mulig måte frem til alle har samme marginale renskostnader. Dette hadde vært mulig dersom alle land var underlagt en internasjonal klimaavtale med et felles system for karbonprising, enten gjennom koordinert CO₂-avgift eller sammenkoblede kvotehandelssystemer (Partnership for Market Readiness, 2015). Selv om global karbonprising og samkjørt klimapolitikk ville vært ideelt, er det imidlertid lite realistisk på kort sikt.

Klimapolitikk i et enkelt land eller region kalles for ensidig eller unilateral klimapolitikk. Grunnet globalisering og omfattende handel av varer, kan en innføring av et klimatiltak føre til økte utslipp utenfor området som reguleres av tiltaket. Dette kalles karbonlekkasje (Partnership for Market Readiness, 2015, s. 12). Karbonlekkasje gjør at kun CO₂-pris i et område ikke lenger er 100% kostnadseffektivt for å kutte globale utslipp. Europakommisjonen definerer karbonlekkasje som en situasjon som kan oppstå når kostnadene knyttet til klimatiltakene fører til at bedrifter flytter produksjon til land med mindre utslippsrestriksjoner (European Commission, u.å.-b). Karbonlekkasje kan også være et resultat av andre effekter enn kun at produksjonen fysisk flyttes, og inkluderer alle effekter av klimareguleringen som kan føre til en økning i utslipp utenfor regulert område. Metz og Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group III (2007) definerer karbonlekkasje som følgende:

$$\frac{\textit{utslippsøkning utenfor regulert område}}{\textit{utslippsreduksjon i regulert område}}$$

Karbonlekkasje måles som forholdet mellom endringene i utslipp innenfor og utenfor regulert område. Dersom hele utslippsreduksjonen nøytraliseres av en økning et annet sted, er det 100% karbonlekkasje.

Thema Consulting Group og Vista Analyse (2011) peker på at karbonlekkasje hovedsakelig skjer gjennom følgende mekanismer, eller kombinasjoner av dem:

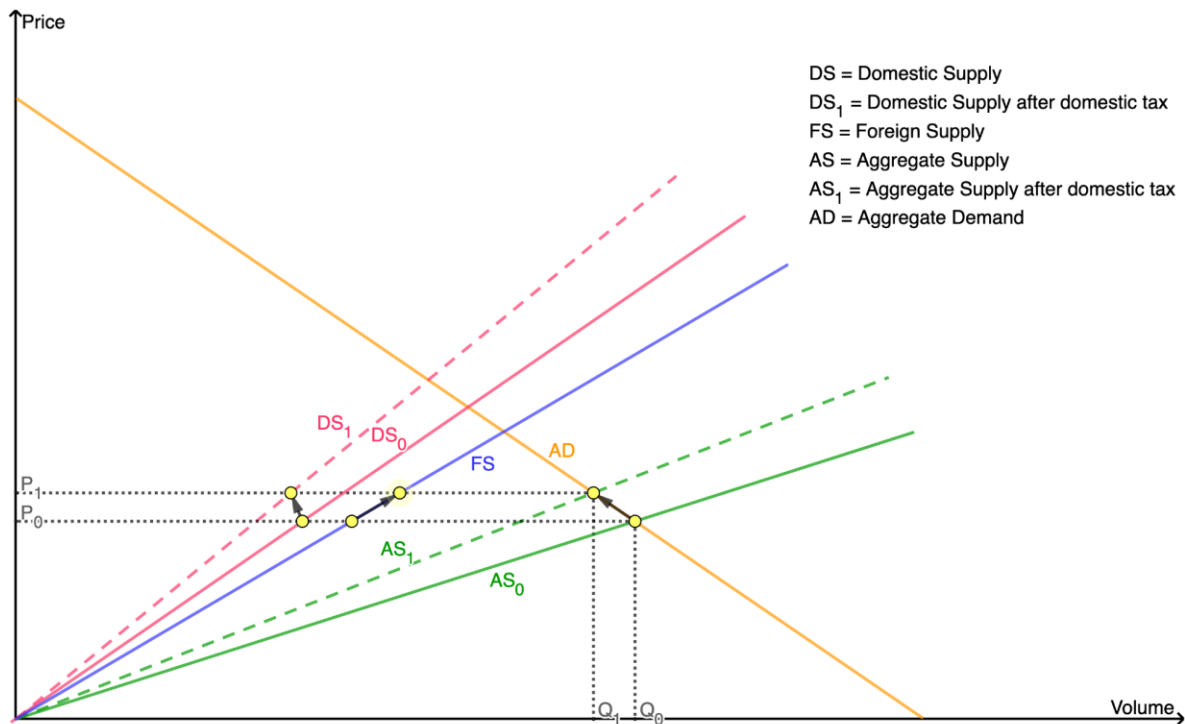
- I. **Energimarkedseffekten:** Gjennom internasjonale energimarkeder kan lavere etterspørsel etter fossil energi i regulert område føre til lavere energipriser internasjonalt, som igjen vil føre til økt etterspørsel og utslipp andre steder.
- II. **Konkurranseseffekten:** CO₂-avgifter gir økte kostnader på karbon- og energiintensiv produksjon på nasjonalt eller regionalt plan og kan føre til redusert konkurranseevne. Dette kan føre til et lavere tilbud og potensielt nedleggelse i regulert område. Dette resulterer i økte priser som igjen stimulerer til økt produksjon og nyetableringer i utenlandske markeder.
- III. **Vannsengeffekten:** Gjennom kvotemarkeder kan utslippsreduksjoner hos en kvotepliktig aktør motvirkes av økte utslipp hos en annen kvotepliktig aktør på kort sikt. Totale utslipp i et kvotemarked er til enhver tid bestemt av utslippstaket, og ingen enkelt aktør kan dermed påvirke totale utslipp. Lavere etterspørsel etter kvoter medfører lavere kvotepris, som igjen øker etterspørsel et annet sted. Ettersom EU ETS er et mer dynamisk kvotesystem med MSR og mulighet for sletting av kvoter, er denne effekten trolig redusert.

Karbonlekkasje kan ha en rekke uønskede miljømessige, økonomiske og politiske konsekvenser, blant annet en økning i totale utslipp og tap av både produksjon og arbeidsplasser. Karbonlekkasje resulterer også i en ineffektiv klimapolitikk (Naegele & Zaklan, 2019). Dette er fordi karbonlekkasje vil føre til at kostnadene knyttet til å oppnå fastsatte utslippsreduksjoner øker, og dermed ikke skjer på en kostnadseffektiv måte (Partnership for Market Readiness, 2015, s. 12).

Aluminiumsproduksjon er svært energikrevende og konkurranseutsatt, og karbonlekkasje som følge av svekket konkurranseevne (punkt II) er derfor den største trusselen for denne sektoren. Karbonlekkasje kan også skje gjennom internasjonale energimarkeder, ettersom avgiftene kan føre til mindre produksjon og dermed etterspørsel etter energi. Dette resulterer i lavere energipriser, som igjen stimulerer til økt energibruk.

Figur 6 viser hjemlig (DS) og utenlandsk tilbudskurve (FS) for aluminium, samt en total tilbudskurve (AS) og etterspørsel etter aluminium (AD). På aksene fremkommer aluminiumsprisen og volum aluminium. Figuren viser hvordan konkurranseeffekten oppstår i aluminiumsmarkedet ved innføring av et unilateralt klimatiltak i sektoren som forhøyer

produksjonskostnadene i hjemlandet. I figuren er klimatiltaket representert ved en skatt. Det medfører et skift i både hjemlig (DS_1) og total tilbudskurve (AS_1), som illustrert i figuren.



Figur 6: Konkurranseeffekten ved innføring av unilateral klimapolitikk

Nasjonal regulering av utslipp medfører høyere kostnader for hjemlig produksjon. I en åpen økonomi, endrer denne asymmetrien kostnadsnivået markedsandelene gjennom svekket konkurransevne (Naegle & Zaklan, 2019). Økte kostnader påvirker det nasjonale tilbudet av varen og medfører et skift i tilbudskurven, som følgelig forårsaker et skift i det totale tilbudet. Dette fører dermed til at prisen øker og samlet produksjon reduseres. Dette er illustrert i figur 6 hvor prisen i det internasjonale markedet øker fra P_0 til P_1 . Totalt tilbudt kvantum reduseres til Q_1 . Hjemlig produksjon dekker nå mindre av hele markedet, mens utenlandsk produksjon (og utslipp) øker. Størrelsen på endringene i tilbudt kvantum avhenger av en rekke faktorer, som blant annet helningen på tilbudskurvene, etterspørselselastisitet, konkurranseforhold og rensekostnader. Dersom utslippsintensiteten utenfor regulert område i tillegg er vesentlig høyere, vil karbonlekkasjen også være enda større.

Studier for å estimere karbonlekkasje generelt viser varierende resultater. Spesielt er det et skille mellom ex ante studier og ex post studier. Førstnevnte metode benytter modeller til å estimere

karbonlekkasje, mens sistnevnte bruker empirisk data for å finne ut om det har vært karbonlekkasje i tidsperioden som studeres. Branger og Quirion (2014) har gjennomført en metaanalyse av 25 ex ante studier som omhandler dette tema, og finner at de fleste estimater på karbonlekkasje varierer mellom 5% og 25% når det ikke er innført anti-lekkasjepolitikk. Partnership for Market Readiness (2015) lister en rekke studier med svært sprikende estimater på lekkasje, og fremhever at det i hovedsak er antakelsene og forutsetningene som er lagt til grunn i modellene som er årsaken til dette. Estimaten i disse studiene varierer mellom -17% til 100% avhengig av geografi og sektor. Böhringer et al. (2010) har estimert en lekkasjerate på 28% i EU ETS dersom alle kvotene auksjoneres og utslippene skal reduseres 20%. Mye av denne lekkasjen skjer gjennom internasjonale energimarkeder.

Få ex post studier viser signifikante bevis for karbonlekkasje etter innføring av EU ETS. Blant annet finner studien gjort av Naegele og Zaklan (2019) ingen bevis for karbonlekkasje i europeisk produksjonssektor. Her fremheves også at utslippskostnadene utgjør en svært liten andel av produksjonskostnader³, og langt lavere enn prisdifferensene på arbeidskraft. Deres data viser at de fleste sektorene samlet sett tjener på kvotehandel når gratiskvotene blir tatt i betraktning. I Branger et al. (2016) analyserer karbonlekkasje fra stål- og sementindustriene i de første fasene av EU ETS og hvorvidt deltakelse i kvotemarkedet har ført til karbonlekkasje. De finner ingen bevis på karbonlekkasje i disse industriene og mener det kan tyde på at karbonlekkasje er et overdrevent problem. Heller ikke noen av de empiriske studiene listet i Partnership for Market Readiness (2015) oversikt viser noe signifikant karbonlekkasje, heller ikke innenfor aluminiumssektoren.

EU ETS har hatt relativt kort levetid og kvoteprisen har vært både lav og svingende gjennom perioden. Dette er mye grunnet at det lenge har vært et overskudd av kvoter i markedet. Finanskrisen i 2009 og resulterende lavere aktivitet har trolig også hatt en innvirkning på etterspørsel og kvotepris. I februar 2009 var kvoteprisen under 9 euro, mens den i begynnelsen av mai 2021 for første gang gikk over 50 euro. Den største økningen har skjedd siden begynnelsen av 2018 (EMBER, 2021). Både innføringen av MSR og at utslippstaket reduseres i et høyere tempo enn tidligere, har trolig bidratt til dette. Høyere kvotepris vil føre til at utslippskostnadene vil utgjøre en større andel av produksjonskostnader, og det kan derfor antas at risikoen for karbonlekkasje kan øke fremover.

³ Ifølge studien var utslippskostnadene lavere enn 0,65% av materialkostnadene i 95% av europeiske produksjonssektorer.

3.4 Allokering av gratiskvoter

Karbonlekkasje har lenge vært en stor frykt i EU og virkemidler for å motvirke dette vil kunne være supplerende klimapolitikk som kan øke kostnadseffektiviteten. Vederlagsfri tildeling av kvoter (gratiskvoter) har blitt benyttet som et virkemiddel for å håndtere dette. Hovedargumentasjonen for gratiskvoter har vært frykten for at kostnaden bedrifter ville hatt ved full auksjonering ville ført til karbonlekkasje. Som nevnt bryter dette prinsippet om at «forurensere betaler». Det finnes ulike metoder å allokere gratiskvoter, men ingen av metodene er uten problemer. I starten av EU ETS ble flertallet av kvotene tildelt gratis basert på tidligere utslipp. En ubetinget historisk tildeling vil kunne gi samme kostnadseffektive utfall som hvis kvotene hadde vært på auksjon (Golombek et al., 2012). Dette forutsetter at det ikke foreligger noen betingelser knyttet til videre produksjon eller produksjonsnivå. Det vil si at bedrifter kan velge å forlate markedet, og fortsatt motta gratiskvoter. Nye aktører i markedet måtte ha betalt for alle sine kvoter da de ikke har noen historiske utslipp å vise til. Denne formen for «lump sum»-tildeling som er uavhengig av hva bedriften gjør videre, gir gratiskvotene en alternativkostnad. Fordi kvotene har en pris på markedet, kan bedriftene velge å selge disse videre fremfor å benytte de til å kompensere for egen produksjon. Hvis bedriften velger å anvende gratiskvoten til å dekke egne utslipp istedenfor å selge den på markedet, påvirker dette utslippsnivået på samme måte som ved auksjon. Det blir altså like mye karbonlekkasje som ved auksjonering. Hovedforskjellen mellom auksjon og gratiskvoter ville da kun vært at auksjonering generer offentlige inntekter på bekostning av bedriftseiere. Offentlige inntekter kunne redusert andre skatter i samfunnet.

En slik «lump sum»-tildeling benyttes ikke som allokeringemetoder i noen kvotesystemer i dag og EU ETS allokere heller gratiskvotene ved å bruke produksjonsbasert tildeling. Tildelingen baserer seg på at kvotene tildeles proporsjonalt med produksjonsvolum ved hjelp av «benchmarking» i sektoren. Det formes altså en standard for utslippsintensitet i produksjonen. Konsekvensen er at de med høyere utslippsintensitet enn denne standarden ikke får dekket alle sine utslipp med gratiskvoter. Dette skal gi insentiv til å redusere utslippsintensitet og samtidig motvirke utflytting av produksjon. Problemet er at det også oppstår en utilsiktet effekt ved at tildelingsformen oppfattes som en indirekte subsidie for produksjon. Karbonpriskompensasjon fungerer i likhet med gratiskvoter som en subsidie og vil dermed ha den tilsvarende utilsiktede effekten. Vi vil se nærmere på hva slags utslag det vil ha i 3.6 og i figur 7. Det gis derfor ingen insentiv til å substituere utslippsintensive produkter med andre produkter med lavere karboninnhold og kan derfor forsinke det grønne skiftet. Et annet utfordrende moment med

gratiskvoter er at de er tiltenkt konkurranseutsatte sektorer, men studier viser at tildelingen ikke er helt treffsikker. Martin et al. (2014) konkluderer med at det ikke hadde vært behov for like mange gratiskvoter dersom tildelingen var mer treffsikker. Høye transportkostnader eller lav prissensitivitet kan være årsaker til at enkelte sektorer som mottar gratiskvoter i realiteten ikke er utsatt for karbonlekkasje (Böhringer et al., 2016). En annen grunn kan være at industrien har en egeninteresse av å overdrive risikoen for karbonlekkasje og dermed motta flere gratiskvoter.

3.5 Utforming av karbontoll

Karbontoll er foreslått da produksjon under svakere regulering medfører lavere produksjonskostnader og dermed et konkurransefortrinn i internasjonale markeder. Som nevnt i kap. 2.3 skal en karbontoll basere seg på karboninnholdet i varen. Med karboninnholdet menes CO₂-utslipp som både direkte og indirekte er forårsaket av produksjon av varen, og kan være omfattende å estimere for det enkelte produkt. Karbontollen må utformes på en måte som støttes av WTO og være en avveining mellom samfunnsøkonomisk effektivitet og administrasjonskostnader. Det må også vurderes for hvilke sektorer ordningen skal omfatte, samt om justeringsmekanismen skal gjelde både import og eksport.

Markusen (1975) og Hoel (1996), som begge foreslo bruken av handelspolitiske virkemidler for å motvirke karbonlekkasje, peker på at en optimal unilateral klimapolitikk inkluderer bruk av karbontoll på import, samt subsidier til karbonintensiv eksport - også kalt eksportrefusjon. I en utforming av en karbontoll er det likevel mulig å skille på om det kun skal innføres en toll på import eller også eksportrefusjon. Toll på karbonintensiv import sikrer konkurransedyktighet i hjemmemarkedet, mens eksportrefusjon gjør at hjemlig produksjon også kan konkurrere i markeder utenfor EU. Studien gjennomført av Böhringer et al. (2014) underbygger at karbontoll sammen med eksportrefusjon er mer kostnadseffektivt enn karbontoll alene. Kombinasjonen av de to virkemidlene fører til størst reduksjon i karbonlekkasje og er dermed mest effektiv i å redusere globale utslipp.

Når en karbontoll skal utformes, må det velges både hvordan karboninnholdet skal beregnes og til hvilken CO₂-pris. Karbontollen er produktet av karboninnhold og CO₂-prisen og ulike utforminger vil medføre variert effekt på både karbonlekkasje og administrasjonskostnader. Tollen kan omfatte kun direkte utslipp knyttet til produksjonen av varen eller også indirekte utslipp knyttet til innsatsfaktorene i produksjonen. De indirekte utslippene inkluderer

eksempelvis utslipp forbundet med elektrisitetsproduksjon, transport og produksjon av råvarer. Utslipp forbundet med elektrisitet er spesielt viktig for aluminiumssektoren.

I artikkelen til Böhringer et al. (2012b) gjøres det modelleringer av effekten på å inkludere ulike kategorier av utslipp i beregningene. Dette inkluderte:

- I. Direkte utslipp
- II. Direkte utslipp pluss indirekte utslipp kun fra elektrisitetsproduksjon
- III. Alle direkte og indirekte utslipp

Det er naturligvis mer krevende å beregne de totale utslippene (både direkte og indirekte), men det blir et mer riktig estimat på karboninnholdet i varen. I dag mottar industrien i EU ETS gratis kvoter for å kompensere for økte kostnader av direkte utslipp og mange land kompenserer også for økningen i energipriser som følge av kvotesystemet. Dersom en karbontoll skal innføres vil valg av tollbase trolig påvirke hvorvidt eller i hvor stor grad disse ordningene utgår.

Tanken bak en karbontoll er at avgiftene på utenlandsk produksjon skal justeres til det tilsvarende avgiftsnivået som for innenlandsk produksjon (Böhringer et al., 2012b). På bakgrunn av dette ville det være riktig å differensiere tollsatsen for hver enkelt bedrift, slik at alle produsenter betaler nøyaktig for karboninnholdet i deres produksjon. Dette er imidlertid svært omfattende og kostnadskrevende. Administrasjonskostnadene kan være store og motvirke noen av fordelene en karbontoll kan ha. I tillegg er det ikke nødvendigvis så treffsikkert som man måtte ønske. Et alternativ og forenkling av dette er å basere karbontollen på regionens gjennomsnittlige karboninnhold i produksjonen. Dersom dette skal gjøres enda lettere kan all import bli pålagt lik karbontoll, enten basert på utslipp i hjemlig produksjon eller i utenlandsk produksjon.

I Böhringer et al. (2012b) modelleres effekten av følgende alternativer:

- I. Uniform karbontoll basert på gjennomsnittlig karboninnhold i europeisk produksjon
- II. Uniform karbontoll basert på gjennomsnittlig karboninnhold i utenlandsk produksjon
- III. Regionspesifikk karbontoll basert på eksportlandet/-regionens gjennomsnittlige karboninnhold i produksjon

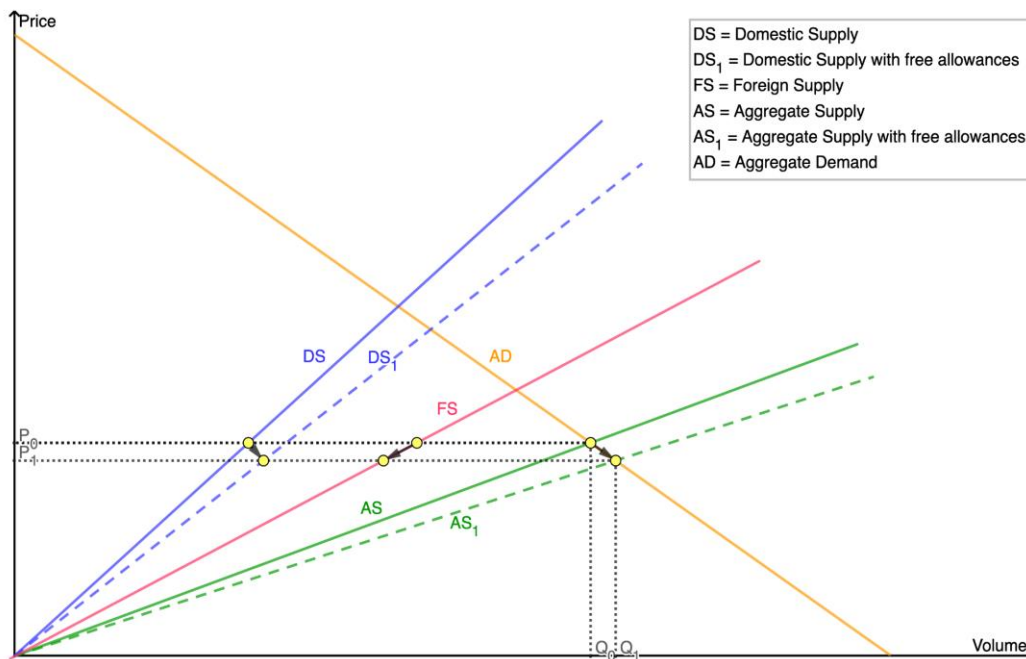
Bellora og Fontagné (2020) undersøker ulike former av CBAM og konkluderer på vegne av Europaparlamentet med at karbontoll kun reduserer lekkasje signifikant hvis det baserer seg på faktiske utslipp fra eksportlandet utenfor EU ETS. Det krever altså en spesifikk toll for hvert enkelt eksportland basert på karboninnholdet i deres produksjon. De legger videre vekt på at det å observere det faktiske karboninnholdet i et produkt kan være vanskelig av flere grunner ettersom eksportøren ikke har insentiv til å oppgi dette.

I Böhringer et al. (2012a) anvender de en multi-sektor og multi-regional likevektsmodell for å se på ulike måter å utforme karbontoll. De finner at en økende grad av kompleksitet og detaljer i systemet for karbontoll vil føre til høyere grad av effektivitet. Likevel kan det være utfordrende og kostbart å implementere og overvåke et svært detaljert og avansert tollsystem.

3.6 Forventet effekt av karbontoll

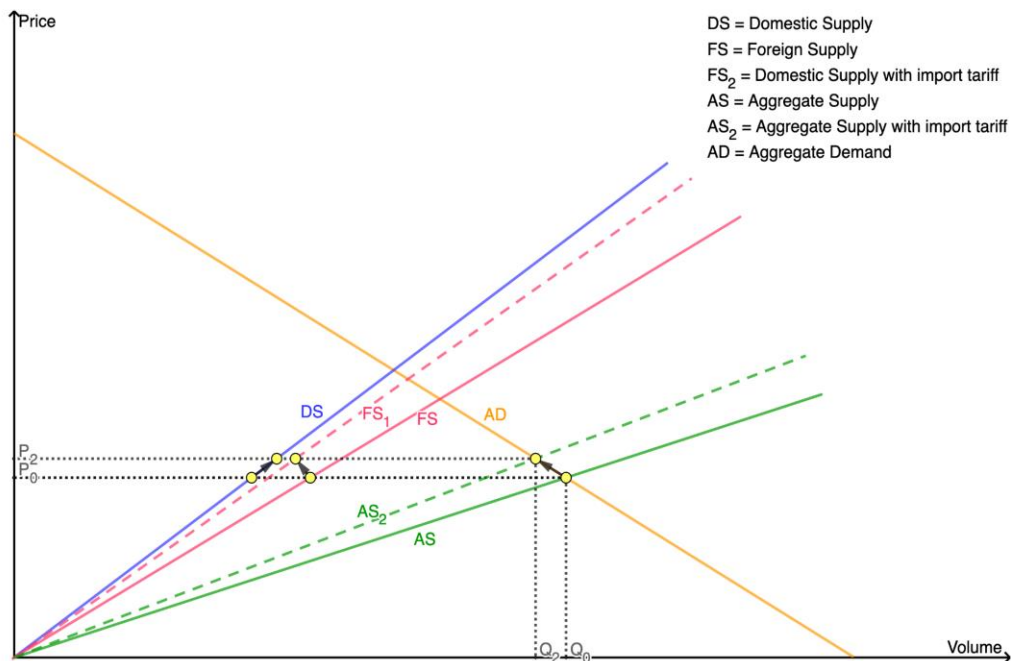
På grunnlag av teori vil vi se nærmere på hvordan en karbontoll forventer å påvirke aluminiumssektoren. Det er store usikkerheter knyttet til dette, men i dette delkapittelet vil vi ta for oss noen av de antatt viktigste effektene. I litteraturen har både Böhringer et al. (2012b) og Felbermayr og Peterson (2020) argumentert for at karbontoll kan redusere karbonlekkasje og gi økt effekt av klimapolitikk, men at dette avhenger av utformingen. I metaanalysen til Branger og Quirion (2014) kommer det frem at gjennomsnittlig karbonlekkasje reduseres med 6% ved innføring av en CBAM. Zachmann og McWilliams (2020) er derimot kritiske til karbontoll og fraråder EU å implementere karbontoll som et element i klimapolitikken sin. De mener det finnes lite bevis som rettfærdiggjør en slik toll ettersom studier finner lite karbonlekkasje og at utformingen av en slik toll vil føre med seg problemer både juridisk og politisk. Ettersom en slik implementering medfører mer kompleksitet, ønsker heller forfatterne at EU skal rette fokuset mot utvikling av industri som er mindre karbonintensive.

Meningene rundt hvilke virkemidler som er mest hensiktsmessige og gir mest effektiv klimapolitikk er delte. Uavhengig av dette har karbontoll og gratiskvoter ulik påvirkning på tilbud og etterspørsel i det europeiske markedet. Tollen vil gi et påslag i prisen på produktet, mens gratiskvoten vil senke produktprisen ved at det blir større tilbud i markedet. Figur 7 og 8 viser hvordan de to virkemidlene påvirker både pris og produsert kvantum i markedet.



Figur 7: Konkuranseeffekten ved innføring av gratiskvoter

I figur 7 illustreres et forenklet marked hvor tilbudet består av europeisk produksjon (DS) og produksjonen fra resten av verden (FS) som importeres til Europa. Samlet tilbud er representert ved AS-kurven og AD-kurven viser den aggregerte etterspørselen i det europeiske markedet. I den opprinnelige tilpasningen med CO₂-pris, men uten anti-lekkasje virkemidler som gratiskvoter eller karbontoll er prisen P₀ og produksjonsvolumet Q₀. Gratiskvotene fungerer i praksis som en subsidie for produksjon under EU ETS og gir dermed en økning i tilbudet, representert ved et skift til DS₁. Subsidien gir økt produksjon i Europa og det samlede tilbudet øker fra AS til AS₁, mens etterspørselskurven i markedet holdes konstant. Det økte produksjonsvolumet (Q₁) i markedet endrer markedsprisen fra P₀ til P₁. Produksjonsfordelingen mellom de to produsentene i markedet utjevner seg ettersom tilbudskurven til resten av verden (FS) er uforandret. Produsentene står derimot overfor en lavere markedspris og tilpasser derfor produksjonsnivået. Figuren viser kun effektene av gratiskvoter i det regulerte markedet, men ettersom gratiskvotene gir lavere produksjonskostnader blir det også mer attraktivt å øke salg til både det europeiske markedet og til markeder utenfor Europa. Ettersom gratiskvotene fører til økt tilbud, reduseres prisen begge markedene.



Figur 8: Konkuranseeffekten ved innføring av karbontoll

I figur 8 illustreres samme marked som i figur 7, men med å innføre karbontoll på import av utenlandsk produksjon i stedet for gratiskvoter til europeisk produksjon. Forutsatt at tollene betales av eksportør inn til EU, medfører det høyere kostnader og dermed et skift i utenlandsk tilbudskurve (FS₁). I grafen antas det at karbontollen omtrent utjevner forskjellene i produksjonskostnadene mellom de to regionene. Resultatet er at prisen øker fra P₀ til P₂, og samlet kvantum reduseres fra Q₀ til Q₂. Europeisk produksjon får en økning, mens utenlandsk produksjon reduseres grunnet kostnadsøkningen. Reduksjonen i utenlandsk produksjon motvirkes noe av prisøkningen på varen. I markedet utenfor Europa vil trolig tilbudet øke ettersom utenlandske produsenter vil flytte mer av salget sitt dit, som igjen vil bidra til lavere priser og økt forbruk.

Konsekvensene en karbontoll vil ha på pris, produksjonsvolum og produksjonsfordeling avhenger av blant annet av hvor sensitiv tilbudet og etterspørselen etter varen er for prisendringer. Høy grad av prissensitivitet vil gi større endringer i fordelingen av produksjonsvolum. Dersom karboninnholdet i import er høyere enn i europeisk produksjon, vil den nye fordelingen føre til reduksjon av totale utslipp. Hvis import har lavt karboninnhold, blir karbontollen så liten at det ikke vil gi noen store endringer i produksjonsfordeling.

Dersom dagens ordninger med gratiskvoter og karbonpriskompensasjon utgår vil vi se motsatt effekt av det som fremkom i figur 7, og prisen vil øke. Hvis virkemidlene erstattes av en karbontoll, presses prisen ytterligere opp, som vist i figur 8. For bedriftene i EU er det usikkert hvordan dette samlet sett vil slå ut økonomisk, da både pris og kostnader antas å øke.

Etterspørselens prissensitivitet avhenger av grad av produkt differensiering og hvorvidt produktet kan substitueres mellom hjemlig og utenlandsk produksjon. I eksempelet med aluminium, som er et relativt homogent gode, er det enkelt å substituere mellom produsentene. Det er også et lettere metall enn for eksempel stål, og har derfor ikke like store transportkostnader. Dermed hindres ikke substitusjon fra hjemlig til utenlandsk produksjon. Dersom det er knyttet store transportkostnader til import av en vare, skal det en større prisendring til før import kan erstatte hjemlig produksjon. Handelsbarrierer og produksjonskapasitet er også avgjørende for hvilken effekt en innføring av karbontoll vil ha.

Ettersom gratiskvotene i praksis fungerer som en subsidie til produksjon, vil trolig avskaffelsen av gratiskvotene føre til et lavere produksjonsnivå og mindre behov for kvoter. I EUs forslag om karbontoll legges det til grunn at gratiskvotene heller skal auksjoneres bort hvis en toll innføres. Det totale antallet kvoter i markedet vil forbli det samme og etterspørselen etter auksjonerte kvoter øker. Med andre ord må produsentene som tidligere fikk kvotene gratis, nå kjempe om de samme kvotene på auksjon. Det kan tenkes at den samlede etterspørselen etter kvoter vil bli noe lavere dersom produsentene må betale for alle sine utslipp. Selv om også gratiskvotene har en alternativkostnad, vil trolig kravet om å kjøpe kvoter gi insentiv til flere utslippsreduksjoner. Som nevnt tidligere i 3.4 har det vært en raus tildeling av gratiskvoter, og det kan derfor hende at enkelte utslippsreduksjoner av den grunn ikke har funnet sted. Derfor er det rimelig å anta at en utfasing av gratiskvoter isolert sett vil medføre en lavere kvotepris i markedet.

Bellora og Fontagné (2020) peker på at en karbontoll ikke vil motvirke lekkasje gjennom energimarkedseffekten og derfor ikke vil være effektivt med hensyn til dette. Karbontoll er mer effektiv jo mer detaljert den er utformet, men det er likevel en del utfordringer knyttet til dette. Dersom tollene baserer seg på karboninnholdet hos hver enkelt produsent vil det kunne oppstå en situasjon hvor EU kun blir attraktivt for produsenter med lavt karboninnhold. Dermed vil andre produsenter kun selge til uregulerte områder fremfor å redusere utslippene. Dersom dette er tilfelle, vil ikke karbontollen ha ønsket effekt på globale utslipp. Gratiskvoter og karbonpriskompensasjon stimulerer som nevnt tidligere til mer hjemlig produksjon. Ved å

erstatte disse virkemidlene med karbontoll skal konkurransevnen i teorien opprettholdes, men ved at eksportørene kommer opp på europeisk kostnadsnivå. Mens gratiskvoter vil gi insentiv til å redusere utslipp for kvotepliktige produsenter, vil karbontoll også gi insentiver for utenlandske produsenter. Dermed vil alle produsenter som selger til det europeiske markedet ha insentiv til å utvikle nye teknologier og prosesser som fører til lavere karbonutslipp og lavere kostnader.

En importtoll sikrer konkurransedyktighet på det europeiske markedet, men en eksportrefusjon vil i tillegg bedre konkurransevnen på det internasjonale markedet. Dette er fordi produsentene i Europa ville få refundert karbonkostnadene knyttet til varene de eksporterer til verdensmarkedet. Å innføre karbontoll kombinert med eksportrefusjon vil derfor kunne stimulere både salg på det europeiske markedet og til verdensmarkedet. Forutsatt at europeiske varer har lavere karboninnhold, vil økt markedsdeltakelse kunne føre til lavere globale utslipp. På en annen side vil eksportrefusjon også kunne føre til økt samlet global produksjon og derfor er totaleffekten på globale utslipp usikker.

Kompensasjonsordningen er store utgifter for staten og gratiskvotene utgjør en stor tapt inntekt. I motsetning er karbontoll en inntektskilde, som kunne blitt brukt til å redusere andre skatter eller fremme klimatiltak. En importtoll vil øke prisen på produktet i det europeiske markedet, og dermed føre til at karbonintensive produkter blir relativt dyrere. Dersom prisøkningen fører til en vesentlig konkurransevridning, vil bedriftens etterspørsel falle og også bidra til et tap for bedriftene. Et eksempel på dette kan være at aluminium omfattes av karbontoll i første omgang mens plastikk holdes utenfor, altså at karbontollen ikke gjelder for alle sektorer. Dette kan føre til at deler av etterspørselen etter aluminium flyttes over til plastikk. Sektorer som ikke omfattes av karbontoll kan dermed få en konkurransefordel. Både økte kostnader, økt pris og eventuell konkurransevridning påvirker bedriftenes fortjeneste i ulike retninger, og det er vanskelig å fastslå hvilke som vil veie tyngst. Likevel kan en slik vridning være til fordel for mer klimavennlige produkter. Sammen med inntektene fra karbontollen, vil dette kunne føre til en velferdsøkning i samfunnet.

4. Modell og data

For å tallfeste effektene diskutert i kapittel 3 vil vi bruke aluminiumsmarkedet som en case og utarbeide en økonomisk modell for å simulere ulike scenarier. Scenariene vil inneholde ulike utforminger av karbontoll og anti-lekkasje virkemidler som baserer seg på teori og litteratur.

4.1 Valg av modell

Ved hjelp av en statisk likevektsmodell med tilbud og etterspørsel vil vi simulere effekten en karbontoll vil ha på norsk konkurranseutsatt industri og globale utslipp. I denne oppgaven omtaler vi totale utslipp fra aluminiumssektoren som globale utslipp, ettersom modellen bare tar for seg dette. Aluminiumsproduksjon er både konkurranseutsatt og svært energiintensiv, og derfor en interessant sektor å vurdere. Verdikjeden til aluminium er lang og kompleks, og en karbontoll kan omfatte ett eller flere ledd i verdikjeden. I denne oppgaven avgrenses modellen til å kun omhandle primæraluminium. European Aluminium (2020) peker på at dette kan være problematisk, men dette drøftes videre i 5.7. I tillegg skiller ikke modellen på nyprodusert eller resirkulert aluminium.

Modellen består av to markeder; det europeiske markedet og resten av verden. I det europeiske markedet inngår kun EU og EØS. Resten av verden vil bli omtalt som verdensmarkedet, og inkluderer alt utenom det europeiske markedet. Det er fire produsenter, hvorav to produserer i Europa og er kvotepliktige (Norge og EU) og to produserer utenfor Europa uten klimareguleringer (Kina og Russland). Norsk Hydro er til dels brukt som en representativ produsent for Norge, mens EU representerer en gjennomsnittlig produsent i EU. Til sammen står disse produsentene for hele produksjonen i Europa. Ettersom disse aktørene i virkeligheten ikke eksporterer til verdensmarkedet, er modellen avgrenset til at disse aktørene kun kan selge på det europeiske markedet. Vi har valgt Kina og Russland til å representere uregulerte markeder. Disse produsentene kan selge til begge markedene og står i modellen for all produksjon utenfor Europa. Produksjonen er fordelt på disse to produsentene basert på det reelle forholdet mellom deres produksjonsnivå. Transportkostnader og andre handelsbarrierer er ikke inkludert i modellen, slik at produsenter enkelt kan flytte salget mellom markedene uten ekstra kostnader. Kina og Russland har svært forskjellige direkte og indirekte utslippsintensitet, og kan derfor til en viss grad representere variasjonen av aluminiumsprodusenter utenfor Europa.

I realiteten så eksporterer Kina lite primæraluminium til EU, men heller mye bearbeidet aluminium og aluminiumsprodukter. Likevel er Kina brukt som en tilbyder av primæraluminium i modellen ettersom de står for over halvparten av verdens produksjon (Marcu et al., 2021). Dette er likevel en viktig problemstilling som må vurderes i en grundig utredning av karbontoll, men som ikke hensyntas i denne oppgaven.

I modellen antas fullkommen konkurranse, som diskutert i kap. 3.1. Det antas full markedsklarering til enhver tid og legges også til grunn at produsentene er profittmaksimerende. Hver enkelt produsent er pristakere, og kan ikke påvirke markedsprisen på primæraluminium med sitt produksjonsvolum. For å være profittmaksimerende, er det derfor vesentlig at produsentene minimerer produksjons- og utslippskostnadene sine. I modellen legger vi til grunn at det er en global pris på primæraluminium, mens det i realiteten er én pris fra hver av børsene. Likevel er det en rimelig antakelse at det ikke vil være store differanser mellom disse prisene da primæraluminium er et relativt homogent gode uten høye transportkostnader. På grunn av den globale prisen, kan ikke karbonkostnader veltes over på kunder uten å miste en vesentlig markedsandel (Marcu et al., 2021, s. 40).

Når det gjelder karbonlekkasje, tar modellen kun hensyn til lekkasje gjennom konkurranseeffekten, og inkluderer derfor ikke en karbontolls mulige indirekte lekkasjeeffekt gjennom internasjonale kraftpriser. Denne effekten antas likevel ikke å være stor, da elektrisitet er dyrt å transportere over store distanser (Saadi et al., 2018).

Dette er et optimeringsproblem som er løst ved hjelp av dataverktøyet AMPL. Basert på produksjonsnivå, er det regnet ut nøkkeltall som utslipp, karbonlekkasje, dekningsbidrag som presenteres i kapittel 5. Øvrige resultater finnes i appendiks.

4.2 Etterspørsel

I modellen benyttes to etterspørselsfunksjoner, som viser aggregert etterspørsel for primæraluminium i henholdsvis det europeiske markedet og verdensmarkedet. Etterspørselen er en funksjon av pris. I modellen benytter vi isoelastiske etterspørselskurver, hvor det antas konstant priselastisitet. Det betyr at den prosentvise endringen i etterspørsel som følge av en

prisendring er lik uavhengig av opprinnelig pris- og produksjonsnivå. Det antas også identisk priselastisitet i begge markedene. Etterspørselsfunksjonene er gitt som:

$$AD^{eur} = k^{eur} (P^{eur})^r \quad (1)$$

$$AD^{row} = k^{row} (P^{row})^r \quad (2)$$

hvor AD^{eur} og AD^{row} er aggregert etterspørsel etter primæraluminium i det europeiske markedet og på verdensmarkedet, k^{eur} og k^{row} er parametere, P^{eur} og P^{row} er markedsprisene og $r < 0$ er egenpriselastisiteten.

Basert på priselastisiteten, historisk europeisk konsum og pris på primæraluminium har vi kalibrert parametere k^{eur} og k^{row} . Priselastisiteten er ulik på kort og lang sikt, og dette medfører at k^{eur} og k^{row} også endres på lang sikt. Dette er blant annet fordi det er lettere å substituere bort en vare eller endre teknologi på lengre sikt.

4.3 Tilbud

4.3.1 Tilbudsfunksjoner

I modellen har vi forutsatt at produsentens tilbudsfunksjon tilsvare deres marginale kostnadsfunksjon. Bakgrunnen for dette er frikonkurransen som kjennetegnes ved at produsenten har lyst til å selge frem til kostnaden av å produsere en enhet til overstiger inntekten fra å selge den i markedet. Produsentene er som nevnt profittmaksimerende som innebærer at bedriftene minimerer kostnader for å maksimere profitt. Vi finner tilbudsfunksjonen ved å først se på produsentens profittfunksjon:

$$\Pi_i(q_i^{eur}, q_i^{row}) = TR(q_i^{eur}, q_i^{row}) - TC_i(q_i^{eur}, q_i^{row}) \quad (3)$$

hvor Π_i er profitt, TR er totale inntekter og TC_i er totale kostnader. q_i^{eur} og q_i^{row} representerer kvantum den enkelte produsent i selger til de to markedene. Inntektsfunksjonen er som følger:

$$TR(q_i^{eur}, q_i^{row}) = P^{eur} q_i^{eur} + P^{row} q_i^{row} \quad (4)$$

hvor P^{row} og P^{eur} er prisen på primæraluminium i markedene. Totale kostnader er gitt ved følgende funksjon:

$$TC_i(q_i^{eur}, q_i^{row}) = VC_i(q_i^{eur}, q_i^{row}) + FC_i \quad (5)$$

hvor VC_i er variable kostnader, og FC_i er faste kostnader.

$$VC_i(q_i^{eur}, q_i^{row}) = a_i q_i^{tot2} + b_i q_i^{tot} - c_i q_i^{tot} + CBAM_i q_i^{eur} \quad (6)$$

hvor a_i og b_i er produksjonskostnader, c_i er verdien av anti-lekkasje virkemidlene gratiskvoter og karbonpriskompensasjon, og er kun gjeldende for Norge og EU. I de tilfellene virkemidlene bortfaller (spesifisert i 4.5) bortfaller leddet også for de europeiske produsentene. $CBAM_i$ er karbontollen, som forklares i 4.3.3, og er et kostnadsledd som kun gjelder for produsentene i uregulert område og faller bort for Norge og EU. q_i^{tot} er produsentens samlede produksjon ($q_i^{eur} + q_i^{row}$). Produksjonskostnadene er delt i to kostnadsledd, et lineært og et kvadratisk. b_i er summen av enhetskostnadene for alumina, energi og utslipp, nærmere forklart i kap 4.3.2. a_i er andre variable kostnader og er et kalibrert parameter beregnet på grunnlag av b_i , c_i og aluminiumsprisen i 2019. De variable kostnadene antas å ha et kvadratisk element, slik at marginale kostnadene er stigende i produksjon.

Optimalt kvantum finnes ved å derivere produsentenes profittfunksjon med hensyn på produksjonsvolumene i hvert av markedene, q_i^{eur} og q_i^{row} for så å sette lik null. Den deriverte profittfunksjonen viser endringer i produsentenes profitt, og når endringen er null finner vi et ekstremalpunkt. Med andre ord er profitten maksimert når dette oppfylles. Dette gir oss bedriftens profittmaksimerende førsteordensbetingelse:

$$\frac{\delta \Pi(q_i^{tot})}{\delta q_i^{eur}} = P^{eur} = 2a_i q_i^{tot} + b_i - c_i + CBAM_i \quad (7)$$

$$\frac{\delta \Pi(q_i^{tot})}{\delta q_i^{row}} = P^{row} = 2a_i q_i^{tot} + b_i - c_i \quad (8)$$

Venstresiden i (7) og (8) er bedriftens marginalinntekt og høyresiden er bedriftens marginalkostnad. Ligning (7) er produsentenes optimale tilpasning i det europeiske markedet, men CBAM-leddet faller bort for Norge og EU da de ikke betaler noe karbontoll. Tilpasningen

i verdensmarkedet er representert ved ligning (8) og kun aktuell for Russland og Kina. Ettersom prisen er gitt av markedet, er marginalinntektene lik markedsprisene i begge markedene. For å maksimere profitt tilpasser bedriftene kvantum der prisen er lik marginalkostnad (se også kap. 3.1).

Høyreside av ligning (7) og (8) er de lineære tilbudsfunksjonene og bygger på forutsetningen om at hver produsent tilpasser produksjon til det nivået hvor deres marginalkostnad tilsvarer den aluminiumsprisen i hvert marked. Produsentenes marginalkostnader avhenger av totalt produsert kvantum, slik at tilbudsfunksjonene må ses i sammenheng. Det som skiller tilbudsfunksjonen til de ulike markedene, er karbontollen. Det er likevel mer lønnsomt for en bedrift å selge til Europa dersom prisdifferansen mellom markedene overstiger karbontollen de betaler. Dersom prisdifferansen er mindre enn karbontollen vil man fokusere salget utenom Europa.

4.3.2 Kostnader

For aluminiumsproduksjon har vi identifisert ulike elementer som påvirker kostnadsnivået til de ulike regionene, og dette danner grunnlaget for deres tilbudsfunksjon. Vi ser bort i fra produsentenes faste kostnader, ettersom de ikke er av betydning for aktørenes tilpasning av produksjonsnivå i aluminiumsmarkedet.

Som nevnt fordeles produksjonskostnadene på to parametere, a_i og b_i . b_i er sammenslått av de viktigste komponentene i produsentenes kostnader og består av alumina, energi og utslippskostnader. De resterende kostnadene faller inn under a_i og er definert som andre variable kostnader. Alle disse komponentene vil bli forklart ytterligere i dette kapittelet.

ALUMINA

Alumina er en sentral komponent i produksjonen av primæraluminium, og utgjør en stor kostnad for produsentene. Kostnadsleddet for alumina er sammensatt av ressursforbruket og prisen på alumina. Alumina er en råvare som omsettes på råvarebørs, og det legges derfor til grunn at det er en internasjonal aluminapris for alle produsenter. Dette kostnadsleddet er lineært ettersom den enkelte bedrifts produksjon ikke påvirker prisen eller forbruket av alumina.

$$Alu_i = x_i^A w^A \quad (9)$$

hvor Alu_i er produsentens aluminakostnader, x_i^A er antall tonn alumina per tonn produsert aluminium og w^A er prisen per tonn alumina. Dette kostnadsleddet utgjør kun en liten forskjell mellom produsentene grunnet felles pris og minimal ulikhet i ressursforbruk.

ENERGI

Elektrolyse er en energikrevende prosess og energikostnader utgjør derfor den største andelen av produksjonskostnadene. Energikostnaden avhenger i stor grad av kraftprisene produsentene møter, som igjen avhenger av hvilken type kraftverk som produserer elektrisiteten i strømmnettverket. Hver produsent antas å ikke kunne påvirke kraftprisene, slik at energikostnadene er et lineært kostnadsledd avhengig av både energiforbruk og kraftpris.

$$El_i = x_i^{el} w_i^{el} \quad (10)$$

hvor El_i er produsentens energikostnader, x_i^{el} er produsentens energiintensitet i MWh per tonn produsert primæraluminium og w_i^{el} er prisen per MWh for den enkelte produsent.

For produsenter regulert gjennom EU ETS inneholder kraftprisen en karbonkostnad (se kap. 2.2.4). Dette gjør at kraftprisen blir høyere, noe som påvirker produsentens energikostnader. Dette er fordi marginalprodusenten i Europas strømmnettverk ofte er fossil, noe som gjør at energiprisene blir tilført en karbonkostnad. På denne måten betaler også norske produsenter ofte en indirekte karbonkostnad til tross for at mesteparten av energien kommer fra fornybare energikilder.

UTSLIPPSKOSTNADER

Produsenter innenfor EU ETS må betale for sine utslipp ved kjøp av kvoter. Kvoter gir rettigheter til utslipp av CO₂ og kan betraktes som en variabel innsatsfaktor som påvirker produsentenes marginalkostnader (Ringlund et al., 2009).

$$EUA_i = I_i P^{ETS} \quad (11)$$

hvor EUA_i er produsentens utslippskostnader, I_i er produsentenes utslippsintensitet målt som tonn CO₂ per tonn aluminium og P^{ETS} er kvoteprisen. I modellen forutsettes det at kun produsenter som reguleres av EU ETS har utslippskostnader. Kostnadsleddet faller dermed bort for Kina og Russland i modellen.

ANDRE VARIABLE KOSTNADER

Andre variable kostnader er en samlepost for alle kostnader som ikke inngår i kostnadselementene beskrevet ovenfor. Noen av de viktigste postene innenfor andre variable kostnader er arbeidskraft, driftskostnader, administrasjon og andre materialer. Dette kostnadsleddet antas å være kvadratisk, noe som gjør at marginalkostnadene øker med produsert volum. Dette kan blant annet skyldes kapasitets- og kapitalbegrensninger. Dette kostnadsleddet alene tilsvarer a_i i tilbudsfunksjonen og er kalibrert basert på kostnads- og produksjonsdata for 2019.

4.3.3 Anti-lekkasje virkemidler

Toll på import av primæraluminium og endring i anti-lekkasje virkemidler fører til skift i alle produsentenes tilbudskurver. Etersom gratiskvoter og karbonpriskompensasjon fungerer som en indirekte subsidie for produsenten, er dette lagt inn som et negativt kostnadsledd c_i . Karbontollen er representert med $CBAM_i$ i tilbudsfunksjonene.

GRATISKVOTER

Tildelingen av gratiskvoter kan i visse tilfeller veie opp for alle utslippskostnader, avhengig av produsentens utslippsintensitet i forhold til fastsatt benchmark.

$$GK_i = I^{bench} p^{ETS} \quad (12)$$

hvor GK_i er produsentens tildelte gratiskvoter, I^{bench} er benchmark for utslippsintensitet per tonn aluminium og p^{ETS} er kvoteprisen. I modellen bortfaller også dette kostnadsleddet for Kina og Russland, da de ikke mottar gratiskvoter.

KARBONPRISKOMPENSASJON

Dersom det er innvilget av medlemslandene i EU ETS, kan produsenter søke om å få kompensasjon for forhøyede kraftpriser hvis de oppfyller spesielle kriterier. I Norge er dette innvilget og kompensasjonsordningen omfattes og reguleres av forskrift om CO₂-kompensasjon for industrien (Forskrift om CO₂-kompensasjon for industrien, 2013). Den årlige kompensasjonen fastsettes som produktet av en energieffektivitetsstandard for aluminium, en CO₂-utslippsfaktor per MWh, støtteintensitet og en forwardpris for kvoter. I modellen er dette lagt inn som subsidie til produksjon, altså ved bruk av et negativt kostnadsledd.

$$Komp_i = x_i^{el-bench} UF_i \alpha P^{EUA-forward} \quad (13)$$

hvor

- $Komp_i$ er produsentenes årlige karbonpriskompensasjon
- $x_i^{el-bench}$ er energieffektivitetsstandarden per produsert tonn primæraluminium.
- UF_i er utslippsfaktoren regnet som tonn CO₂ per MWh
- α er støtteintensiteten i prosent
- $P^{EUA-forward}$ er støtteårets EUA forwardpris regnet som gjennomsnittet av alle daglige sluttpriser med leveranse i desember i støtteåret

Det forutsettes i modellen at begge produsentene underlagt EU ETS mottar karbonpriskompensasjon, mens Kina og Russland heller ikke mottar dette slik at dette leddet (subsidiene) faller bort.

KARBONTOLL

I modellen er det eksportøren til Europa som bærer kostnaden av tollene, og dette legges til som et ekstra ledd i tilbudsfunksjonen. Utslippskostnadene for eksportører til EU er følgende:

$$CBAM_i = I_i P^{ETS} \quad (14)$$

hvor $CBAM_i$ er produsentens karbontoll, I_i er utslippsintensitet basert på valgt utforming av karbontoll, P^{ETS} er kvoteprisen. Leddet gjelder kun for Kina og Russland som har muligheten til å eksportere til Europa.

4.4 Markedsløsning

Markedsløsningen dannes der det er likevekt mellom tilbud og etterspørsel. Dette er presentert ved et likningssett bestående av etterspørselsfunksjonene (I og II) og tilbudsfunksjonene (III - VIII) beskrevet over. Når alle produsentene tilpasser seg i henhold til dette sitter vi igjen med følgende system for ulikheter hvor Norge (N) og EU er avgrenset til kun salg i Europa, mens Kina (K) og Russland (R) selger i begge markedene:

$$\begin{aligned} \text{I.} \quad & AD^{eur} = k^{eur} (p^{eur})^r \\ \text{II.} \quad & AD^{row} = k^{row} (p^{row})^r \end{aligned}$$

- III. $p^{eur} - (2a_N q_N + b_N - c_N) \leq 0 \perp q_N \geq 0$
- IV. $p^{eur} - (2a_{EU} q_{EU} + b_{EU} - c_{EU}) \leq 0 \perp q_{EU} \geq 0$
- V. $p^{eur} - (2a_K (q_K^{eur} + q_K^{row}) + b_K - c_K + CBAM_K) \leq 0 \perp q_K^{eur} \geq 0$
- VI. $p^{eur} - (2a_R (q_R^{eur} + q_R^{row}) + b_R - c_R + CBAM_R) \leq 0 \perp q_R^{eur} \geq 0$
- VII. $p^{row} - (2a_K (q_K^{row} + q_K^{eur}) + b_K - c_K) \leq 0 \perp q_K^{row} \geq 0$
- VIII. $p^{row} - (2a_R (q_R^{row} + q_R^{eur}) + b_R - c_R) \leq 0 \perp q_R^{row} \geq 0$

I tillegg er det andre betingelser som må være oppfylt for å løse optimeringsproblemet. Blant annet må etterspørselen tilsvare produksjonsmengden og totalt tilbud (AS) i hvert marked.

$$AS^{eur} = \sum_{i=1}^4 q_i = q_N + q_{EU} + q_K^{eur} + q_R^{eur}$$

$$AS^{row} = \sum_{i=1}^2 q_i = q_K^{row} + q_R^{row}$$

$$AS^{eur} = AD^{eur}$$

$$AS^{row} = AD^{row}$$

Ved å løse likningssettet og optimeringsproblemet over finner vi markedsprisen i begge markedene, samlet etterspørsel, produsentenes produksjonsvolum og salget til de to markedene. Fra likningssettet fremkommer det at produsentene vil selge så lenge prisen er høyere enn eller lik marginalkostnadene.

4.5 Scenarier for karbontoll

I denne delen beskrives de ulike scenarioene som modellen har til formål å vurdere effekten av. På bakgrunn av hva vi identifiserte som mulige utforminger av karbontoll i 3.5, har vi hovedsakelig valgt å se nærmere på to scenarioer. For å kunne analysere effekten av de ulike scenarioene, har vi modellert både et referansescenario og Business as Usual-scenario (BaU). For de to europeiske produsentene faller gratiskvoter og/eller karbonpriskompensasjon bort avhengig av scenarioet. Det innføres ingen eksportrefusjon, da det omtrent ikke eksporteres noe primæraluminium ut av området regulert av EU ETS. I utformingen av karbontollen er det ikke tatt hensyn til om dette er kompatibelt med WTOs retningslinjer.

Tabell 1 viser en sammenstilling av hvilke virkemidler som gjelder for produsentene ved de ulike scenarioene. Scenarioene forklares nærmere i påfølgende delkapitler.

	CO ₂ -pris EU ETS	Gratisvoter	Karbonpris- kompensasjon	Karbontoll direkte utslipp	Karbontoll indirekte utslipp
BaU	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Referanse- scenario	N / EU	N / EU	N / EU	Ingen	Ingen
Scenario 1	N / EU	Ingen	N / EU	R / K	Ingen
Scenario 2	N / EU	Ingen	Ingen	R / K	R / K

Tabell 1: Oversikt over hvilke virkemidler som er gjeldende for Norge (N), EU, Russland (R) og Kina (K) i de ulike simulerte scenarioene

4.5.1 Referansescenario og BaU

Referansescenarioet skal representere dagens situasjon. Det innebærer at produsenter underlagt kvotehandelssystemet fortsatt må kjøpe klimavoter for direkte utslipp, samt videreføring av dagens anti-lekkasje virkemidler. Både tildeling av gratisvoter og karbonpriskompensasjon til energiintensiv industri videreføres. Russland og Kina selger fritt til begge markedene, og betaler ingen utslippskostnader. Dette scenarioet brukes for å sammenligne effekten innføring av klimatiltakene vil ha på produksjon og resultat.

I tillegg er det simulert et Business as Usual-scenario (BaU), for å illustrere en situasjon uten noen klimatiltak eller virkemidler mot karbonlekkasje. I dette scenarioet er derfor gratisvotene, karbonpriskompensasjonen, CO₂-prisen og dens effekt på kraftprisen fjernet. Ettersom prisen på primæraluminium i det europeiske markedet og i verdensmarkedet er like i tilfeller uten karbontoll og modellen utelukker transportkostnader og andre handelsbarrierer, er produsentene indifferente med hensyn på hvilket marked de selger i. Derfor er det i disse tilfellene kun totalproduksjon i hvert land som er bestemt av modellen, men den klarer ikke å fordele den enkelte produsents salg til hvert av markedene. Vi har derfor valgt å fordele salget i referansescenarioet og BaU mellom det europeiske markedet og verdensmarkedet ved å anvende en prosentvis fordeling basert på dagens markedsandeler. Av den mengden

primæraluminium som ble importert inn til Europa i referansescenarioet, kom 57% fra Kina og 43% fra Russland. Disse andelene er benyttet til å fordele produksjon i BaU og nye referansescenarioer i sensitivitetsanalysene.

4.5.2 Scenario 1

I scenario 1 introduseres en karbontoll på import av primæraluminium basert på direkte utslipp i produksjonen. Karbontollen legges til i modellen som et kostnadsledd, $CBAM_i$, for eksportør. Dagens ordning med gratiskvoter bortfaller, men utbetaling av karbonpriskompensasjon til energiintensiv industri opprettholdes ettersom tollbasen kun reflekterer direkte karboninnhold. Karboninnholdet beregnes som gjennomsnittlig karboninnhold i produsentens primæraluminium, og eksportørene har derfor en individuell karbontoll. Likevel representerer eksportørene et gjennomsnitt av flere produsenter i regionen, så karbontollen tilsvarer alternativ 3 i 3.5 da den er en regionspesifikk karbontoll. Tollen skal sørge for at eksportører har lik utslippskostnad som medlemmene i EU ETS. Derfor er EUs kvotepris benyttet i beregningen av karbontollen.

4.5.3 Scenario 2

I scenario 2 innføres en toll på import av primæraluminium basert på både direkte utslipp og indirekte utslipp. I tillegg til det karboninnholdet som medregnes i scenario 1, inkluderes også det indirekte karboninnholdet, hovedsakelig fra elektrisiteten som benyttes. Dette er også beregnet som et gjennomsnitt i regionen, slik at det ikke skal være mulig for en produsent å kun eksportere det metallet som er produsert ved bruk av fornybar energi og selge det resterende i uregulerte områder. Det at også indirekte utslipp inkluderes, medfører en vesentlig større tollbase enn i scenario 1, spesielt for produsenter som benytter mye energi fra for eksempel kull. Karbontollen er i likhet med i scenario 1 beregnet basert på kvoteprisen og betales av eksportør. I dette scenarioet bortfaller både ordningen med gratiskvoter og karbonpriskompensasjon.

I dette scenarioet skal tap av konkurransekraft for Norge og EU gjennom økte kraftpriser utjevnes ved at eksportørene også betaler kvoter for de indirekte utslippene. For Norge og EU tilsvarer ofte CO₂-gjennomslaget på kraftprisene produktet av utslippsfaktoren og kvoteprisen for den marginale kraften. For eksportørene til Europa blir kostnadsøkningen produktet av kvoteprisen og utslippsfaktoren i den gjennomsnittlige kraften. Selv om dette ikke er direkte overførbart, antas det at produsentene på denne måten vil få tilnærmet like utslippskostnader.

4.6 Data

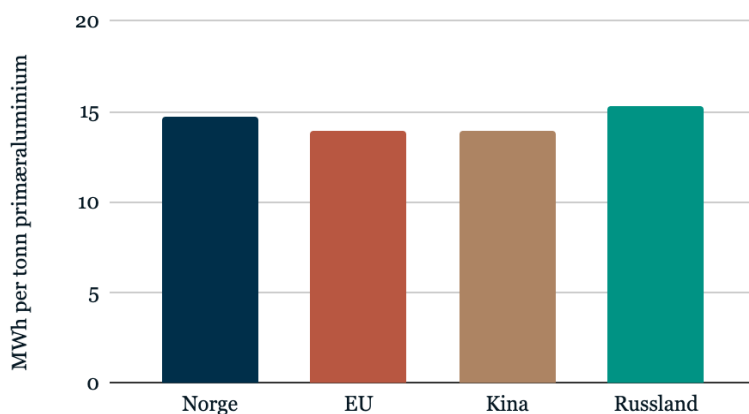
I dette delkapittelet gjør vi rede for datamaterialet som er lagt til grunn i modellen, samt antakelser og forenklinger. I all hovedsak har vi basert oss på tall og priser for 2019. Ettersom alle tall var i 2019-priser, har det ikke vært nødvendig å korrigere for inflasjon. Dette betyr også at alle kostnader og inntekter i oppgaven er nominelle 2019-priser, selv i scenarioet på lang sikt.

Alle priser oppgitt i annen valuta er konvertert til euro ved bruk av gjennomsnittlig valutakurs i 2019 (European Central Bank, 2021). I 2019 var gjennomsnittsprisen for primæraluminium 1602 euro (World Bank, 2020). Tall på verdens samlede aluminiumsproduksjon i 2019 er hentet fra World Aluminium (2021). Produksjonsvolum for Norge, Russland og Kina er hentet fra Statista og World Bureau of Metal Statistics (2021a), Statista og World Bureau of Metal Statistics (2021b) og Statista (2020). Ifølge European Aluminium står EU og EØS for 7% av verdens aluminiumproduksjon, og i tillegg importerer 50% av eget forbruk (European Aluminium, u.å.). På grunnlag av dette er produsenten EU i modellen blitt tilskrevet 7% av verdens aluminiumsproduksjon fratrukket Norges produksjon. Dette tallet inkluderer derfor Island og resten av produksjonen fra EØS. 20% av EUs etterspørsel importeres fra Russland (Wyns & Khandekar, 2019) og i modellen forutsettes det at det resterende av importen kommer fra Kina.

Data for bruk av alumina er hentet fra en rapport laget av Moya og Boulamanti (2016) for Europakommisjonen. Beregningen er fra 2013, men vi antar at dette ikke har endret seg vesentlig. Tallet samsvarer med muntlig informasjon fra Norsk Hydro. Prisen på alumina er hentet fra Norsk Hydro (2020) og er en gjennomsnittspris for 2019 per tonn alumina. Beregningen er gjort basert på et vektet gjennomsnitt av egenproduksjon og tredjepartskontrakter. Alumina er et homogent gode og selges på råvarebørs. Selv om Norsk Hydro har egenproduksjon av alumina, er denne prisen også gjeldende for alle produsenter, grunnet alternativkostnaden ved å ikke selge på markedet.

For å beregne energikostnadene er det samlet inn data på energiintensitet og kraftpriser. Energiintensitet er målt som MWh per produserte tonn primæraluminium. I likhet med forbruket av alumina, er tallene for energiintensitet fra 2013 og hentet fra Moya og Boulamanti (2016). EUs energieffektivitetsstandard er holdt konstant fra 2013-2020, så vi antar at også produsentenes energiforbruk er uendret fra 2013. Figur 9 viser gjennomsnittlig energiintensitet i de fire landene.

Energiintensitet



Figur 9: Produsentenes energiintensitet

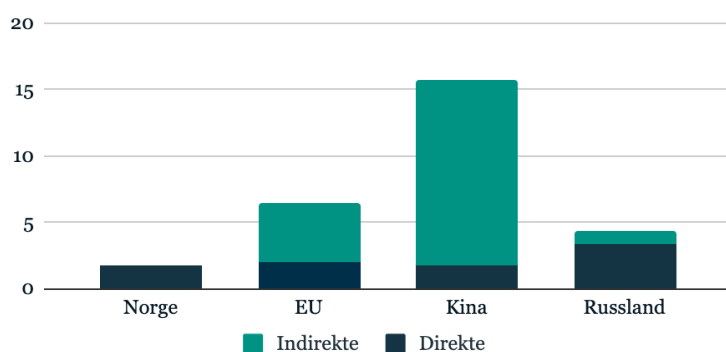
Ifølge Moya og Boulamanti (2016, s. 148) utgjør energikostnadene gjennomsnittlig 34% av produksjonskostnadene globalt. Energifrisene i Kina varierer stort innad i landet, og på grunn av vanskeligheter med å finne en gjennomsnittlig energipris, baserer vi kraftprisen nettopp på at energikostnadene skal utgjøre 34% av produksjonskostnadene. Ifølge økonomisk teori tilpasser produsenter produksjonsnivå til der produksjonskostnadene tilsvarer prisen. Dermed antar vi at Kinas produksjonskostnader er 1602 euro, og med en energiintensitet på 13,9 MWh/tonn, er kraftprisen 39,18 euro. Etersom Kina står for over halvparten av aluminiumsproduksjonen, antas dette å være et relativt riktig estimat. Det stemmer også godt overens med gjennomsnittlige kraftpriser for kinesiske aluminiumsprodusenter publisert på Kinas handelsdepartementets hjemmeside (Ministry of Commerce People's Republic of China, 2019). Kraftprisen for Norge er hentet fra Nordpool (2021) og representert ved bruk av gjennomsnittlig systempris for 2019. Systemprisen er oppgitt i euro per MWh og er felles pris for hele det nordiske kraftmarkedet. EU sine kraftpriser er hentet fra Eurostat og oppgitt i 2019-Euro per MWh (Eurostat, 2021). Prisene er gjennomsnittspriser for 2019 og gjelder ikke-husholdninger ekskludert skatter og avgifter. Russland sin gjennomsnittlige kraftpris for industri i 2019 er hentet fra Enerdata (2020) og er konvertert fra amerikansk dollar til euro. Kvotepreisen benyttet i modellen er gjennomsnittlig pris på EUs klimavoter i 2019 og hentet fra Brenna (2020).

Utslippsintensitetene er hentet fra en oversikt fra CRU, presentert i et innlegg under NAEE sitt webinar om EUs virkemidler mot karbonlekkasje (Lillelien, 2020). Vi vurderer CRU som en uavhengig internasjonal forsknings aktør innenfor råvarer og betrakter derfor dataen som

troverdig. Ettersom verdiene for direkte og indirekte utslippsintensitet kun fremkommer grafisk, er ikke dette helt nøyaktige tall. Utslippsintensiteten for Norge stemmer godt overens med oversikt over beregninger gjort basert på gratiskvoter og utslipp fra både Hydro og Miljødirektoratet (u.å.-b). Vi antar derfor at også utslippsintensiteten for EU, Russland og Kina også stemmer. Figur 10 viser både direkte og indirekte utslippsintensitet i de fire landene.

Utslippsintensitet

Tonn CO₂-utslipp per tonn primæraluminium



Figur 10: Produsentenes utslippsintensitet, fordelt på direkte og indirekte utslipp

De store forskjellene i indirekte utslipp skyldes hovedsakelig bruk av ulike energikilder. I Norge er det mye vannkraft og utslippene er dermed lave. De andre landene har en energisammensetning med høyere karboninnhold. Spesielt er utslagene på indirekte utslipp høye for Kina, som stort sett benytter kullkraft til aluminiumsproduksjon. Energiintensitet spiller også inn på de indirekte utslippene, men det er langt mindre variasjon i disse.

Fastsatt benchmarking for utslippsintensitet i produksjon av primæraluminium og er satt til 1,514 tonn CO₂ per produserte tonn. Tallet er hentet fra et veiledningsdokument publisert av Europakommisjonen og vi forutsetter at dette har vært den gjeldende standarden i EU for hele perioden 2013-2020 (European Commission, 2011).

Energieffektivitetsstandard for produksjon av primæraluminium er i Norge satt til 14,256 MWh per tonn produkt og har vært gjeldende i perioden 2013-2020. Oppdatert standard for fase 4 av EU ETS er fremdeles ikke offentliggjort. I modellen er utslippsfaktoren i Norge satt til 0,67 tonn CO₂ per MWh og 0,81 i EU. Norsk utslippsfaktor fremkommer i Forskrift om CO₂-kompensasjon for industrien (2013), mens utslippsfaktoren i EU er beregnet som et gjennomsnitt av estimerte utslippsfaktorer i de ulike markedene i EU. Tallene for EU er hentet fra et

høringsinnspill gjort av Eurometaux, interesseorganisasjon for europeisk metall, til Europakommisjonen (O'Donoghue, 2020).

I retningslinjene for statlig støtte sies det at maksimal støtteintensitet i karbonpriskompensasjonsordningen er 75% i 2019 og 2020 (European Commission, 2012). Norge benytter denne satsen, men kan hvert land bestemme dette selv dersom de ønsker å innføre karbonpriskompensasjon. Vi forutsetter at EU i modellen har innvilget statlig støtte og også benytter maksimal støtteintensitet på 75%.

Ifølge Forskrift om CO₂-kompensasjon for industrien (2013), skal forwardprisen tilsvare gjennomsnittet av daglige sluttpriser i året før støtteåret med leveranse i desember i støtteåret. Dette skal omregnes ved bruk av daglige valutakurser. I modellen forenkles dette til å benytte samme variabel som kvoteprisen, og er dermed gjennomsnittlig kvotepris i 2019. Denne forenklingen gjør at dette leddet ikke blir helt korrekt, men det anses å ikke utgjøre et stort avvik.

Flere tidligere studier, som blant annet Hojman (1981), Suslow (1986) og Gilbert (1995), har anvendt økonometriske modeller for å illustrere aluminiumsmarkedet. I Zink et al. (2018) bygger de videre på disse studiene og finner priselastisiteten for primæraluminium i USA. For aluminiumsmarkedet på kort sikt fant de at priselastisiteten var mellom -0.22 og -0.20, men med ganske store standardavvik på henholdsvis 0.34 og 0.44. På lengre sikt fant de at elastisiteten var mellom -0.35 og -0.34. Vi antar at aluminiumsmarkedet i USA er relativt sammenlignbart med både det europeiske markedet og verdensmarkedet når det gjelder primæraluminium. I modellen benyttes derfor priselastisiteten -0,20 på kort sikt og -0,35 på lengre sikt.

5. Resultater og diskusjon

I denne delen vil vi presentere hovedresultatene fra modellen, samt diskutere resultatenes validitet og mulige utfordringer ved tolkning av tallene. Vi vil videre foreta en sensitivitetsanalyse hvor ulike parametere endres på bakgrunn av mulighetsrommet for disse verdiene. Endringene i parameterne vil begrunnes ved hjelp av litteratur og ulike studier.

Vi vil hovedsakelig fokusere på å besvare den todelte problemstillingen:

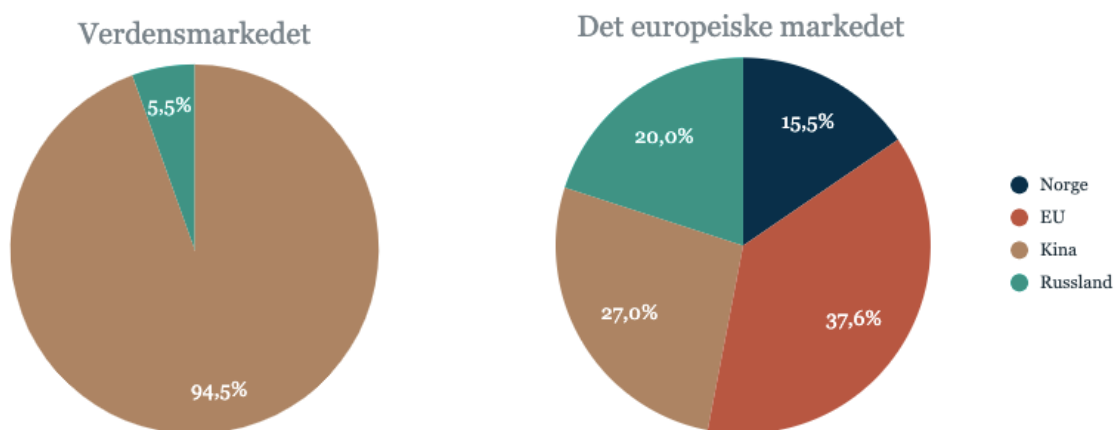
*Hvordan påvirker karbontoll globale utslipp fra aluminiumsproduksjon sammenlignet med dagens anti-lekkasje virkemidler, og hva blir konsekvensene for norsk aluminiumsindustri?*²

Dette gjøres ved å se på ulike faktorer som utslippsnivå, karbonlekkasje og produksjonsnivå. Det er viktig å bemerke seg at karbonlekkasjen beregnes basert på hvor utslippene produseres, men i denne oppgaven belyses også utslipp knyttet til forbruk i hvert av markedene. For å se på konsekvensene for norsk industri vil vi også se på dekningsbidraget, som utgjør inntektene fratrukket produksjonskostnadene. I dette kapittelet vil vi trekke frem de viktigste funnene, mens øvrige resultater ligger vedlagt i appendiks. Det finnes også viktige faktorer som kan påvirke og begrense resultatene, men som ikke inkluderes i modellen. Dette vil bli nærmere diskutert i kapittel 5.7.

5.1 Referansescenario

Referansescenarioet representerer dagens situasjon og er et konstruert utgangspunkt for modellen. Scenarioet er formet på bakgrunn av tall og forutsetninger nevnt i kap. 4. Dette scenarioet danner grunnlaget for sammenligning og vurdering av scenario 1 og 2.

I referansescenarioet er EU ETS og anti-lekkasje virkemidler (gratiskvoter og karbonpriskompensasjon) implementert, men det er ikke innført noen karbontoll i Europa. Etersom aluminium er en råvare som omsettes på børs og har en global pris, kan ikke produsentens karbonkostnader veltes over på prisen uten å tape markedsandeler. Uten en karbontoll oppstår det ingen prisdifferanse mellom det europeiske markedet og verdensmarkedet, og prisen er dermed lik i begge markedene. Markedsprisen i referansescenario er 1602 euro, tilsvarende gjennomsnittsprisen i 2019.



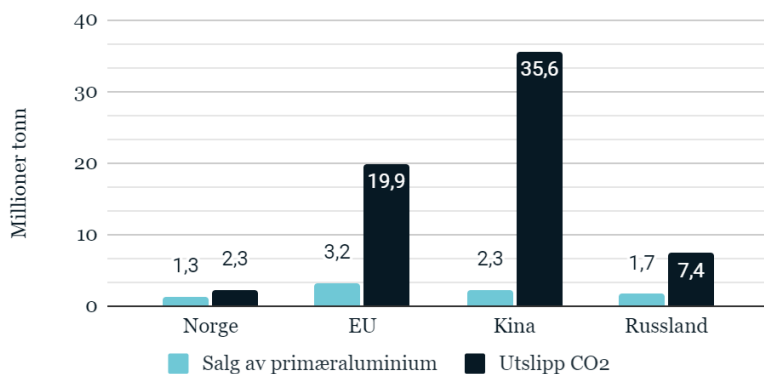
Figur 11: Produsentenes markedsandel i verdensmarkedet og det europeiske markedet - referansescenario

Figur 11 viser markedsandelene hver produsent har i hvert marked i referansescenariot. Samlet er den totale etterspørselen etter primæraluminium 63,6 millioner tonn, hvor Kina er den største tilbyderen. I det europeiske markedet er det totale konsumet av primæraluminium 8,4 millioner tonn, hvor EU er den største tilbyderen. På verdensmarkedet selger Russland og Kina til sammen 55,2 millioner tonn som de to eneste tilbyderne i dette markedet.

Kina står for det meste av verdens utslipp. Dette er grunnet det høye karboninnholdet i primæraluminiumen og at de står for største andelen av verdens produksjon. Utslipp kan analyseres på ulike måter. Normalt beregnes utslipp der de faktisk skjer, men i oppgaven ser vi i tillegg på utslipp basert på hvor forbruket skjer. Figur 12 og 13 viser utslippene knyttet til forbruket av primæraluminium i de to markedene.

Det europeiske markedet: Salg og utslipp

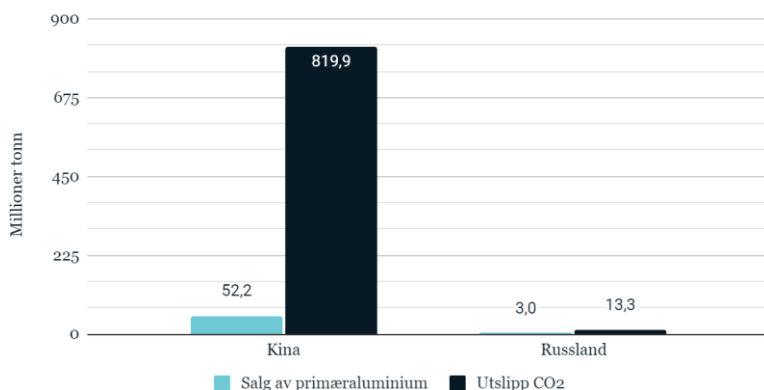
Referansecenario



Figur 12: Salg og utslipp fra forbruk i det europeiske markedet - referansescenario

Verdensmarkedet: Salg og utslipp

Referansecenario



Figur 13: Salg og utslipp fra forbruk i verdensmarkedet - referansescenario

Til tross for at Kina kun står for 27% av salget i det europeiske markedet, er de likevel ansvarlige for mer enn av halvparten av utslippene knyttet til forbruk.

5.2 Business as Usual

For å kunne måle effekten av klimatiltak og i utregning av karbonlekkasje er det ikke tilstrekkelig å sammenligne med referansescenarioet. Dette skyldes at det allerede er implementert et kvotesystem og virkemidler for å forhindre karbonlekkasje. Derfor har vi simulert et «Business as Usual»-scenario hvor verken kvotehandelsystemet eller andre klimatiltak eksisterer. I dette scenarioet vil dermed ikke Norge eller EU måtte betale for sine CO₂-utslipp og mottar ikke gratiskvoter eller karbonpriskompensasjon. Kraftprisen vil heller ikke være påvirket av

kvoteprisen, og er derfor korrigert for dette. Kraftprisen reduseres ved bruk av Arnesen et al. (2020) sitt estimerte CO₂-gjennomslag i kraftprisen, som utgjør omtrent 12 euro/MWh. I BaU-scenarioet uten utslippskostnader vil aluminiumsprisen være 1604 i begge markedene. I likhet med referansescenarioet er Kinas og Russlands salg fordelt mellom det europeiske markedet og verdensmarkedet, slik som forklart i 4.4.1. Det totale produksjonsvolumet er tilnærmet likt som i referansescenarioet, med små endringer i produksjon for den enkelte produsent⁴.

BaU-scenarioet sammenlignes også med et annet scenario hvor det er en kvotepris, men ingen anti-lekkasje virkemidler for å enkelt illustrere lekkasjeeffekten. Ved å innføre et kvotemarked og CO₂-pris, men ingen tiltak for å motvirke karbonlekkasje øker markedsprisen på primæraluminium fra 1604 til 1618 euro og modellen finner en lekkasjerate på 265%. Å kun innføre en CO₂-pris gir samme effekt som det å innføre en skatt i ett område, som forklart i teoridelen (kap. 3.3 figur 6). Den store lekkasjen henger sammen med forutsetningene for modellen. Vi forutsetter blant annet at det ikke er noen produktdifferensiering, transportkostnader eller handelsbarrierer slik at produsentene enkelt kan flytte salget sitt til et annet marked. Unntaket er at modellen begrenser Norge og EU til å kun selge i det europeiske markedet. Dersom det hadde vært forutsatt en større grad av produktdifferensiering, ville produsentene hatt mulighet til å velte høyere kostnader over på kundene i form av høyere priser. Når det innføres en kvotepris øker utslippskostnadene i Europa, og produksjonen flyttes dermed til uregulerte områder. Norges og EUs produksjon reduseres med 32% og 47%, og erstattes med importert aluminium som har høyere utslippintensitet, særlig Kina. Den lave priselastisiteten fører også til at prisøkningen ikke får stor effekt på etterspørselen. Dermed opprettholdes omtrent etterspurt kvantum, men tilbudet kommer fra produsenter utenfor Europa. En annen viktig årsak til høy lekkasjerate er stigningen på tilbudsfunksjonen. Dette forklares nærmere under diskusjon av karbonlekkasje i scenario 1, da dette er en effekt som går igjen. Modellen viser at å kun sette en pris på CO₂ fører til en økning i globale utslipp og tap av europeisk konkurransevne. Økningen av utslipp utenfor Europa er 2,6 ganger så stor som reduksjonen i Europa.

Som forklart under 5.1, har vi i virkeligheten virkemidler som skal demme opp for lekkasjen vist over. Prisen på primæraluminium i BaU-scenarioet er 1604 euro, men reduseres til 1602 euro i

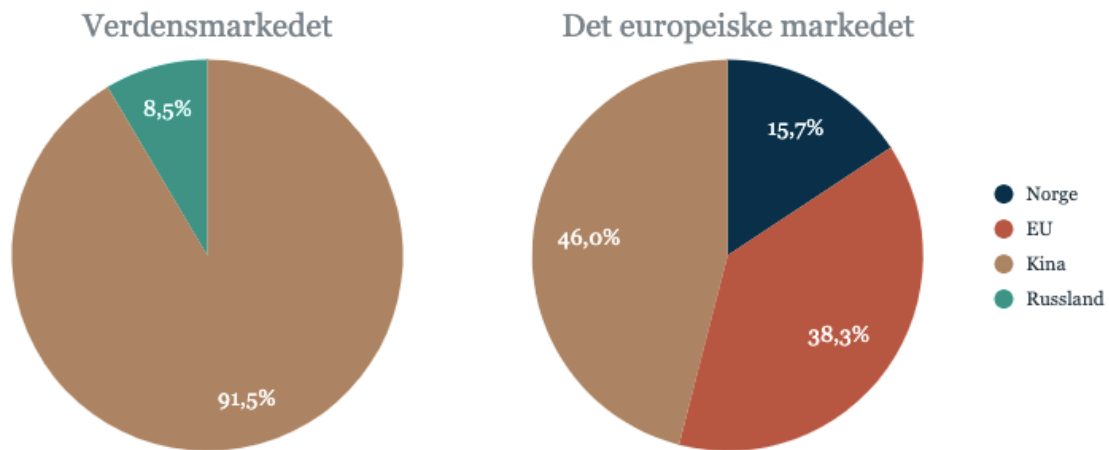
⁴ Produksjonen i Norge er omtrent 1,3 millioner tonn aluminium, og 2,9 millioner tonn i EU. Utenfor Europa produserer Kina 54,5 millioner tonn og Russland 4,7 millioner tonn. Dette utgjør til sammen rundt 63,6 millioner tonn primæraluminium.

referansescenarioet når det innføres kvotemarked og anti-lekkasje virkemidler. Resultatene fra modellen viser at samlet produksjon fra Norge og EU er høyere i referansescenarioet enn i BaU-scenarioet. Derimot synker Kinas og Russlands produksjon. Dette vil si at CO₂-pris kombinert med gratiskvoter og karbonpriskompensasjon fører til høyere produksjonsnivå i Europa og dermed også økte utslipp fra dette området. Effekten av anti-lekkasje virkemidlene ser ut til å være sterkere enn den negative effekten på produksjonen påført av CO₂-prisen. Det vil si at europeiske produsenter får relativt lavere produksjonskostnader sammenlignet med Kina og Russland. I motsetning til karbonlekkasjen vi observerte i tilfellet uten virkemidler, øker utslippene innenfor regulert område, mens utslippene synker i resten av verden. De sterke virkemidlene vil motvirke en av de ønskede effektene av klimatilaket, som er å redusere europeiske utslipp. På en annen side synker utslippene globalt ettersom spesielt kinesisk produksjon synker. I disse tilfellene vil det ikke være hensiktsmessig å beregne karbonlekkasje ettersom det motstrider definisjonen som er forklart i kap. 3.3 hvor det forutsettes en reduksjon i regulert område som følge av klimapolitikk.

5.3 Scenario 1

I scenario 1 pålegges produsenter utenfor EU å betale en karbontoll på primæraluminiumet de selger til det europeiske markedet. Tollsatsen baserer seg i dette scenarioet kun på direkte utslipp. Ordningen med gratiskvoter oppheves, mens ordningen med kompensasjon for økte energipriser forblir uendret.

Å fjerne gratiskvotene medfører økte kostnader for europeiske produsenter, og samtidig pålegges eksportører å betale karbontoll for det de selger på det europeiske markedet. Produsentene utenfor Europa opplever dermed en kostnadsøkning kun knyttet til salg i det europeiske markedet. Alle produsentene som selger i det europeiske markedet, opplever en kostnadsøkning og karbonkostnadene kan derfor veltes delvis over på kundene. Dette fører til en prisøkning på 2,75% i Europa til 1646 euro. Den europeiske etterspørselen synker med 0,54%. Prisen utenfor Europa synker fra 1602 til 1601 euro, og etterspørselen vokser med 0,01%. Karbontollen og prisendringene endrer markedsandelene i begge markedene og fremkommer av figur 14.



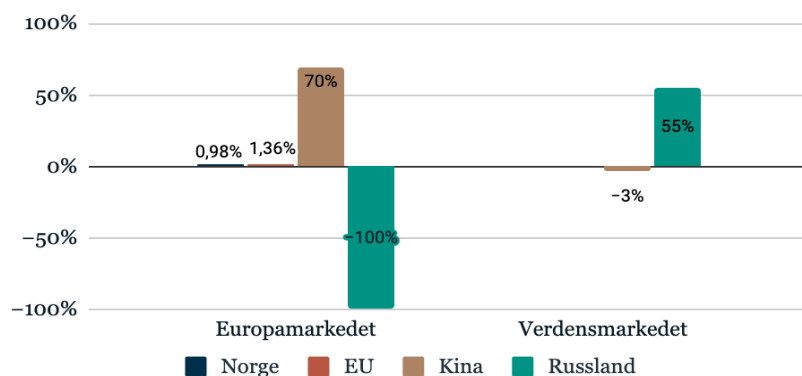
Figur 14: Produsentenes markedsandel i verdensmarkedet og det europeiske markedet - Scenario 1

Kina har lavere direkte utslipp enn Russland, og dermed lavere karbontoll. Prisdifferansen mellom markedene er mindre enn Russlands karbontoll, og de trekker seg derfor ut av det europeiske markedet og fokuserer hele salget til verdensmarkedet. Dette gir Russland høyere fortjeneste enn å selge til Europa. Deres andel av verdensmarkedet øker med tre prosentpoeng til 8,5%. Kinas markedsandel i det europeiske markedet øker vesentlig til 46%.

Figur 15 viser hvordan produksjon og utslipp endrer seg fra referansescenario til scenario 1. Fordi utslippintensiteten hos hver produsent forblir uendret, tilsvarer endringene i produksjonsvolum også endringene i utslipp.

Produksjons- og utslippsendringer

Scenario 1



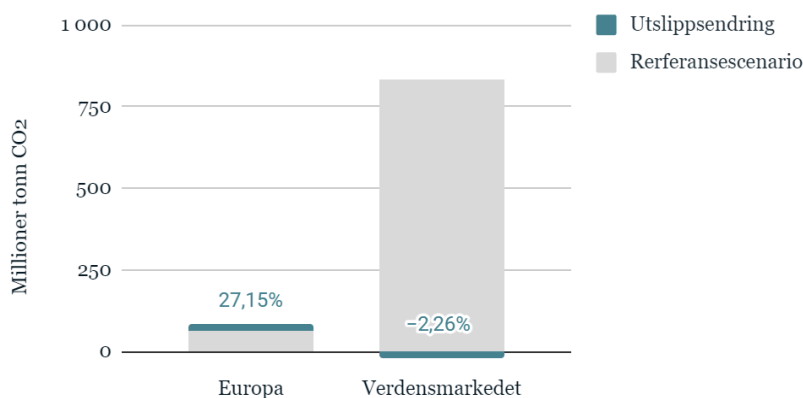
Figur 15: Endringer i produksjon og utslipp - scenario 1

Da prisdifferansen mellom markedene tilsvarer Kinas karbontoll, blir Kina indifferente mellom å selge til de to markedene. Kina vil selge mer til Europa når Russland trekker seg ut av det

europiske markedet og den økte kostnaden for Kina påført av karbontollen dekkes av den økte prisen. Både Kina og Russland sin samlede produksjon reduseres ettersom prisen på verdensmarkedet synker. En overgang fra gratisvoter til karbontoll medfører altså en relativt større økonomisk ulempe for Russland og Kina enn det gjør for Norge og EU.

CO₂-utslipp fra forbruk

Scenario 1



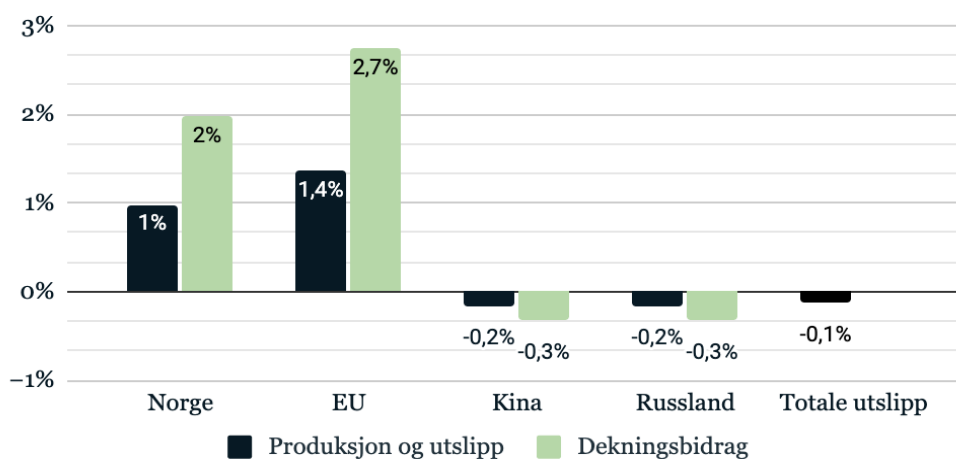
Figur 16: CO₂-utslipp fra forbruk i markedene - scenario 1

Sammenlagt viser modellen en økning i utslipp knyttet til forbruk i Europa med 27,15%. Dette tallet inneholder utslipp fra produksjon i Norge og EU, samt den delen som importeres fra verdensmarkedet. Grunnen til at utslippene fra forbruk i det europeiske markedet øker selv om mengden primæraluminium reduseres er at en vesentlig større andel kommer fra Kina som har høye indirekte utslipp. Gjennomsnittlig karboninnhold i aluminiumen solgt i Europa har økt fra 7,8 til 9,9 tonn i scenario 1. I resten av verden har gjennomsnittlig karboninnhold minsket fra 15,1 til 14,7 tonn CO₂ per tonn primæraluminium fordi Kina selger mindre, mens Russland med lavere utslippsintensitet har økt sitt salg.

Tilbudskurvene i modellen er slake, og prisendringer medfører derfor store endringer i volum. Kina og Russland har slakere tilbudsfunksjoner enn Norge og EU, og effekten er derfor størst for disse produsentene. Kinas endringer i produksjonsvolum gir spesielt store utslag på globale utslipp grunnet den høye utslippsintensiteten. I likhet med referansescenarioet er det ikke meningsfylt å måle karbonlekkasje da utslippene i Europa øker som følge av klimatiltaket. I resten av verden reduseres utslippene. Effekten er enda større i scenario 1 enn i referansescenarioet sammenlignet med BaU, da Russland i større grad overtar deler av Kinas salg til verdensmarkedet.

Samlet effekt på produksjon, utslipp og resultat

Scenario 1



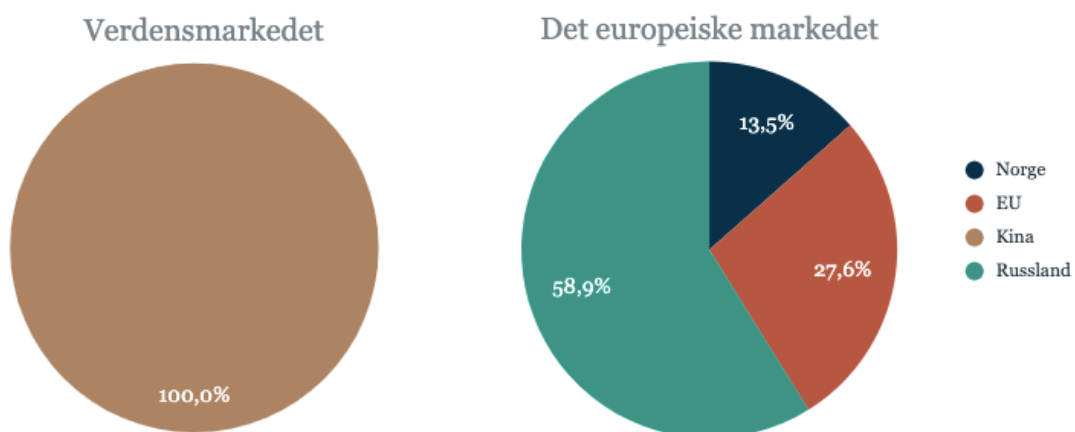
Figur 17: Samlet effekt på produksjon, resultat og utslipp i scenario 1

Figur 17 viser samlet effekt av scenario 1 på produksjonsvolum, utslipp og produsentenes dekningsbidrag sammenlignet med referansescenariot. Resultatmessig tjener både Norge og EU på dette, mens Kina og Russland får redusert sin fortjeneste. Modellen viser at denne utformingen av karbontoll er gunstig for norsk og europeisk konkurranseutsatt industri, da de får en styrket konkurransevne. Selv med økende utslipp fra europeisk produksjon, reduseres globale utslipp med i overkant av 1,1 millioner tonn CO₂. Utslippsnivået vil dermed være 0,1% lavere sammenlignet med referansescenario.

5.4 Scenario 2

I scenario 2 pålegges produsentene utenfor Europa å betale en karbontoll basert på totalt karboninnhold i primæraluminiumet de selger til det europeiske markedet. Ordningen med både gratiskvotene og karbonpriskompensasjon til europeiske produsenter oppheves.

Modellen viser en prisøkning i det europeiske markedet på 7,9% til 1728 euro, mens prisen i verdensmarkedet øker fra 1602 til 1609 euro. Størrelsen på begge markedene reduseres med respektive 1,5% og 0,1%. Samlet sett tilsvarer dette en reduksjon på 0,3% sammenlignet med referansescenariot. Figur 18 viser markedsandelene i de to markedene i scenario 2.

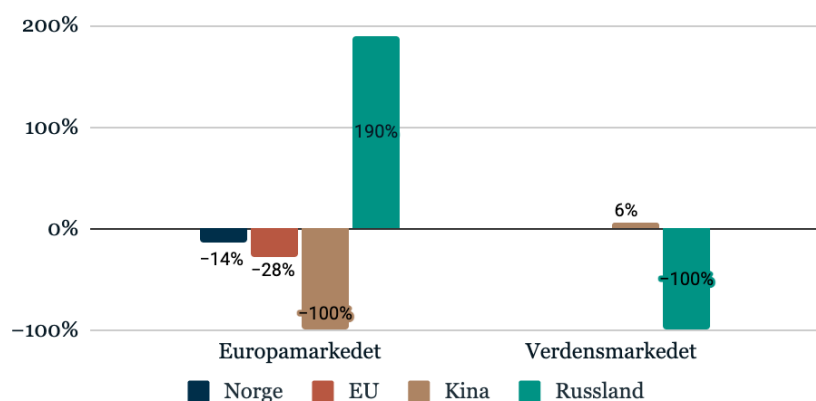


Figur 18: Produsentenes markedsandel i verdensmarkedet og det europeiske markedet - Scenario 2

Grunnet høye indirekte utslipp, har Kina i dette scenarioet den høyeste karbontollen (390 euro per tonn primæraluminium), og dette medfører at de trekker seg ut av det europeiske markedet. Prisdifferansen mellom markedene er ikke tilstrekkelig for å dekke kostnadsøkningen, og Kina selger dermed hele produksjonen sin til verdensmarkedet og blir eneste aktør i dette markedet. Russland fokuserer hele salget sitt til det europeiske markedet.

Produksjons- og utslippsendringer

Scenario 2



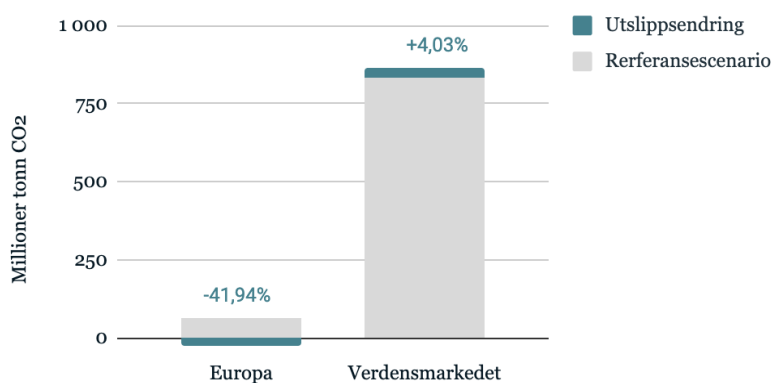
Figur 19: Endringer i produksjon og utslipp - scenario 2

De europeiske produsenters tap av både gratisvoter og karbonpriskompensasjon overstiger prisøkningen i markedet og det Russland må betale i karbontoll ved salg i det europeiske markedet. Russland er den eneste produsenten som opplever at prisøkningen er høyere enn

kostnadene av karbontollen. I tillegg er prisdifferansen mellom markedene høyere enn karbontollen, og de er derfor tjent med å fokusere hele sitt salg til Europa. Dermed tar Russland en mye større andel av det europeiske markedet, mens både Norge og EU kutter store deler av sin produksjon. Kina betaler ikke utslippskostnader da de velger å kun selge til verdensmarkedet. Dette fører til at den relative kostnadsforskjellen blant produsenter som selger i Europa øker.

CO₂-utslipp fra forbruk

Scenario 2



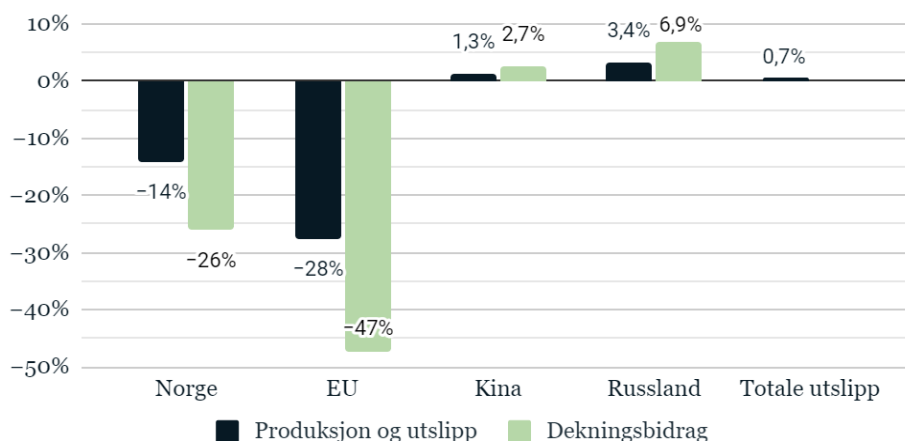
Figur 20: CO₂-utslipp fra forbruk i markedene

Utslippene fra forbruk av primæraluminiumet i Europa får en drastisk nedgang på omtrent 42%, mens verdensmarkedet vil få en økning på 4%. Dette er hovedsakelig fordi Russlands produksjon erstatter den kinesiske aluminiumen i Europa, mens Kina overtar hele verdensmarkedet. I dette scenarioet vil hvert tonn omsatt primæraluminium i Europa gjennomsnittlig inneholde 4,6 tonn CO₂ mot 7,8 i referansescenarioet. For verdensmarkedet øker gjennomsnittlig karboninnhold med 0,6 tonn CO₂ til 15,7 tonn CO₂ per tonn primæraluminium. Hele verdens gjennomsnitt øker i dette scenarioet fra 14,1 til 14,3 tonn CO₂, hovedsakelig fordi Kinas andel av hele verdens aluminiumsproduksjon øker og Norges andel minker.

Når det gjelder utslipp fra produksjon reduseres utslippene i Europa i scenario 2 sammenlignet med referansescenarioet. Samtidig øker utslippene mer hos produsentene utenfor Europa enn det reduseres i Norge og EU. Vi får derfor en høy grad av karbonlekkasje på 208%. Dette er tilnærmet lik lekkasjen i referansescenarioet (207%), men lavere enn i tilfellet hvor det kun implementeres en CO₂-pris og ingen virkemidler (265%). I likhet med tidligere scenarioer, er det blant annet de slake tilbudskurvene og modellens forutsetninger, som nevnt tidligere i kapittelet, som gjør at lekkasjeraten blir høy.

Samlet effekt på produksjon, utslipp og resultat

Scenario 2



Figur 21: Samlet effekt på produksjon, resultat og utslipp i scenario 2

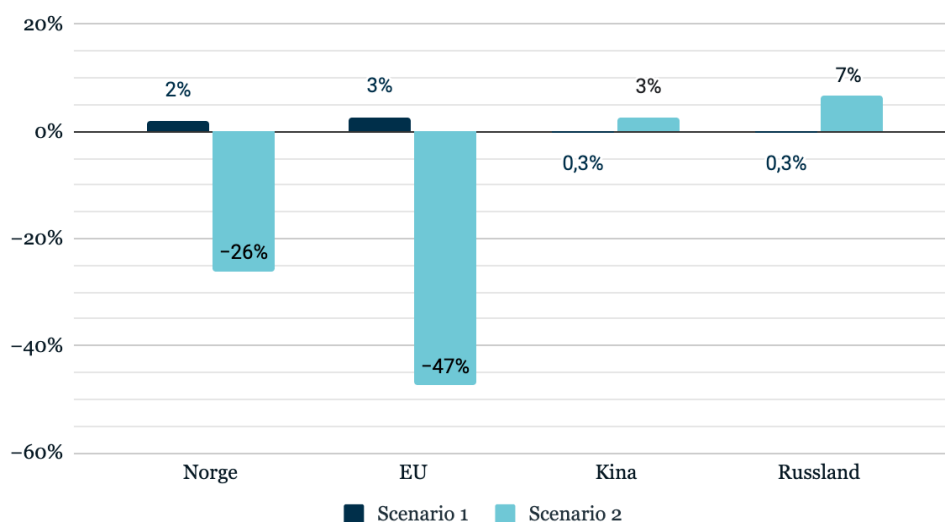
Figur 21 viser endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag fra referansescenario til scenario 2. En innføring av karbontoll utformet slik som i scenario 2 vil få en stor negativ innvirkning på europeisk konkurranseutsatt industri, både på produksjon, markedsandel og fortjeneste. Produsentene utenfor Europa vil tjene på tiltaket både når det gjelder produksjon og dekningsbidrag. Samlet sett fører tiltaket til en økning i globale utslipp på 0,7% sammenlignet med dagens utslippsnivå, noe som heller ikke er formålstjenlig. Denne økningen er til tross for at verdens samlede produksjon av primæraluminium går ned med 0,3%, men skyldes at Kinas produksjon øker med 1,3% som erstatter aluminium med lavere karboninnhold. Kinas karboninnhold er betraktelig mye høyere enn annen aluminium.

Med EUs store nedgang i produksjon på 28% og nedgang i dekningsbidrag på 47% kan det tenkes at produsenter i dette markedet ikke klarer å dekke sine faste kostnader og opprettholde driften. Norge vil trolig også møte disse utfordringene dersom dette alternativet implementeres, da de også vil få en stor nedgang i både produksjon og dekningsbidrag.

5.5 Vurdering av scenarioer

For å vurdere scenarioene er det viktig å se på hvordan produksjonsvolumene fordeler seg og hvordan norsk produksjon påvirkes ved innføringen av de ulike karbontollene.

Prosentvis endring i dekningsbidrag

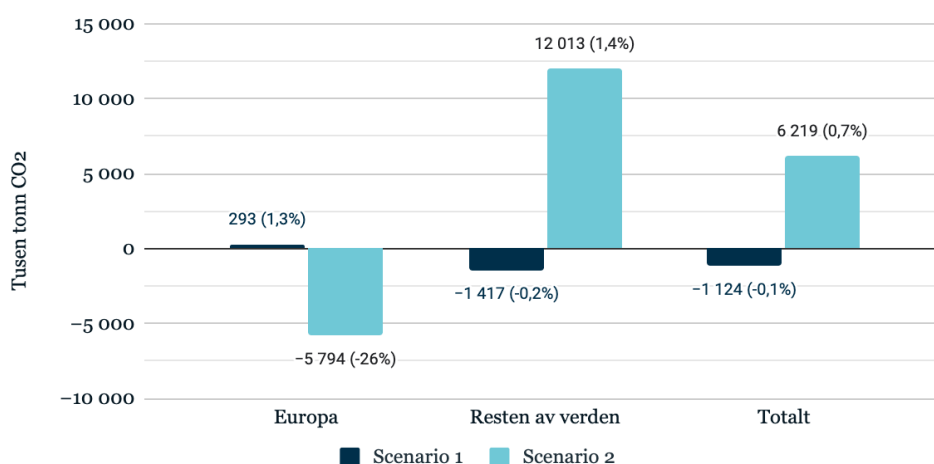


Figur 22: Endringer i dekningsbidrag sammenlignet med referansescenario

I scenario 1 ser vi at Norge og EU opprettholder sine produksjonsvolum, mens de i scenario 2 reduserer tilbudet kraftig. Det samme gjelder dekningsbidraget. Scenario 1 er derfor mest gunstig for norsk og europeisk konkurranseutsatt industri.

Endring i utslipp

Fordelt på produksjonssted



Figur 23: Endringer i utslipp fordelt på produksjonssted sammenlignet med referansescenario

Dette scenarioet er også å foretrekke når det kommer til globale utslipp, da scenario 2 resulterer i en økning i totale utslipp på 0,7%. Utslippsreduksjonen i scenario 1 er likevel svært liten (-0,1%). Til tross for en nedgang i globale utslipp, vil dette scenarioet føre til at Europas utslipp

øker, noe som ikke bidrar til å nå EUs klimamål. Fra EUs perspektiv vil dermed det kunne være bedre å implementere scenario 2 for å kunne nå egne klimamål fram mot 2030. Det internasjonale klimasamarbeidet til Norge og EU vil dermed kunne stå overfor en avveining mellom å oppnå egne klimamål eller å redusere globale utslipp. På en annen side vil scenario 2 føre til at EU nærmest halverer fortjenesten sin og det kan bli utfordrende å dekke faste kostnader. EUs klimapolitikk vil påvirke produsenter og regioner utenfor EU, men ut ifra våre forutsetninger vil de ikke rammes særlig negativt i disse scenarioene.

Norge og EUs samlede inntekter og kostnader fra anti-lekkasje virkemidler			
Tall i millioner euro			
	Referansescenario	Scenario 1	Scenario 2
Inntekt fra toll	-	172	533
Gratisvoter	-168	-	-
Karbonpriskompensasjon	-794	-804	-
Totalt	-962	-632	533

Tabell 2: Norge og EUs samlede inntekter og kostnader fra anti-lekkasje virkemidler

I tillegg er det store differanser i kostnadene knyttet til de ulike virkemidlene. Karbontollen i scenario 1 og 2 blir en inntekt for myndighetene. Tabell 2 viser en sammenstilling av kostnader og inntekter fra virkemidlene i de ulike scenarioene. Tabellen viser samlede tall for Norge og EU. Administrasjonskostnadene knyttet til implementering og drift av virkemidlene er ikke inkludert i beregningene. Økte eller reduserte skatteinntekter fra Norge og EUs endring i salg av aluminium er heller ikke inkludert. Scenario 2 har som nevnt tilnærmet lik karbonlekkasje som i referansescenarioet (208% og 207%) og er et langt rimeligere alternativ for myndighetene. Av hensyn til statens tiltakskostnader vil en karbontoll være å foretrekke fremfor å videreføre dagens virkemidler. Likevel reduseres Norges og EUs dekningsbidrag kraftig i scenario 2. Dette er fordelings effekter som er nødvendig å ta hensyn til når karbontoll utredes.

5.6 Sensitivitetsanalyse

Modellen er en statisk modell hvor det er lagt til grunn en rekke forutsetninger og forenklinger. Dette gjør at resultatene må tolkes med forsiktighet og ses i lys av nettopp hvilke forutsetninger modellen bygger på. Parameterne er i virkeligheten usikre. Flere av dem er dynamiske, avhenger

av politikk eller andre parametere. For eksempel påvirkes kraftprisen i Europa av CO₂-prisen, som igjen avhenger av vedtatt klimapolitikk. Enkelte parametere kan også ha store svingninger, og vi har derfor simulert hvilke resultater modellen vil gi dersom disse parameterne har en annen verdi enn det som er benyttet i hovedmodellen. I første omgang ser vi på endring i disse verdiene enkeltvis mens vi holder de andre parameterne konstant. Ved å holde alt annet konstant ønsker vi å se på hvordan de ulike parameterne påvirker modellen og i hvilken retning resultatene endres. I 5.6.5 har vi simulert en situasjon hvor flere av parameterne har endret seg samtidig, noe som er sannsynlig på lengre sikt.

5.6.1 Kvotepriis og kraftpris

Kvotepriis behandles i modellen som en eksogen variabel, mens den i realiteten er endogen, som beskrevet i kap. 3.2. Kvotepriis har historisk hatt store svingninger. Derfor har EU ETS implementert MSR og økt årlig innstramming av kvotetaket for å holde kvotepriis mer stabil og forebygge at den faller til et for lavt nivå. I hovedmodellen benyttes en kvotepriis på 24,87 euro, men de fleste prognoser viser at den forventes å øke fremover. Allerede fra 2019 til 2021 har kvotepriis økt betydelig, og i starten av mai 2021 nådde den for første gang 50 euro (EMBER, 2021). Collins (2020) peker til en prognose som viser at kvotepriis i gjennomsnitt vil ligge på 50 euro i perioden 2021-2030, og 89 euro ved utgangen av 2030. På grunnlag av dette har vi gjennomført simuleringer for disse to ulike kvotepriisene.

Det forventes at en økt CO₂-pris til en viss grad vil lempes over på kraftprisen. Bjartnes (2018) viser til at kraftprisen i Norge øker med 4 øre per kWh når kvotepriis øker med 10 euro. Derfor har vi korrigert kraftprisen tilsvarende når vi simulerer effekten av karbontoll dersom kvotepriis er både 50 og 89 euro. Både Norges og EUs kraftpris forventes å øke da kraftmarkedene er sammenkoblet, og karbonkostnader påvirker prisene i begge land. For enkelhets skyld, legger vi til grunn at kraftprisen i Norge og EU øker like mye. For aluminiumsprodusenter utgjør elektrisitet det største kostnadselementet og kraftprisen vil derfor trolig være viktig i beslutningen om produksjonsvolum. Både Kina og Russland får økt karbontoll når kvotepriis øker, men opplever ikke økt kraftpris.

Det er også beregnet nye referansescenarioer basert på de nye kvotepriisene og tilhørende kraftpriser. Ved å bruke samme kvote- og kraftpris i referansescenarioet vil vi i større grad kunne isolere effekten av karbontollen og vurdere klimapolitikken. Alle sammenligningene vil i dette delkapittelet være opp mot de nye referansescenarioene.

SCENARIO 1

I scenario 1 øker markedsprisen for primæraluminium i det europeiske markedet med 5,5% og 9,9% når kvoteprisen øker til 50 og 89 euro. Prisen på verdensmarkedet får en liten nedgang, og verdens totale produksjon faller med 0,12% og 0,22%. I likhet med hovedmodellen forsvinner produsenten med høyest karbontoll (Russland) fra det europeiske markedet. Ved 89 euro reduserer Kina sitt salg til det europeiske markedet med nesten 13%. Dette fører til at gjennomsnittlig karboninnhold i primæraluminiumet solgt i Europa er betydelig lavere sammenlignet med opprinnelig kvotepris og 50 euro.

Endringer i utslipp og produksjon ved ulike kvotepriser			
Scenario 1	24,87 euro	50 euro	89 euro
Norge	0,98%	1,92%	3,26%
EU	1,36%	2,42%	3,64%
Kina	-0,16%	-0,32%	-0,58%
Russland	-0,17%	-0,33%	-0,59%
Totalt	-0,13%	-0,25%	-0,44%

Tabell 3: Endringer i utslipp og produksjon i scenario 1 ved en ulike kvotepriser

Tabellen over viser hvordan endringer i produksjon og utslipp som følge av scenario 1 varierer ved bruk av ulike kvotepriser. Effekten for alle produsentene er nærmest proporsjonale med kvoteprisen. Høyere kvotepris gir altså større utslag på både produksjon og utslipp.

Som forklart i 5.3 opplever Russland og Kina en større økonomisk ulempe i scenario 1 enn det Norge og EU gjør. Differansen øker i takt med høyere kvotepris, og derfor øker Norge og EU sin produksjon. Sammen med en høyere pris på aluminium, resulterer dette i at Norge og EUs dekningsbidrag øker. Høyere kvotepris øker effekten av scenario 1, og den høyeste prisen fører til at globale utslipp reduseres med 0,44% fordi både Kina og Russland reduserer sin produksjon.

Høyere kvotepris forsterker effektene og gjør også at en utforming som dette scenarioet blir et større hinder for oppnåelsen av EUs egne klimamål. Denne utformingen av karbontoll fører til at utslippene fra Europa øker, mens resten av verdens utslipp reduseres noe⁵.

⁵ Økning i utslipp fra Europa på 2,4% og 3,6% ved kvotepris på 50 og 89 euro, mens en nedgang i utslipp fra verdensmarkedet på 0,3% og 0,6%

SCENARIO 2

I scenario 2 øker prisen i det europeiske markedet med henholdsvis 17% og 31% dersom kvoteprisen er 50 og 89 euro. Prisen på verdensmarkedet øker under 1% i begge tilfellene. Til tross for dette blir det en kraftig nedgang i europeisk produksjon av primæraluminium, mens resten av verden øker sin produksjon. Høyere kvotepris gir både gratiskvotene og karbonpriskompensasjonen større verdi. I likhet med hovedmodellen, øker kostnadene til Norge og EU når både gratiskvoter og karbonpriskompensasjonen forsvinner, mens prisøkningen ikke demmer opp for dette. Høyere kvotepris gir en større energikostnad for Norge og EU som igjen forsterker følgene av å miste karbonpriskompensasjonen. Dette fremkommer av tabell 4 som viser hvordan utslipp og produksjon endrer seg i scenario 2 ved de ulike kvoteprisene.

Endringer i utslipp og produksjon ved ulike kvotepriser			
Scenario 2	24,87 euro	50 euro	89 euro
Norge	-14,0%	-24,5%	-39,5%
EU	-27,5%	-45,3%	-65,7%
Kina	1,3%	2,1%	3,2%
Russland	3,4%	10,7%	22,6%
Totalt	0,7%	1,0%	1,5%

Tabell 4: Endringer i utslipp og produksjon i scenario 2 ved en ulike kvotepriser

I dette scenarioet ser man også en tydelig effekt av kvoteprisen, selv om effekten ikke er like proporsjonal som i scenario 1. Høyere kvotepriser fører til ytterligere reduksjoner i europeisk produksjon og utslipp. En annen likhet med hovedmodellen er at Kina selger kun til verdensmarkedet, mens Russland selger kun til det europeiske markedet. Høyere kvotepris gjør det enda mer lønnsomt for Russland å selge i det europeiske markedet, da prisdifferansen mellom markedene er høyere enn karbontollen de må betale. Samlet produksjon utenfor Europa øker med 2% og 4% når kvoteprisen er 50 og 89 euro, noe som fører til at utslippene på verdensbasis øker.

Karbonlekkasje – scenario 2			
	24,87 euro	50 euro	89 euro
Utslippsendring Europa	-4 375 442	-6 654 482	-10 127 737
Utslippsendring ROW	9 080 980	10 435 388	12 581 752
Karbonlekkasje	208%	157%	124%

Tabell 5: Karbonlekkasje i scenario 2 ved ulike kvotepriser

I tabell 5 ser vi at ved en økt kvotepris vil utslippskutt i Europa i mindre grad erstattes med økte utslipp i resten av verden.

Både lekkasjeraten og globale utslipp målt i tonn CO₂ er lavere ved en høy kvotepris. Likevel er den prosentvise økningen i totale utslipp større når kvoteprisen er 89 euro. Dette kan forklares ved at det er ulike referansescenarioer basert på de ulike kvoteprisene. Høye kvotepriser fører til at totale utslipp i referansescenarioet er lave, og dermed blir prosentvis økning høyere jo lavere utslipp det er i referansen.

Oppsummert ser vi at høyere kvotepris forsterker alle effektene fra hovedmodellen. I tilfeller hvor kvoteprisen er høyere enn det som er lagt til grunn i hovedmodellen, vil scenario 2 føre til enda høyere globale utslipp, økt import til Europa, men lavere karbonlekkasje.

5.6.2 Anti-lekkasjepolitikk

Dersom Europakommisjonen vedtar at det skal innføres karbontoll, er det likevel uvisst hva som vil skje med dagens virkemidler. Det har blitt diskutert en overgangsperiode hvor gratiskvotene fases gradvis ut. Vi har derfor modellert en slik delvis utfasing hvor Norge og EU beholder 50% av gratiskvotene i begge scenarioer, mens karbonpriskompensasjonen fjernes helt i scenario 2. Etersom modellen er statisk, vil vi kun se effekten av delvis utfasingen over en periode som om det skulle vært en permanent løsning. Det kan derfor tenkes at produsentene vil tilpasse seg noe annerledes enn det som fremkommer av modellen dersom de har forventninger om at gratiskvotene på sikt vil fjernes fullstendig.

Scenario 1	Hovedmodell		50% gratiskvoter	
	Produksjon/utslipp	Dekningsbidrag	Produksjon/utslipp	Dekningsbidrag
Norge	0,98%	1,98%	3,72%	7,20%
EU	1,36%	2,74%	5,15%	10,02%
Kina	-0,16%	-0,32%	-0,41%	-0,84%
Russland	-0,17%	-0,33%	-0,42%	-0,83%
Europa	1,32%		5,00%	
Verden	-0,16%		-0,41%	
Totalt	-0,13%		-0,27%	

Tabell 6: Endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag i scenario 1 i hovedmodell og ved å beholde halvparten av gratiskvotene

Tabell 6 viser resultatene av scenario 1 fra denne simuleringen sammenlignet med resultatene i hovedmodellen. Dersom europeiske produsenter kun mister halvparten av gratiskvotene når karbontollen innføres, blir økningen i produksjon og dekningsbidrag for Norge og EU enda større enn i hovedmodellen. Russland og Kina får en større negativ effekt på sin produksjon. Grunnen til dette er at europeisk industri fremdeles får en god del av klimakvotene sine subsidiert, mens eksportører må betale klimakvoter til full pris for alle sine direkte utslipp. På grunn av økningen i europeisk produksjon øker også utslippene i Europa, mens de synker utenfor Europa. Samlet sett reduseres globale utslipp mer i scenario 1 dersom gratiskvotene fases ut fremfor å fjernes fullstendig.

Scenario 2	Hovedmodell		50% gratiskvoter	
	Produksjon/utslipp	Dekningsbidrag	Produksjon/utslipp	Dekningsbidrag
Norge	-14,04%	-26,10%	-12,42%	-23,92%
EU	-27,50%	-47,44%	-25,27%	-44,88%
Kina	1,32%	2,66%	1,32%	2,66%
Russland	3,37%	6,86%	1,61%	2,29%
Europa	-26,10%		-23,93%	
ROW	1,37%		1,33%	
Totalt	0,69%		0,71%	

Tabell 7: Endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag i scenario 2 i hovedmodell og ved å beholde halvparten av gratiskvotene

Tabell 7 viser resultatene fra scenario 2 ved utfasing av gratiskvotene sammenlignet med hovedmodellen. Ettersom Norge og EU fremdeles får subsidiert noe av utslippene sine, kommer disse produsentene bedre ut enn de gjorde i hovedmodellen. Nedgangen i produksjon og det medfølgende økonomiske tapet er fremdeles stort, men lavere enn det var i hovedmodellen. I likhet med hovedmodellen vil kun Russland selge til det europeiske markedet, mens Kina dekker fremdeles hele verdensmarkedet alene. Derfor blir pris og Kinas produksjonsvolum uendret. Å gi europeiske produsenter halvparten av gratiskvotene vil være bedre for europeiske produsenter, men ha en negativ effekt på globalt utslippsnivå da samlet produksjon øker.

Et alternativ til å kun fjerne halvparten av gratiskvotene er å redusere støtteintensiteten. EU ETS har fra fase 3 til 4 redusert støtteintensiteten, som bestemmer hvor stor andel produsenten får i karbonpriskompensasjon, fra 85% til 75% (European Commission, 2020b). Reduseringen i støtte er for å opprettholde incentiver til energieffektivisering og teknologisk utvikling. På bakgrunn av dette reduserer vi støtteintensiteten ytterligere fra 75% til 30% i scenario 2. Tabell 8 viser hva effekten av scenario 2 ville bli med en støtteintensitet på 30% sammenlignet med hovedmodellen.

Scenario 2	Hovedmodell		30% støtteintensitet	
	Produksjon/utslipp	Dekningsbidrag	Produksjon/utslipp	Dekningsbidrag
Norge	-14,04%	-26,10%	-5,07%	-9,02%
EU	-27,50%	-47,44%	-11,86%	-21,21%
Kina	1,32%	2,66%	0,52%	1,05%
Russland	3,37%	6,86%	0,53%	2,17%
Europa	-26,10%		-11,15%	
ROW	1,37%		0,52%	
Totalt	0,69%		0,23%	

Tabell 8: Endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag i scenario 2 i hovedmodell og ved å redusere støtteintensiteten i karbonpriskompensasjonen til 30%

Resultatene peker i samme retning som når gratiskvotene ikke fjernes fullstendig, da det påvirker tilbudsfunksjonen på samme måte. Dermed blir reduksjonen i produksjon, utslipp og dekningsbidrag lavere enn det blir i hovedmodellen. Da europeiske produsenter dekker mer av europeisk etterspørsel, importeres det mindre. Dermed får ikke Europa en like stor nedgang i egne utslipp. Fra et rent økonomisk perspektiv er Kina og Russland fremdeles tjent med at denne klimapolitikken innføres. Da deres produksjon øker, medfører dette alternativet en karbonlekkasje på 185%, mot 208% i hovedmodellen. Globale utslipp øker med 0,23% sammenlignet med referansescenariotet, men mindre enn tilsvarende økning i hovedmodellen hvor karbonpriskompensasjonen fjernes fullstendig i scenario 2.

5.6.3 Klimamål og lavere utslipp

Hovedmodellen legger til grunn at aluminiumsprodusentene som ikke er en del av EU ETS ikke må betale for sine utslipp. Det er dette karbontollen skal korrigere for og satsen skal være lik differansen mellom utslippskostnader i produksjonsland og kostnadene dersom de hadde produsert innenfor EU. I hovedmodellen har de ingen utslippskostnader, men på sikt er det rimelig å tenke at det også for produsenter utenfor EU vil påløpe noen utslippskostnader. Et eksempel på dette er at Kina innfører et eget kvotehandelsystem (Hirth, 2021). I første fase av dette kvotehandelsystemet inkluderes kun bedrifter fra kraftsektoren. Dersom kinesiske aluminiumsprodusenter blir inkludert dette markedet, må karbontollsatsen for eksport til Europa reduseres tilsvarende. Hvilken effekt dette vil ha på utslipp og handel er ikke modellert i denne oppgaven.

Vi har simulert et tilfelle der Kina halverer sine indirekte utslipp, og produserer et tonn primæraluminium med et totalt karboninnhold på 8,75 tonn CO₂.

Dette antas å være på grunn av en større andel fornybar energi i energisammensetningen benyttet i aluminiumsproduksjon. Det kan være fordi kraftprodusenter blir innlemmet i det kinesiske kvotemarkedet eller at Kinas klimaambisjoner øker. Dermed vil indirekte utslipp i kinesisk aluminiumsproduksjon trolig falle. Det er mulig at et kinesisk kvotesystem vil gi økte energikostnader slik som det er i EU ETS, men økt tilgang på fornybar energi vil kunne gi lavere kraftpriser på grunn av lave marginalkostnader. Grunnet usikkerheten rundt kraftprisen beholder vi denne uendret. Videre antar vi at kinesiske aluminiumsprodusenter ikke blir pålagt kostnader for direkte utslipp, og dermed forblir produksjonskostnadene uendret.

På bakgrunn av at endringen i utslippsintensitet mest sannsynlig forekommer uavhengig av karbontollen, har vi opprettet et nytt referansescenario. Det medfører at utslippene i dette referansescenarioet er betydelig lavere, både globalt og i Kina, enn hva de er i hovedmodellen. Prosentvise endringer ved de ulike scenarioene tilsvare resultatene vi fikk i hovedmodellen. Gitt at reduksjonen i Kinas utslippsintensitet skjer uavhengig av EUs klimapolitikk, vil scenarioene gi endringer i nøyaktig samme størrelsesorden som i hovedmodellen. Grunnen til dette er at Kinas direkte utslipp og karbontoll forblir uendret i scenario 1, og tilpasningen blir lik som i hovedmodellen. I scenario 2 vil fortsatt Russland sin karbontoll være lavest selv om Kinas indirekte utslipp halveres. Dette betyr at Kina fremdeles velger å ikke delta i det europeiske markedet og unngår på den måten karbontoll kostnaden.

I Dietz et al. (2019) foretar de en sektorspesifikk dekarbonisering metodikk for å se på hvordan aluminiumsindustrien er i tråd med globalt utslippsmål som Parisavtalen. I denne rapporten vises det til estimerte utslippsintensiteter som må ligge til grunn for å nå blant annet målet om å begrense temperaturøkningen til under 2 grader. Sammenlignet med vårt datagrunnlag er flere av produsentene ikke på linje med hva utslippsintensiteten bør være. Det er kun Norge av produsentene i modellen som i dag innfrir kriteriet for utslippsintensitet.

For å simulere et scenario hvor man oppnår målene i Parisavtalen om å begrense temperaturøkningen til under 2 grader, har vi redusert den totale utslippsintensiteten til Russland, Kina og EU til 2,94 tonn CO₂ per tonn primæraluminium. Vi holder andelen gratiskvoter og karbonpriskompensasjon uendret fra hovedmodellen. I likhet med scenarioet hvor Kina

halverer indirekte utslipp antar vi at utslippsintensiteten skjer uavhengig av karbontollen som endrer totale utslipp i referansescenarioet. I det opprinnelige referansescenarioet fra hovedmodellen er det totale utslippet i verden 898 millioner tonn CO₂, mens i det nye referansescenarioet er det allerede gjort betydelige utslippskutt. Med den endrede utslippsintensiteten er det kun 186 millioner tonn CO₂.

Scenario 2	Hovedmodell		Under 2 grader	
	Produksjon/utslipp	Dekningsbidrag	Produksjon/utslipp	Dekningsbidrag
Norge	-14,04%	-26,10%	-20,57%	-36,92%
EU	-27,50%	-47,44%	-36,55%	-59,74%
Kina	1,32%	2,66%	2,13%	4,30%
Russland	3,37%	6,86%	2,18%	4,42%
Europa	-26,10%		-33,36%	
ROW	1,37%		2,13%	
Totalt	0,69%		-0,08%	

Tabell 9: Endringer i produksjon, utslipp og dekningsbidrag i scenario 2 i hovedmodell og et tilfelle hvor EUs, Kinas og Russlands utslippsintensitet er redusert til 2,94 tonn CO₂ per tonn primæraluminium

I tabell 9 ser vi de prosentvise endringene i scenario 2 sammenlignet med hvert sitt referansescenario. Ettersom utslippsintensiteten og karbontollen til Kina og Russland er lik og prisdifferansen mellom markedene er lik karbontollen, vil de være indifferente når det gjelder hvilket marked de vil selge til. Derfor er fordelingen mellom markedene gjort på samme måte som ved utregning av BaU og andre referansescenarioer. Til forskjell fra resultatene i hovedmodellen vil derfor både Kina og Russland delta i det europeiske markedet.

Ved å følge togradersmålet, ser vi at de europeiske produsentene taper ytterligere når det gjelder produksjon og dekningsbidrag. EU reduserer produksjonen sin mest da de har høyest produksjonskostnader når de mister både gratiskvoter og karbonpriskompensasjon. Sammenlignet med hovedmodellen er det en stor reduksjon i totale utslipp ved å oppnå togradersmålet, men å innføre en karbontoll vil ikke gi store utslag på ytterligere klimagassreduksjoner. Gitt at endringene i utslippsintensitet skjer uavhengig av karbontoll, kan det tyde på at karbontollen vil ha liten effekt på globale utslipp.

5.6.4 Lang sikt

På lang sikt kan det tenkes at flere av disse parameterne endres samtidig. Vi har simulert en tenkelig situasjon for 2030, basert på sannsynlige verdier av parameterne ni år frem i tid. Simuleringen består av en kombinasjon av endringene ovenfor, samt endrede etterspørselsfunksjoner. Dette er usikre estimater, og resultatene må tolkes med forsiktighet.

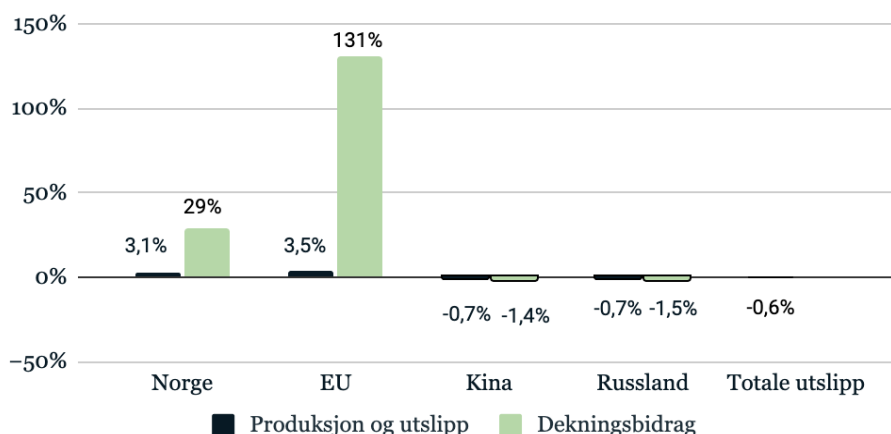
Etterspørselen forventes å ha en høyere prissensitivitet på lang sikt, ettersom teknologi kan endre seg og det vil finnes et større antall substitutter for aluminium på lang sikt enn det gjør på kort sikt. Etterspørselen forventes å øke fremover, men grunnet usikkerhet rundt utviklingen har vi valgt å beholde 2019-tall. Etterspørselsfunksjonene for begge markedene er derfor kalibrert basert på en ny priselastisitet på $-0,35$ ($-0,2$ i hovedmodell).

Basert på prognosen for 2030, er det lagt inn en kvotepris på 89 euro (Collins, 2020). I likhet med i sensitivitetsanalyse 5.6.1 er det også lagt til grunn en økning i kraftprisen i Norge og EU. Det antas at Kina halverer sine indirekte utslipp og EU reduserer sin indirekte utslippintensitet til det som kreves for å nå togradersmålet. I likhet med i tilfellet simulert i 5.6.3, antas dette å være på grunn av økt bruk av fornybar energi i aluminiumsproduksjonen. Verken gratiskvoter eller karbonpriskompensasjonen påvirkes som følge av dette i det nye referansescenarioet, da EU kun betaler for direkte utslipp. Norges utslippintensitet forblir uendret da den allerede er lav og vil være kostbar å redusere. Russland sin utslippintensitet forblir også uendret, da den hovedsakelig kommer fra direkte utslipp og vil kreve utbygging av nye aluminiumsverk for å redusere. Karbontollen i denne simuleringen endrer seg for både Kina og Russland ettersom kvoteprisen og karboninnhold endrer seg.

Vi har estimert både et nytt referansescenario og BaU-scenario for å kunne se effekten av de foreslåtte klimatiltakene og kalkulere karbonlekkasje. I referansescenarioet vil markedsprisen være 1593 euro i begge markedene, den totale produksjonen av primæraluminium er noe høyere og det totale utslippet er ca. 400 millioner tonn CO₂ lavere enn i hovedmodellen. Modellen viser mange av de samme resultatene på lengre sikt i de ulike scenarioene. Eksempelvis trekker landet som må betale den høyeste karbontollen seg ut av det europeiske markedet i begge scenarioene.

Samlet effekt på produksjon, utslipp og resultat

Scenario 1

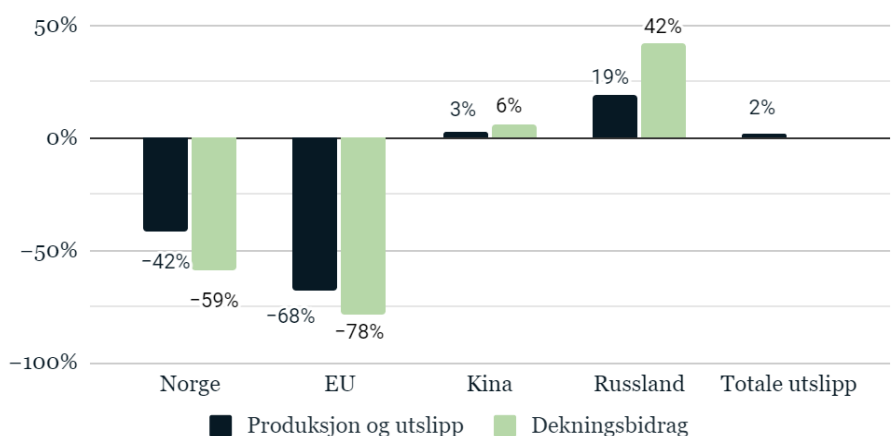


Figur 24: Samlet effekt på produksjon, resultat og utslipp i scenario 1 på lang sikt

I figur 24 ser vi at scenario 1 fortsatt vil gi en reduserende effekt på totale utslipp fordi Kina og Russland vil redusere produksjonen sin. Reduksjonen er på 0,6% på lang sikt sammenlignet med 0,1% på kort sikt. Ettersom markedsprisen i det europeiske markedet øker til 1750 euro, vil Norge og spesielt EU oppleve en sterk økning i dekningsbidraget. Dette er som følge av at inntektene øker betraktelig mer enn kostnadene.

Samlet effekt på produksjon, utslipp og resultat

Scenario 2



Figur 25: Samlet effekt på produksjon, resultat og utslipp i scenario 2 på lang sikt

I enda større grad enn i hovedmodellen ser vi at Norge og EU vil redusere sine utslipp, mens Kina og Russland øker sine i scenario 2. Siden Russland selger i det europeiske markedet og til

en pris på 2076 euro, får de en anselig økning i dekningsbidraget. For Norge og EU er derimot ikke prisøkningen nok til å dekke tapet av subsidiene som tilsvarer 772 euro. En viktig årsak til at utslagene er betraktelig mye større enn i hovedmodellen, er den høye kvoteprisen på 89 euro som er lagt til grunn. Selv om karbonlekkasjen på lang sikt (144%) er lavere enn i hovedmodellen vil utslippene øke globalt med 1,8%. Analysen av aluminiumsindustrien på lengre sikt styrker resultatene vi fant i hovedmodellen. De ulike klimatiltakene gitt av scenarioene peker i samme retning selv når flere parametere er endret.

I modellen antas det at det ikke påløper utslippskostnader utenfor Europa. På sikt kan det tenkes at denne forutsetningen ikke samsvarer med virkeligheten, da også disse landene må iverksette tiltak for å nå sine klimamål. Dersom det påløper utslippskostnader for Russland og Kina, vil kostnadsdifferansen mellom salg til de ulike markedene utjevnes. Karbontollen skal være lik differansen i utslippskostnader mellom markedene. Derfor ville det være riktig at karbontollen reduseres når utslippskostnader utenfor Europa øker. Dersom det innføres utslippskostnader for produksjon utenfor Europa, vil likevel kostnadene knyttet til salg i det europeiske markedet forblitt uendret. Men differansen i pris og kostnader mellom markedene ville blitt mindre. Effekten av å innføre karbontoll som en del av klimapolitikken ville derfor kunne føre til mindre endringer i produksjon enn det modellen viser.

5.7 Videre diskusjon

I likhet med andre modeller, er dette en forenkling av virkeligheten og resultatene er derfor i stor grad påvirket av hvilke forutsetninger som er lagt til grunn. Det er en økonomisk modell, og aktørene handler derfor kun ut ifra økonomiske hensyn. Den fanger dermed ikke opp andre ting som i virkeligheten kan påvirke beslutninger. I dette delkapittelet trekkes det frem og diskuteres noen av disse faktorene som kan påvirke og begrense resultatene.

En begrensning ved å kun se på aluminium isolert, er at vi utelater interaksjonseffektene som kan oppstå mellom konkurrerende produkter. For eksempel kan det tenkes at det i tillegg innføres karbontoll på import av stål, som med en høy utslippsintensitet og skjev handelsbalanse også er en aktuell kandidat for karbontoll. Ved å inkludere flere sektorer kan resultatene avvike fra det vi så i modellen, for eksempel ved at metallet som blir pålagt høyest karbontoll blir relativt dyrere og taper konkurransevne. Det vil i dette tilfellet også oppstå konkurranse mellom produsenter av ulike materialer som fungerer som nære substitutter. Dersom etterspørselen

flyttes over til metaller med lavere karboninnhold, vil utslippene samlet sett reduseres. Dette er viktige effekter som modellen ikke fanger opp, da den kun tar for seg en enkelt sektor.

Modellen kunne ha blitt utvidet til en multi-sektor modell hvor man ser på flere sektorer. Tidligere studier som Böhringer et al. (2014), har anvendt en generell likevektsmodell for å simulere utfallet av ulik politikk på flere sektorer og fanger dermed opp flere interaksjonseffekter. Ettersom andre varer i kanskje større grad eksporteres ut av Europa, kunne det også vært relevant å inkludere eksportrefusjon. I oppgaven har vi også tatt i bruk enkle funksjonsformer som skal illustrere en kompleks sammensetning av tilbud og etterspørsel. Vi forutsatte at tilbudsfunksjonene som er representert ved marginalkostnadene var lineære, men det er usikkerhet knyttet til formen på kostnadsfunksjonen. Den kunne vært konveks slik at produsentene ved et visst produksjonsvolum ikke lenger har insentiv til å øke produksjon ved en prisøkning, eller at marginalkostnadene var konstante frem til en kapasitetsbegrensning.

Tilbudskurvene kunne også ha blitt utformet på andre måter enn ved å bruke kostnadsfunksjonen. Blant annet kunne det være mer realistisk å bruke produktfunksjoner til å representere produsentenes tilbud. For eksempel kunne det ha blitt brukt en produktfunksjon med konstant substitusjonselastisitet (CES-funksjon) som er generell og i tillegg kan inkludere materialer, kapital, arbeidskraft og energi som input. Med en slik funksjon hadde det også vært mulig å legge til økt produkt differensiering ut ifra hvor aluminiumen kommer fra ved bruk av Armington-elastisiteter. En annen faktor som ikke er inkludert er investeringsbeslutningen. En mer realistisk modell kunne gitt en bredere innsikt om produsenten ville investere i for eksempel mer kapasitet eller bedre teknologi.

En av forutsetningene for modellen var fullkommen konkurranse og at produsentene derfor var pristakere uten markedsmakt. Ettersom Kina i virkeligheten står for over 50% av verdens aluminiumsproduksjon, kan det være grunn til å tenke at de har en viss grad av markedsmakt. Dersom det er tilfelle, ville det vært bedre å modellere ved hjelp av en modell som forutsetter markedsmakt. Med noen få store aktører ville det være nærliggende å tro at modellen kunne være mer realistisk dersom den var modellert ved et Cournot-spill hvor produsentene bestemmer kvantum og prisen blir bestemt i markedet. Deretter kunne man sett på det samfunnsøkonomiske tapet. Fra et kinesisk økonomiske perspektiv ville det i så fall være optimalt å opptre samlet og maksimere profitt for deres produsenter. Det er på en annen side ikke nødvendigvis slik at Kina har markedsmakt, da det er flere produsenter innad i Kina.

Hvorvidt disse samarbeider og koordinerer produksjon er uvisst. I tillegg er alle produsentene utenom Norge bestående av flere produsenter fra ulike land, og dermed kan det argumenteres for at frikonkurransen ikke er en fjern antakelse om markedssituasjonen for aluminium.

I modellen er det kun fire produsenter og hele verdens aluminiumsproduksjon har blitt tilskrevet en av disse produsentene. Derfor står Kina i modellen for over 80% av verdens produksjon i referansescenariot. På denne måten er det vesentlige at landene i modellen representerer produsenter med tilsvarende utslippsintensitet, men det er ikke nødvendigvis slik at over 80% av produksjonen i virkeligheten har en utslippsintensitet på nivå med Kinas. En naturlig utvidelse av modellen ville vært å inkludere flere land eller se nærmere på ulike bedrifter i ulike land, da de igjen har ulike utslipp.

Som nevnt i kapittel 2.4, har aluminium en lang verdikjede og kan benyttes i et enormt antall produkter. Det er derfor vanskelig å avgrense hvor store deler av verdikjeden karbontollen skal gjelde. Modellen er i denne oppgaven avgrenset til å kun omhandle produksjon og salg av primeraluminium. Det differensieres heller ikke mellom nyprodusert og resirkulert aluminium selv om karboninnholdet er vesentlig lavere i sistnevnte. Avgrensningen til å kun gjelde primeraluminium medfører at andre aluminiumsprodukter ikke omfattes av karbontollen til Europa. Dette gir rom for å unngå karbontoll ved å beholde en større del av verdikjeden i uregulerte områder for å så selge ferdige aluminiumsprodukter til Europa. Eksempelvis vil en karbontoll på kun import av primeraluminium medføre økte kostnader for en sykkelprodusent i Europa, hvor aluminium ofte er en viktig komponent. Dette vil gi insentiv til å flytte produksjonen utenlands og heller selge sykler tilbake til Europa uten karbontoll. Dersom også produksjonen av primeraluminium er utenfor Europa, unngås både karbontollen og utslippskostnadene.

Vi har lagt til grunn at modellen baserer seg på dagens situasjon hvor Norge og EU kun selger til det europeiske markedet, men det er også forutsatt lik pris i begge markedene. Det kan likevel tenkes at dersom det oppstår en prisdifferanse mellom markedene, at de europeiske produsentene også hadde entret verdensmarkedet. Spesielt hvis en eksportrefusjon også hadde blitt inkludert i CBAM-ordningen. Dersom Norge og EU i slike tilfeller hadde deltatt i begge markeder, er det sannsynlig det ville bidratt til å utjevne prisdifferansen.

En viktig hensikt ved å pålegge eksportører en karbontoll er blant annet å gi utenlandske produsenter tilsvarende insentiv til å redusere utslipp. I modellen behandles utslippintensitet som en eksogen variabel og produsentene har ikke mulighet til å påvirke denne. Virkeligheten er mer dynamisk og dersom det er rimeligere å redusere utslipp og betale en lavere karbontoll, kan eksportører ønske å redusere utslippintensiteten. Det kan tenkes at produsentene ville sett det som lønnsomt å investere i grønnere produksjonsmetoder dersom modellen gikk over flere perioder istedenfor å være et slags “one shot”-spill. Den produsenten som i modellen trekker seg ut av det europeiske markedet, kan ha økonomisk interesse av å redusere utslipp for å bli værende. Dette er kanskje spesielt aktuelt for Kina, som grunnet store indirekte utslipp knyttet til fossil energi, pålegges en høy karbontoll i scenario 2. Dersom tollen var basert på bedriftsspesifikt karboninnhold, ville produsenter hatt insentiv til å kutte utslippene forbundet med sin produksjon. Det er likevel uvisst hvor tilgjengelig fornybar energi er for aluminiumsprodusentene, og dermed om de har muligheten til å påvirke egne indirekte utslipp. En regionspesifikk toll gir ikke enkeltprodusenter insentiv til å redusere utslipp, men dersom alle kinesiske aluminiumsprodusenter presses ut av det europeiske markedet kan det tenkes at Kina ser seg nødt til å gjøre noe med energisammensetningen i landet. Dette vil tvilsomt bli en effekt dersom kun aluminiumsindustrien omfattes av karbontollordningen, men dersom mange sektorer omfattes medfører dette et større press på at Kina reduserer utslipp fra kraftproduksjonen.

Det er utfordrende å vurdere om en klimapolitikk bør implementeres fordi det er en rekke interessenter som berøres på ulike måter. Modellen viser at disse interessene kommer i konflikt i begge scenarioer, og avgjørelsen om hvorvidt noen av de foreslåtte klimapolitikkene kan anbefales beror på hvilke hensyn som prioriteres. For norsk og europeisk konkurranseutsatt industri vil scenario 1 foretrekkes, da dette vil gi dem en økning i salg og dekningsbidrag. Ifølge modellen er det også kun scenario 1 som vil føre til en nedgang i globale utslipp. Likevel øker europeiske utslipp i dette scenarioet, noe som vil gjøre det enda mer utfordrende å nå EUs klimamål.

Modellen tar ikke hensyn til alle konsekvensene ved at europeisk aluminiumsindustri er underlagt EUs kvotehandelssystem. Et viktig aspekt er at det er utslippstaket i EU ETS som bestemmer totale utslipp i kvotepliktig sektor. Derfor vil ikke økningen av utslipp fra europeisk aluminiumsproduksjon påvirke det samlede utslippsnivået i Europa, men heller bety at andre aktører i kvotesystemet må redusere sine utslipp. Det vil bli høyere etterspørsel etter kvotene og

færre overskuddskvoter i markedet⁶. I tråd med kapittel 3.2, vil økt etterspørsel etter klimakvoter bidra til å presse opp kvoteprisene. Ifølge sensitivitetsanalysen gjort på økte kvotepriser, ser vi at dette igjen vil føre til en ytterligere reduksjon i globale utslipp i scenario 1.

Modellen baserer tollsatsen på gjennomsnittlig karboninnhold i regionens produksjon. På denne måten blir eksportører forhindret i å selge aluminiumen som er laget ved å bruke fornybar energi til Europa og resten av aluminiumen med høyt karboninnhold til uregulerte områder. Dette kalles «source shifting», og er ofte brukt som et av argumentene for å ikke innføre karbontoll (Marcu et al., 2021, s. 49). Baksiden med dette er at produsenter med høy utslippsintensitet i liten grad får insentiv til å redusere sine utslipp, da de uansett må betale for gjennomsnittlig karboninnhold. Likevel kan det ved å bruke en regionspesifikk tollsats oppstå «source shifting» mellom regionene. Dette viser modellen også i scenario 2 hvor Kina kun selger til verdensmarkedet, mens Russland overtar hele importen til Europa.

Modellen tar heller ikke hensyn til transportkostnader, handelsbarrierer og lignende, som i virkeligheten hadde hatt en betydning for hvor enkelt produksjon kan flyttes mellom både markeder og produsenter. Da dette ikke tas høyde for, er trolig karbonlekkasjen som fremkommer av modellen høyere enn den ville vært i virkeligheten. Effektiv aluminiumsproduksjon avhenger av en jevn strømtilgang og produksjonsvolum kan ikke enkelt justeres. I virkeligheten er det dyrt å redusere produksjonen sin, mens i modellen medfører ikke endringer i produksjonsnivå noen ekstra kostnader for produsentene. Det er altså mindre fleksibilitet i produksjonsvolum enn det som er lagt til grunn i modellen. Heller ikke faste kostnader er inkludert i modellen, og de er kanskje spesielt viktig i de tilfeller der produksjonsnivået går ned. På kort sikt kan ikke de faste kostnadene inkluderes i beslutningsgrunnlaget, men på lengre sikt er alle kostnader variable. Likevel er det en del «sunk cost» knyttet til investeringer som ikke påvirker beslutningsgrunnlaget. På lang sikt kan produsenter legge ned dersom dekningsbidraget over tid ikke blir nok til å dekke de faste kostnadene. Dette kan føre til et skift i tilbudet og en høyere aluminiumspris. Videre kan dette gi insentiv til å starte produksjon i uregulerte områder med lave kostnader.

⁶ Høyere etterspørsel vil gjøre det vanskeligere å kjøpe og avsette kvoter til senere bruk. Dette bidrar til at MSR blir mindre viktig ettersom det blir færre overskuddskvoter å ta ut av markedet og slette permanent.

6. Konklusjon

Det er foreslått å innføre karbontoll som en tilleggsmekanisme i EUs kvotesystem for å motvirke karbonlekkasje. Ved å bruke aluminiumsmarkedet, har denne oppgaven som formål å vurdere effekten det vil ha på globalt utslippsnivå og på norsk konkurranseutsatt industri. Vi har utarbeidet en økonomisk likevektsmodell bestående fire produsenter fordelt på to markeder; det europeiske markedet og verdensmarkedet. Modellen viser hvordan Norge, EU, Kina og Russland tilpasser sitt produksjonsnivå under ulike kombinasjoner av anti-lekkasje virkemidler. I hovedsak fjernes gratiskvoter og karbonpriskompensasjon avhengig av hvor stor del av utlippene som omfattes av karbontollen.

Å erstatte gratiskvoter og eventuelt karbonpriskompensasjon med karbontoll innebærer høyere kostnader for alle produsentene, men på ulike måter. Basert på teori forventet vi å se en økning i aluminiumsprisen i Europa, samt en omfordeling av produksjon. Modelleringen bekrefter dette i de tilfeller der eksportørers karbontoll overstiger kostnaden av at subsidiene fjernes. Generelt sett ble det i hovedmodellen observert små endringer i globale utslipp fra aluminiumsproduksjon, på henholdsvis $-0,1\%$ og $+0,7\%$ sammenlignet med dagens anti-lekkasjepolitikk. Etersom Kina i modellen står for 82% av verdens aluminiumsproduksjon, samt høyt karboninnhold, har endringer i deres produksjon stor betydning for samlede utslipp. Dermed er det avgjørende for globale utslipp at karbontollen er utformet på en måte som svekker kinesisk konkurranseevne til fordel for produsenter med lavere utslippsintensitet. Dette er tilfelle når kun gratiskvoter bortfaller for europeiske produsenter og Kina rammes av å betale karbontoll på direkte utslipp. Dersom karbonpriskompensasjonen også bortfaller, vil europeiske produsenter komme svekket ut konkurransemessig, selv om indirekte utslipp også inkluderes i karbontollen. Dette bidrar til at kinesisk produksjon øker og dermed også globale utslipp.

Modellen tar utgangspunkt i reelle data fra 2019 og viser at produsenten som blir pålagt høyest karbontoll trekker seg ut av det europeiske markedet i begge scenarioene. Ved å erstatte gratiskvoter med en karbontoll basert på kun direkte utslipp, blir det relativt dyrere for utenlandske produsenter å selge i det europeiske markedet. Dette er til fordel for norsk og europeisk konkurranseutsatt industri. Videre viser modellen at karbonpriskompensasjonen er avgjørende for europeiske produsenter, og dersom denne også bortfaller vil det ha en stor negativ konsekvens. Selv om karbontollen beregnes basert på både direkte og indirekte utslipp vil tapet av subsidiene overstige kostnaden av Russlands karbontoll. Etersom de europeiske

produsentene kommer svekket ut av å miste begge subsidiene, testet vi for å delvis beholde dagens anti-lekkasje virkemidler. Resultatene fra å beholde deler av karbonpriskompensasjon viser blant annet at norske aluminiumsprodusenter sitt økonomiske tap reduseres betraktelig. Sensitivitetsanalysen er gjort for å vurdere effekten av klimapolitikken under ulike forhold og er med å underbygge effektene vi observerte fra hovedmodellen. Økt kvotepris og kraftpris forsterket resultatene da tapet av gratiskvoter, karbonpriskompensasjon økte i takt med størrelsen på karbontollen.

Som vist i oppgaven har utformingen av karbontollen i kombinasjonen med andre anti-lekkasje virkemidler stor betydning for produsentene, men ikke nødvendigvis for samlede utslipp fra aluminiumsindustrien. For at EU skal kunne erstatte dagens virkemidler må den være WTO-kompatibel og bør ikke skape barrierer for internasjonalt samarbeid. Dette er viktige hensyn som modellen ikke tar høyde for. Modellen bygger også på en rekke forutsetninger, antakelser og forenklinger som gjør at resultatene må tolkes med forsiktighet. Med få produsenter og kun fokus på én del av verdikjeden gir modellen kun et forenklet bilde av et marked og en industri som i virkeligheten er kompleks. Sammen med andre forenklinger, diskuteres dette grundig i kapittel 5.7. Til tross for dette, kan resultatene være med på å belyse viktige aspekter og være et tilskudd for litteraturen rundt CBAM.

For videre studier kan det være interessant å modellere effekten av å utforme en mer omfattende karbontoll som inkluderer større deler av verdikjeden. I tillegg kan det være hensiktsmessig å se på interaksjonseffektene som kan oppstå dersom det inkluderes flere sektorer i modellen. Det vil også være en nyttig utvidelse av modellen å integrere dynamikken i kvotemarkedet dersom utslippene fra europeisk produksjon øker.

Litteraturliste

- Arnesen, F., Aulie, F. H., Henriksen, M. E., Hole, J., Jelsness, S., Sem, I. V., Sidelnikova, M., Stavseng, A. G., Spilde, D., Veie, C. A., et al. (2020). *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2020-2040* 37/2020.
- Bellora, C. & Fontagné, L. (2020). *Possible carbon adjustment policies: An overview*: European Parliament Directorate-General For External Policies.
- Bjartnes, A. (2018, 08. mars). CO2-prisen – den store X-faktoren i kraftprisen. *Energi og Klima*. Tilgjengelig fra: <https://energiogklima.no/blogg/co2-prisen-den-store-x-faktoren-i-kraftprisen/>.
- Böhringer, C., Fischer, C. & Rosendahl, K. E. (2010). The global effects of subglobal climate policies. *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 10 (2). doi: 10.2202/1935-1682.2583.
- Böhringer, C., Bye, B., Fæhn, T. & Rosendahl, K. E. (2012a). Alternative designs for tariffs on embodied carbon: A global cost-effectiveness analysis. *Energy economics*, 34: S143-S153. doi: 10.1016/j.eneco.2012.08.020.
- Böhringer, C., Bye, B., Fæhn, T. & Rosendahl, K. E. (2012b). Karbontoll som virkemiddel mot karbonlekkasje – en sammenlikning av ulike tollscenarier. *Økonomiske analyser*, 31 (2): 12-17.
- Böhringer, C., Fischer, C. & Rosendahl, K. E. (2014). Cost-effective unilateral climate policy design: Size matters. *Journal of environmental economics and management*, 67 (3): 318-339. doi: 10.1016/j.jeem.2013.12.008.
- Böhringer, C., Rosendahl, K. E. & Storrøsten, H. B. (2016). Smarte virkemidler mot karbonlekkasje. *Samfunnsøkonomen*, 130 (2): 69-76.
- Branger, F. & Quirion, P. (2014). Would border carbon adjustments prevent carbon leakage and heavy industry competitiveness losses? Insights from a meta-analysis of recent economic studies. *Ecological Economics*, 99: 29-39.
- Branger, F., Quirion, P. & Chevallier, J. (2016). Carbon leakage and competitiveness of cement and steel industries under the EU ETS: much ado about nothing. *The Energy Journal*, 37 (3): 109-135.
- Brenna, A. L. (2020, 02. januar). Prisen på klimavoter gikk litt ned i 2019. *enerWE*. Tilgjengelig fra: <https://enerwe.no/klimavote/prisen-pa-klimavoter-gikk-litt-ned-i-2019/347179>.
- Collins, L. (2020, 11. desember). EU agrees to cut emissions by 55% by 2030 — carbon prices will now triple, says analyst. *Recharge*. Tilgjengelig fra: <https://www.rechargenews.com/transition/eu-agrees-to-cut-emissions-by-55-by-2030-carbon-prices-will-now-triple-says-analyst/2-1-929793>.
- Dietz, S., Jahn, V. & Noels, J. (2019). Carbon Performance Assessment of aluminium producers: note on methodology. *Transition Pathway Initiative*.
- EMBER. (2021). *Daily EU ETS carbon market price (Euros)*: Sandbag Climate Campaign CIC. Tilgjengelig fra: <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/> (lest 21. mai).
- Enerdata. (2020). *Russia energy report*. Tilgjengelig fra: <https://www.enerdata.net/estore/country-profiles/russia.html> (lest 20.mars).
- enerWE. (2021, 11. mars). EU-parlamentet vil innføre karbontoll. Tilgjengelig fra: <https://enerwe.no/co2-avgift-eu-karbontoll/eu-parlamentet-vil-innfore-karbontoll/399704>.
- European Aluminium. (2020). *Policy Note - EC Public Consultation questionnaire on the EU Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*.
- European Aluminium. (u.å.). *Digital Activity Report 2018-2019*: European Aluminium. Tilgjengelig fra: <https://www.european-aluminium.eu/activity-report-2018-2019/market-overview/> (lest 05. februar).

- European Central Bank. (2021). *Euro foreign exchange reference rates*: European Central Bank. Tilgjengelig fra: https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/index.en.html.
- European Commission. (2011). *Guidance Document No. 9 on the harmonized free allocation methodology for the EU-ETS post 2012*.
- European Commission. (2012). *The Official Journal of the European Union*, 2012/C158.
- European Commission. (2015). *EU ETS Handbook*.
- European Commission. (2020a). *Proposal for a Carbon Border Adjustment mechanism (CBAM)*, Ares(2020)1350037.
- European Commission. (2020b). *State of the Union: Commission adopts revised EU Emission Trading System State aid Guidelines**: European Commission. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1712.
- European Commission. (2021). *Public consultation on the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*, Ares(2021)70541.
- European Commission. (u.å.-a). *Allocation to industrial installations*: European Commission. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/industrial_en (lest 15. februar).
- European Commission. (u.å.-b). *Carbon leakage*: European Commission. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage_en (lest 12. februar).
- European Commission. (u.å.-c). *EU Emissions Trading System (EU ETS)*: European Commission. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en#tab-0-0 (lest 03. mars).
- European Environment Agency. (2019). *The EU Emissions Trading System in 2019: trends and projections*. Tilgjengelig fra: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/trends-and-projections-in-europe/trends-and-projections-in-europe-2019/the-eu-emissions-trading-system?fbclid=IwAR2t3bwWt9IN-Fe6PYypE-qVuqghldl6y2kqvQpRjnZijoM-JxgZZ0w3zZE>.
- European Parliament. (2021). *Towards a WTO-compatible EU carbon border adjustment mechanism*, A9-0019/2021.
- Eurostat. (2021). *Electricity prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards)*: European Commission. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrq_pc_205/default/table?lang=en (lest 06. februar).
- Felbermayr, G. & Peterson, S. (2020). *Economic assessment of Carbon Leakage and Carbon Border Adjustment*, Briefing - Requested by the INTA committee.
- FN-sambandet. (2020a). *Kyotoprotokollen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/kyotoprotokollen>.
- FN-sambandet. (2020b). *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>.
- Forskrift om CO₂-kompensasjon for industrien. (2013). *Forskrift om CO₂-kompensasjon for industrien (FOR-2013-09-26-1160)*: Lovdata.
- Gilbert, C. L. (1995). Modelling market fundamentals: a model of the aluminium market. *Journal of Applied Econometrics*, 10 (4): 385-410.
- Golombek, R., Kittelsen, S. A. C. & Rosendahl, K. E. (2012). Tildeling av klimakvoter i Europa. *Samfunnsøkonomen*, 126 (2): 30-37.
- Greaker, M., Hagem, C. & Hovi, J. (2013). Hvordan kan en internasjonal klimaavtale håndheves? *Samfunnsøkonomen*, 127 (2): 28-35.
- Hirth, M. L. (2021, 06. januar). Kinas kvotesystem treer i kraft 1. februar. *Energi og Klima*. Tilgjengelig fra: <https://energiogklima.no/nyhet/kinas-kvotesystem-treer-i-kraft-1-februar/>.
- Hoel, M. (1996). Should a carbon tax be differentiated across sectors? *Journal of public economics*, 59 (1): 17-32. doi: 10.1016/0047-2727(94)01490-6.
- Hojman, D. E. (1981). An econometric model of the international bauxite-aluminium economy. *Resources Policy*, 7 (2): 87-102.

- Klima- og miljødepartementet. (2014). *Market stability reserve - EU ETS*: Regjeringen.
- Klima- og miljødepartementet. (2018). *EUs kvotesystem Fase 4 (2021-2030)*: Regjeringen.
- Klima- og Miljødepartementet. (2020). *Hva er klimakvoter?*: Regjeringen. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimakvoter/id2076655/>.
- Lessmann, K., Kornek, U., Bosetti, V., Dellink, R., Emmerling, J., Eyckmans, J., Nagashima, M., Weikard, H. P. & Yang, Z. (2015). The Stability and Effectiveness of Climate Coalitions : A Comparative Analysis of Multiple Integrated Assessment Models. *Environmental & resource economics*, 62 (4): 811-836. doi: 10.1007/s10640-015-9886-0.
- Lillelien, N. (2020, 23. november). *Karbontoll på import - kan det fungere som karbonlekkasjevirkemiddel?* NAEE - EUs virkemidler mot karbonlekkasje – er innføring av en karbontoll fornuftig klimapolitikk?, Digitalt.
- Marcu, A., Mehling, M. & Cosbey, A. (2021). *Border Carbon Adjustments in the EU: Sectoral Deep Dive*.
- Markusen, J. R. (1975). International externalities and optimal tax structures. *Journal of international economics*, 5 (1): 15-29. doi: 10.1016/0022-1996(75)90025-2.
- Martin, R., Muûls, M., De Preux, L. B. & Wagner, U. J. (2014). On the empirical content of carbon leakage criteria in the EU Emissions Trading Scheme. *Ecological Economics*, 105: 78-88.
- Metz, B. & Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group III. (2007). *Climate change 2007 : mitigation of climate change : contribution to Working Group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Michelsen, L.-H. P. (2020, 25. september). Kinas nye klimaløfte gir håp. *Energi og Klima*. Tilgjengelig fra: <https://energiogklima.no/nyhet/fem-paa-fredag/fem-pa-fredag-kinas-klimalofte-gir-hap/>.
- Miljødirektoratet. (2020). *Kvotepliktige og ikke-kvotepliktige klimagassutslipp*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-og-kvoteplikt/>.
- Miljødirektoratet. (u.å.-a). *EUs system for klimakvoter*: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/klimakvoter/eus-klimakvotesystem/>.
- Miljødirektoratet. (u.å.-b). *Klimakvoter*: Norske Utslipp. Tilgjengelig fra: <https://www.norskeutslipp.no/no/Komponenter/Klimakvoter/Klimakvote/?ComponentType=klimakvote&ComponentPageID=1102&SectorID=90>.
- Ministry of Commerce People's Republic of China. (2019). *Full analysis and data of the aluminum industry November 2019 (oversatt fra kinesisk til engelsk Yan Qin)*. Tilgjengelig fra: <http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyj/k/201912/20191202922133.shtml> (lest 12. mars).
- Moya, J. A. & Boulamanti, A. (2016). *Production costs from energy-intensive industries in the EU and third countries*, EUR27729EN.
- Naegele, H. & Zaklan, A. (2019). Does the EU ETS cause carbon leakage in European manufacturing? *Journal of environmental economics and management*, 93: 125-147. doi: 10.1016/j.jeem.2018.11.004.
- Nordpool. (2021). *Day-ahead prices*. Tilgjengelig fra: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Yearly/?view=table> (lest 13. mars).
- Norsk Hydro. (2019). *Livssyklusen til aluminium*: Norsk Hydro.
- Norsk Hydro. (2020). *Fourth quarter 2020 Report*.
- Norsk Hydro. (2021a). *Hydro sikter mot å inkludere resirkulering i produksjonen av primæraluminium i Norge*: Norsk Hydro. Tilgjengelig fra: <https://www.hydro.com/no-NO/media/news/2021/hydro-aims-to-include-recycling-within-its-primary-aluminium-production-in-norway/>.

- Norsk Hydro. (2021b). *Resirkulering av aluminium*. Tilgjengelig fra: <https://www.hydro.com/no-NO/aluminium/om-aluminium/resirkulering-av-aluminium/>.
- Norsk Industri. (u.å.). *Om Aluminiumsbransjen*: Norsk Industri. Tilgjengelig fra: <https://www.norskindustri.no/bransjer/aluminium/om-aluminiumsbransjen/> (lest 16. mars).
- O'Donoghue, C. (2020, 08. oktober). *Carbon Border Adjustments Mechanisms – Position of Eurometaux*. Meeting with DG TAXUD.
- OECD. (2008). *The Polluter Pays Principle*.
- Øvrebø, O. A. (2020, 7. september). «Dyp bekymring» i norsk industri for EUs planer om karbontoll. *Energi og Klima*. Tilgjengelig fra: <https://energiogklima.no/nyhet/eus-groenne-qiv/dyp-bekymring-i-norsk-industri-for-eus-planer-om-karbontoll/>.
- Øvrebø, O. A. (2021). *De største utslipps-landene*: Energi og Klima. Tilgjengelig fra: <https://energiogklima.no/klimavakten/land-med-hoyest-utslipp/>.
- Parry, I. W. H. (2015). *Implementing a US Carbon Tax: Challenges and Debates*: Routledge.
- Partnership for Market Readiness. (2015). *Carbon Leakage : Theory, Evidence and Policy Design*. Washington DC,: World Bank, .
- Pedersen, B. (2018). *Aluminium*. Store norske leksikon.
- Perman, R., Ma, Y., Common, M., Maddison, D. & McGilvray, J. (2011). *Natural resource and environmental economics*. 4th ed. utg. Harlow: Pearson.
- Prop. 101 S (2017–2018). *Samtykke til deltakelse i en beslutning i EØS-komiteen om innlemmelse i EØS-avtalen av nye tilpasninger til forordning (EU) nr. 1031/2010 om auksjonering av klima-kvoter, og inngåelse av to avtaler med Kommisjonen om tilknytning til EUs avtaler om felles tildeling av kontrakter for å anskaffe felles auksjonsplattformer og auksjonsovervåker*.
- Ringlund, G. B., Rosland, A. & Bjørkum, I. (2009). *Vurdering av framtidige kvotepriser: En rapport fra etatsgruppen Klimakur 2020*, TA-2545.
- Saadi, F. H., Lewis, N. S. & McFarland, E. W. (2018). Relative costs of transporting electrical and chemical energy. *Energy & Environmental Science*, 11 (3): 469-475.
- Saevarsdottir, G., Kvande, H. & Welch, B. J. (2020). Aluminum Production in the Times of Climate Change: The Global Challenge to Reduce the Carbon Footprint and Prevent Carbon Leakage. *JOM (1989)*, 72 (1): 296-308. doi: 10.1007/s11837-019-03918-6.
- Simon, F. (2021, 10. mars). Asian countries see EU carbon border levy as protectionist: survey. *EURACTIV*. Tilgjengelig fra: <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/asian-countries-see-eu-carbon-border-levy-as-protectionist-survey/>.
- Siriwardana, M., Meng, S. & McNeill, J. (2017). Border adjustments under unilateral carbon pricing: the case of Australian carbon tax. *Journal of economic structures*, 6 (1): 1-21. doi: 10.1186/s40008-017-0091-x.
- St.prp. nr. 60 (2007-2008). *Om samtykke til ratifikasjon av en frihandelsavtale mellom EFTA-statene og Canada og en bilateral landbruksavtale mellom Norge og Canada, begge av 26. januar 2008*: Utenriksdepartementet.
- Stam, C. & Moscovenko, L. R. (2020, 14. september). EU carbon border tax: How a French idea ended up in the limelight. *EURACTIV*. Tilgjengelig fra: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/eu-carbon-border-tax-how-a-french-idea-ended-up-in-the-limelight/>.
- Statista. (2020). *Primary aluminum production volume in China from 2011 to 2019*: Statista - The Statistics Portal. Tilgjengelig fra: https://www.statista.com/statistics/449051/china-primary-aluminum-production/?fbclid=IwAR3vac_dsRvp_2eUIISP67dVOiu1juvLM2K-q_8qCPhgyQMS-zVu9IKPnA (lest 03. februar).
- Statista & World Bureau of Metal Statistics. (2021a). *Production of refined primary aluminum in Russia from 2009 to 2020*: Statista - The Statistics Portal. Tilgjengelig fra: <https://www.statista.com/statistics/1027666/russia-primary-aluminum-production/>.
- Statista & World Bureau of Metal Statistics. (2021b). *Production of refined primary aluminum in selected European countries in 2019*: Statista - The Statistics Portal. Tilgjengelig

- fra: <https://www.statista.com/statistics/1027795/europe-primary-aluminum-production-by-country/> (lest 07. februar).
- Suslow, V. Y. (1986). Estimating monopoly behavior with competitive recycling: an application to Alcoa. *The RAND Journal of Economics*, 17 (3): 389-403.
- Thema Consulting Group & Vista Analyse. (2011). *Karbonpriskompensasjon*, 9788293150091. Oslo: Thema Consulting Group.
- U.S. Geological Survey. (2020). *Mineral commodity summaries 2020*.
- UC RUSAL. (u.å.). *How The World Aluminium Market Works*: UC RUSAL. Tilgjengelig fra: https://www.aluminiumleader.com/economics/how_aluminium_market_works/ (lest 15. mars).
- Universitetet i Oslo. (u.å.). *Periodesystemet*: Universitet i Oslo. Tilgjengelig fra: <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/aluminium/index.html> (lest 02. april).
- Utenriksdepartementet. (2019). *WTO: Forutsigbar og enklere handel*: Regjeringen. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/no/tema/naringsliv/handel/ud_innsikt/bakgrunn_wto/id2076083/.
- Utenriksdepartementet. (2021). *Nye forsterkede klimamål i EU og i Norge*: Regjeringen. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nye-forsterkede-klimamal-i-eu-og-i-norge/id2829459/>.
- Varian, H. R. (2006). *Intermediate microeconomics : a modern approach*. 7th ed. utg. New York: W.W. Norton & Co.
- World Aluminium. (2021). *Primary Aluminium Production*.
- World Bank. (2020). *Average prices for aluminum from 2014 to 2025*: Statista - The Statistics Portal. Tilgjengelig fra: <https://www.statista.com/statistics/675845/average-prices-aluminum-worldwide/> (lest 01. februar).
- Wyns, T. & Khandekar, G. (2019). *Metals for a Climate Neutral Europe*.
- Yonezawa, H. (2012). *Theoretic and empirical issues related to border carbon adjustments*. Phd: Colorado School of Mines.
- Zachmann, G. & McWilliams, B. (2020). *A European carbon border tax: much pain, little gain*: Bruegel.
- Zink, T., Geyer, R. & Startz, R. (2018). Toward estimating displaced primary production from recycling: A case study of US aluminum. *Journal of Industrial Ecology*, 22 (2): 314-326.

Appendiks

A. Resultater - Hovedmodell

	Referanse	Scenario 1		Scenario 2	
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Europa	1 602	1 646	2,74%	1 728	7,84%
ROW	1 602	1 601	-0,05%	1 609	0,41%
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Norge	1 300 000	1 312 780	0,98%	1 117 540	-14,04%
EU	3 155 990	3 198 920	1,36%	2 287 980	-27,50%
Kina	2 265 690	3 844 790	69,70%	0	-100%
Russland	1 680 420	0	-100,00%	4 870 460	189,84%
Sum salg til Europa	8 402 100	8 356 490	-0,54%	8 275 970	-1,50%
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Kina	52 223 770	50 556 600	-3,19%	55 210 100	5,72%
Russland	3 031 131	4 703 750	55,18%	0	-100%
Sum salg til ROW	55 254 900	55 260 400	0,01%	55 210 100	-0,08%
Sum tilbudt kvantum	63 657 000	63 616 900	-0,06%	63 486 000	-0,27%
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>	<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>	
Norge	2 318 257	2 341 047	0,98%	1 992 881	-14,04%
EU	19 882 737	20 153 196	1,36%	14 414 274	-27,50%
Kina	855 484 514	854 101 823	-0,16%	866 798 570	1,32%
Russland	20 730 822	20 696 500	-0,17%	21 430 024	3,37%
Totalt Europa	22 200 994	22 494 243	1,32%	16 407 155	-26,10%
Totalt ROW	876 215 336	874 798 323	-0,16%	888 228 594	1,37%
Europeisk forbruk	65 166 175	82 857 446	27,15%	37 837 179	-41,94%
ROW forbruk	833 250 155	814 435 120	-2,26%	866 798 570	4,03%
Sum Total	898 416 330	897 292 566	-0,13%	904 635 749	0,69%

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 082 887 820	2 161 098 436	3,75%	1 930 941 489	-7,29%
EU	5 056 594 716	5 266 062 104	4,14%	3 953 286 243	-21,82%
Kina	87 304 178 085	87 292 149 236	-0,01%	88 818 696 274	1,73%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>3 630 137 004</i>	<i>6 329 293 298</i>		<i>0</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>83 674 041 082</i>	<i>80 962 855 938</i>		<i>88 818 696 274</i>	
Russland	7 548 947 038	7 532 726 363	-0,21%	8 415 424 311	11,48%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>2 692 404 885</i>	<i>0</i>		<i>8 415 424 311</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>4 856 542 153</i>	<i>7 532 726 363</i>		<i>0</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 665 232 744	1 735 179 839	4,20%	1 622 298 455	-2,58%
EU	4 323 776 919	4 513 145 390	4,38%	3 568 133 402	-17,48%
Kina	73 886 219 522	73 917 263 605	0,04%	75 043 192 075	1,57%
Russland	6 417 455 463	6 404 960 436	-0,19%	7 206 315 494	12,29%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	417 655 076	425 918 597	1,98%	308 643 034	-26,10%
EU	732 817 797	752 916 714	2,74%	385 152 841	-47,44%
Kina	13 417 958 564	13 374 885 631	-0,32%	13 775 504 199	2,66%
Russland	1 131 491 576	1 127 765 926	-0,33%	1 209 108 817	6,86%

B. Resultater fra sensitivitetsanalyse - BAU og kun CO₂-pris

	BaU: Uten EU ETS	Uten virkemidler for karbonlekkasje		Ref	
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Europa	1 604	1 618	0,88%	1 602	-0,10%
ROW	1 604	1 618	0,88%	1 602	-0,10%
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Norge	1 318 680	895 196	-32,11%	1 300 000	-1,42%
EU	2 925 560	1 541 140	-47,32%	3 155 990	7,88%
Kina	2 386 143	3 415 740	43,15%	2 265 690	-5,05%
Russland	1 769 757	2 533 390	43,15%	1 680 420	-5,05%
Sum salg til Europa	8 400 140	8 385 460	-0,17%	8 402 100	0,02%
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Kina	52 285 557	52 814 490	1,01%	52 223 770	-0,12%
Russland	2 957 953	2 332 500	-21,14%	3 031 131	2%
Sum salg til ROW	55 243 500	55 147 000	-0,17%	55 254 900	0,02%
Sum tilbudt kvantum	63 643 700	63 532 500	-0,17%	63 657 000	0,02%
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>	<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>	
Norge	2 351 568	1 596 380	-32,11%	2 318 257	-1,42%
EU	18 431 028	9 709 182	-47,32%	19 882 737	7,88%
Kina	858 345 690	882 814 611	2,85%	855 484 514	-0,33%
Russland	20 801 924	21 409 916	2,92%	20 730 822	-0,34%
Totalt Europa	20 782 596	11 305 562	-45,60%	22 200 994	6,82%
Totalt ROW	879 147 614	904 224 527	2,85%	876 215 336	-0,33%
Europeisk forbruk	93 817 159	76 079 592	-18,91%	65 166 175	-30,54%
ROW forbruk	833 898 243	839 450 497	0,67%	833 250 155	-0,08%
Sum Total	899 930 210	915 530 089	1,73%	898 416 330	-0,17%

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 114 991 292	1 448 391 320	-31,52%	2 082 887 820	-1,52%
EU	4 692 217 917	2 493 502 874	-46,86%	5 056 594 716	7,77%
Kina	90 524 760 323	90 978 262 931	0,50%	87 304 178 085	-3,56%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>6 665 523 333</i>	<i>5 526 530 107</i>		<i>3 630 137 004</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>83 859 236 990</i>	<i>85 451 732 823</i>		<i>83 674 041 082</i>	
Russland	7 582 632 238	7 872 815 384	3,83%	7 548 947 038	-0,44%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>2 838 460 844</i>	<i>4 098 924 267</i>		<i>2 692 404 885</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>4 744 171 394</i>	<i>3 773 891 117</i>		<i>4 856 542 153</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 695 248 475	1 050 355 520	-38,04%	1 665 232 744	-1,77%
EU	3 958 483 676	1 983 086 460	-49,90%	4 323 776 919	9,23%
Kina	77 030 971 857	76 689 013 716	-0,44%	73 886 219 522	-4,08%
Russland	6 443 359 869	6 665 955 678	3,45%	6 417 455 463	-0,40%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	419 742 817	398 035 800	-5,17%	417 655 076	-0,50%
EU	733 734 241	510 416 414	-30,44%	732 817 797	-0,12%
Kina	13 493 788 466	14 289 249 215	5,90%	13 417 958 564	-0,56%
Russland	1 139 272 368	1 206 859 707	5,93%	1 131 491 576	-0,68%

C. Resultater fra sensitivitetsanalyse - Kvotepriis

	Kvotepriis = 50 euro				
	Referanse	Scenario 1		Scenario 2	
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Europa	1 599	1 687	5,53%	1 870	16,96%
ROW	1 599	1 597	-0,10%	1 609	0,63%
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Norge	1 341 110	1 366 830	1,92%	1 011 900	-24,55%
EU	3 574 850	3 661 240	2,42%	1 956 130	-45,28%
Kina	2 003 621	3 287 540	64,08%	0	-100%
Russland	1 486 049	0	-100,00%	5 178 280	248%
Sum salg til Europa	8 405 630	8 315 620	-1,07%	8 146 310	-3,09%
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Kina	52 089 249	50 629 800	-2,80%	55 210 100	5,99%
Russland	3 190 341	4 660 830	46,09%	0	-100%
Sum salg til ROW	55 279 600	55 290 600	0,02%	55 210 100	-0,13%
Sum tilbuds kvantum	63 685 300	63 606 200	-0,12%	63 356 400	-0,52%
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>	<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>	
Norge	2 391 567	2 437 433	1,92%	1 804 495	-24,55%
EU	22 521 555	23 065 812	2,42%	12 323 619	-45,28%
Kina	849 258 059	846 502 238	-0,32%	866 798 570	2,07%
Russland	20 576 116	20 507 652	-0,33%	22 784 432	10,73%
Totalt Europa	24 913 122	25 503 245	2,37%	14 128 114	-43,29%
Totalt ROW	869 834 175	867 009 890	-0,32%	889 583 002	2,27%
Europeisk forbruk	62 908 592	77 117 623	22,59%	36 912 546	-41,32%
ROW forbruk	831 838 705	815 395 512	-1,98%	866 798 570	4,20%
Sum Total	894 747 297	892 513 135	-0,25%	903 711 116	1,00%

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 143 952 090	2 305 910 552	7,55%	1 892 060 739	-11,75%
EU	5 714 898 204	6 176 694 942	8,08%	3 657 591 435	-36,00%
Kina	86 475 025 697	86 404 566 447	-0,08%	88 818 696 274	2,71%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>3 203 069 307</i>	<i>5 546 244 357</i>		<i>0</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>83 271 956 390</i>	<i>80 858 322 090</i>		<i>88 818 696 274</i>	
Russland	7 475 864 110	7 443 578 552	-0,43%	9 682 399 727	29,52%
<i>hvoav salg til Europa</i>	<i>2 375 656 742</i>	<i>0</i>		<i>9 682 399 727</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>5 100 207 367</i>	<i>7 443 578 552</i>		<i>0</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 699 460 631	1 844 210 096	8,52%	1 639 002 549	-3,56%
EU	4 774 645 865	5 190 457 133	8,71%	3 376 046 510	-29,29%
Kina	73 251 506 132	73 266 915 243	0,02%	75 043 192 075	2,45%
Russland	6 361 183 571	6 336 321 119	-0,39%	8 315 584 408	30,72%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	444 491 460	461 700 456	3,87%	253 058 190	-43,07%
EU	940 252 339	986 237 809	4,89%	281 544 926	-70,06%
Kina	13 223 519 565	13 137 651 204	-0,65%	13 775 504 199	4,17%
Russland	1 114 680 539	1 107 257 433	-0,67%	1 366 815 319	22,62%

	Kvotepris = 89 euro				
	Referanse	Scenario 1		Scenario 2	
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Europa	1 593	1 750	9,88%	2 091	31,26%
ROW	1 593	1 590	-0,18%	1 609	0,98%
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Norge	1 403 930	1 449 760	3,26%	849 071	-39,52%
EU	4 227 630	4 381 580	3,64%	1 450 910	-65,68%
Kina	1 596 130	2 423 140	51,81%	0	-100,00%
Russland	1 183 820	0	-100,00%	5 666 090	378,63%
Sum salg til Europa	8 411 500	8 254 480	-1,87%	7 966 070	-5,30%
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Kina	51 880 320	50 743 500	-2,19%	55 210 100	6,42%
Russland	3 437 920	4 594 260	33,63%	0	-100,00%
Sum salg til ROW	55 318 300	55 337 700	0,04%	55 210 100	-0,20%
Sum tilbudt kvantum	63 729 800	63 592 200	-0,22%	63 176 100	-0,87%
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>	<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>	
Norge	2 503 592	2 585 320	3,26%	1 514 127	-39,52%
EU	26 634 069	27 603 954	3,64%	9 140 733	-65,68%
Kina	839 580 265	834 716 248	-0,58%	866 798 570	3,24%
Russland	20 335 656	20 214 744	-0,59%	24 930 796	22,60%
Totalt Europa	29 137 661	30 189 274	3,61%	10 654 860	-63,43%
Totalt ROW	859 915 921	854 930 992	-0,58%	891 729 366	3,70%
Europeisk forbruk	59 405 712	68 232 572	14,86%	35 585 656	-40,10%
ROW forbruk	829 647 871	816 887 694	-1,54%	866 798 570	4,48%
Sum Total	889 053 582	885 120 266	-0,44%	902 384 226	1,50%

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 236 558 765	2 537 761 387	13,47%	1 775 517 840	-20,61%
EU	6 734 910 524	7 669 824 343	13,88%	3 034 041 428	-54,95%
Kina	85 191 728 202	84 937 499 621	-0,30%	88 818 696 274	4,26%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>2 542 746 965</i>	<i>4 241 633 876</i>		<i>0</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>82 648 981 237</i>	<i>80 695 865 745</i>		<i>88 818 696 274</i>	
Russland	7 362 755 342	7 306 113 850	-0,77%	11 848 530 782	60,93%
<i>hvoav salg til Europa</i>	<i>1 885 907 982</i>	<i>0</i>		<i>11 848 530 782</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>5 476 847 360</i>	<i>7 306 113 850</i>		<i>0</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 749 450 022	2 018 328 713	15,37%	1 597 353 063	-8,69%
EU	5 419 915 273	6 257 311 925	15,45%	2 879 155 845	-46,88%
Kina	72 267 791 571	72 162 864 765	-0,15%	75 043 192 075	3,84%
Russland	6 273 970 286	6 230 231 326	-0,70%	10 212 121 975	62,77%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	487 108 743	519 432 675	6,64%	178 164 777	-63,42%
EU	1 314 995 251	1 412 512 418	7,42%	154 885 583	-88,22%
Kina	12 923 936 631	12 774 634 856	-1,16%	13 775 504 199	6,59%
Russland	1 088 785 055	1 075 882 525	-1,19%	1 636 408 806	50,30%

D. Resultater fra sensitivitetsanalyse – Subsidiær

		Norge og EU beholder gratiskvoter i begge scenarier og fjerner CO ₂ komp i scenario 2					
		Referanse		Scenario 1		Scenario 2	
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Europa	1 602	1 644	2,59%	1 717	7,17%		
ROW	1 602	1 599	-0,20%	1 608	0,34%		
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Norge	1 300 000	1 384 060	6,47%	1 172 020	-9,84%		
EU	3 155 990	3 438 360	8,95%	2 470 990	-21,70%		
Kina	2 265 690	3 536 530	56,09%	0	-100%		
Russland	1 680 420	0	-100,00%	4 643 280	176,32%		
Sum salg til Europa	8 402 100	8 358 950	-0,51%	8 286 280	-1,38%		
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Kina	52 223 770	50 597 100	-3,11%	55 095 200	5,50%		
Russland	3 031 131	4 680 000	54,40%	121 981	-96%		
Sum salg til ROW	55 254 900	55 277 100	0,04%	55 217 200	-0,07%		
Sum tilbudt kvantum	63 657 000	63 636 100	-0,03%	63 503 500	-0,24%		
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO₂</i>	<i>tonn CO₂</i>		<i>tonn CO₂</i>		<i>tonn CO₂</i>	
Norge	2 318 257	2 468 159	6,47%	2 090 033	-9,84%		
EU	19 882 737	21 661 668	8,95%	15 567 237	-21,70%		
Kina	855 484 514	849 897 991	-0,65%	864 994 640	1,11%		
Russland	20 730 822	20 592 000	-0,67%	20 967 148	1,14%		
Totalt Europa	22 200 994	24 129 827	8,69%	17 657 270	-20,47%		
Totalt ROW	876 215 336	870 489 991	-0,65%	885 961 788	1,11%		
Europeisk forbruk	65 166 175	79 653 348	22,23%	38 087 702	-41,55%		
ROW forbruk	833 250 155	814 966 470	-2,19%	865 531 356	3,87%		
Sum Total	898 416 330	894 619 818	-0,42%	903 619 059	0,58%		

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 082 887 820	2 275 076 306	9,23%	2 012 510 703	-3,38%
EU	5 056 594 716	5 651 873 017	11,77%	4 243 011 059	-16,09%
Kina	87 304 178 085	86 718 510 789	-0,67%	88 576 553 040	1,46%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>3 630 137 004</i>	<i>5 813 241 918</i>		<i>0</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>83 674 041 082</i>	<i>80 905 268 871</i>		<i>88 576 553 040</i>	
Russland	7 548 947 038	7 483 366 800	-0,87%	8 169 224 240	8,22%
<i>hvoav salg til Europa</i>	<i>2 692 404 885</i>	<i>0</i>		<i>7 973 115 386</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>4 856 542 153</i>	<i>7 483 366 800</i>		<i>196 108 854</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 665 232 744	1 801 661 738	8,19%	1 673 034 977	0,47%
EU	4 323 776 919	4 782 062 443	10,60%	3 793 770 515	-12,26%
Kina	73 886 219 522	73 474 990 381	-0,56%	74 858 408 105	1,32%
Russland	6 417 455 463	6 366 955 315	-0,79%	7 011 763 461	9,26%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	417 655 076	473 414 568	13,35%	339 475 726	-18,72%
EU	732 817 797	869 810 574	18,69%	449 240 543	-38,70%
Kina	13 417 958 564	13 243 520 408	-1,30%	13 718 144 935	2,24%
Russland	1 131 491 576	1 116 411 485	-1,33%	1 157 460 779	2,30%

		Norge og EU beholder 50% av gratiskvotene i begge scenarier og fjerner CO2 komp i scenario 2					
		Referanse		Scenario 1		Scenario 2	
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring		
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>			
Europa	1 602	1 645	2,67%	1 719	7,31%		
ROW	1 602	1 600	-0,12%	1 609	0,41%		
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>			
Norge	1 300 000	1 348 420	3,72%	1 138 480	-12,42%		
EU	3 155 990	3 318 640	5,15%	2 358 320	-25,27%		
Kina	2 265 690	3 690 660	62,89%	0	-100%		
Russland	1 680 420	0	-100,00%	4 787 310	184,89%		
Sum salg til Europa	8 402 100	8 357 720	-0,53%	8 284 110	-1,40%		
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>			
Kina	52 223 770	50 576 900	-3,15%	55 210 100	5,72%		
Russland	3 031 131	4 691 870	54,79%	0	-100%		
Sum salg til ROW	55 254 900	55 268 770	0,03%	55 210 100	-0,08%		
Sum tilbudt kvantum	63 657 000	63 626 490	-0,05%	63 494 210	-0,26%		
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>	<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>			
Norge	2 318 257	2 404 603	3,72%	2 030 222	-12,42%		
EU	19 882 737	20 907 432	5,15%	14 857 416	-25,27%		
Kina	855 484 514	852 000 692	-0,41%	866 798 570	1,32%		
Russland	20 730 822	20 644 228	-0,42%	21 064 164	1,61%		
Totalt Europa	22 200 994	23 312 035	5,00%	16 887 638	-23,93%		
Totalt ROW	876 215 336	872 644 920	-0,41%	887 862 734	1,33%		
Europeisk forbruk	65 166 175	81 255 397	24,69%	37 951 802	-41,76%		
ROW forbruk	833 250 155	814 701 558	-2,23%	866 798 570	4,03%		
Sum Total	898 416 330	895 956 955	-0,27%	904 750 372	0,71%		

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 082 887 820	2 216 492 343	6,41%	1 954 918 162	-6,14%
EU	5 056 594 716	5 455 080 873	7,88%	4 049 542 022	-19,92%
Kina	87 304 178 085	87 000 763 106	-0,35%	88 818 696 274	1,73%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>3 630 137 004</i>	<i>6 066 596 188</i>		<i>0</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>83 674 041 082</i>	<i>80 934 166 918</i>		<i>88 818 696 274</i>	
Russland	7 548 947 038	7 508 024 211	-0,54%	8 220 433 620	8,90%
<i>hvoav salg til Europa</i>	<i>2 692 404 885</i>	<i>0</i>		<i>8 220 433 620</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>4 856 542 153</i>	<i>7 508 024 211</i>		<i>0</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 665 232 744	1 768 777 857	6,22%	1 637 154 311	-1,69%
EU	4 323 776 919	4 648 803 308	7,52%	3 645 635 165	-15,68%
Kina	73 886 219 522	73 696 126 002	-0,26%	75 043 192 075	1,57%
Russland	6 417 455 463	6 385 942 687	-0,49%	7 062 997 262	10,06%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	417 655 076	447 714 486	7,20%	317 763 851	-23,92%
EU	732 817 797	806 277 565	10,02%	403 906 856	-44,88%
Kina	13 417 958 564	13 304 637 104	-0,84%	13 775 504 199	2,66%
Russland	1 131 491 576	1 122 081 525	-0,83%	1 157 436 358	2,29%

		Lavere støtteintensitet for Norge og EU i scenario 2 (0,3)					
		Referanse		Scenario 1		Scenario 2	
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Europa	1 602	1 646	2,74%	1 714	6,99%		
ROW	1 602	1 601	-0,05%	1 605	0,16%		
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Norge	1 300 000	1 312 780	0,98%	1 234 140	-5,07%		
EU	3 155 990	3 198 920	1,36%	2 781 700	-11,86%		
Kina	2 265 690	3 844 790	69,70%	0	-100%		
Russland	1 680 420	0	-100,00%	4 273 250	154,30%		
Sum salg til Europa	8 402 100	8 356 490	-0,54%	8 289 090	-1,35%		
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Kina	52 223 770	50 556 600	-3,19%	54 773 700	4,88%		
Russland	3 031 131	4 703 750	55,18%	463 499	-85%		
Sum salg til ROW	55 254 900	55 260 350	0,01%	54 773 700	-0,87%		
Sum tilbudt kvantum	63 657 000	63 616 840	-0,06%	63 062 790	-0,93%		
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>	<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>	
Norge	2 318 257	2 341 047	0,98%	2 200 810	-5,07%		
EU	19 882 737	20 153 196	1,36%	17 524 710	-11,86%		
Kina	855 484 514	854 101 823	-0,16%	859 947 090	0,52%		
Russland	20 730 822	20 696 500	-0,17%	20 841 696	0,53%		
Totalt Europa	22 200 994	22 494 243	1,32%	19 725 520	-11,15%		
Totalt ROW	876 215 336	874 798 323	-0,16%	880 788 786	0,52%		
Europeisk forbruk	65 166 175	82 857 446	27,15%	38 527 820	-40,88%		
ROW forbruk	833 250 155	814 435 120	-2,26%	861 986 486	3,45%		
Sum Total	898 416 330	897 292 566	-0,13%	900 514 306	0,23%		

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 082 887 820	2 157 908 381	3,60%	2 119 178 818	1,74%
EU	5 056 594 716	5 258 288 728	3,99%	4 776 540 521	-5,54%
Kina	87 304 178 085	87 282 806 396	-0,02%	87 900 286 023	0,68%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>3 630 137 004</i>	<i>6 319 950 458</i>		<i>0</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>83 674 041 082</i>	<i>80 962 855 938</i>		<i>87 900 286 023</i>	
Russland	7 548 947 038	7 532 726 363	-0,21%	8 081 544 333	7,06%
<i>hvoav salg til Europa</i>	<i>2 692 404 885</i>	<i>0</i>		<i>7 337 725 773</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>4 856 542 153</i>	<i>7 532 726 363</i>		<i>743 818 560</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 665 232 744	1 735 179 839	4,20%	1 739 176 115	4,44%
EU	4 323 776 919	4 513 145 390	4,38%	4 199 136 094	-2,88%
Kina	73 886 219 522	73 917 263 605	0,04%	74 342 000 852	0,62%
Russland	6 417 455 463	6 404 960 436	-0,19%	6 925 474 604	7,92%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	417 655 076	422 728 542	1,21%	380 002 703	-9,02%
EU	732 817 797	745 143 338	1,68%	577 404 427	-21,21%
Kina	13 417 958 564	13 365 542 791	-0,39%	13 558 285 171	1,05%
Russland	1 131 491 576	1 127 765 926	-0,33%	1 156 069 728	2,17%

E. Resultater fra sensitivitetsanalyse – Utslippsintensitet

		Kina halverer indirekte utslipp					
		Referanse		Scenario 1		Scenario 2	
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Europa	1 602	1 646	2,74%	1 728	7,84%		
ROW	1 602	1 601	-0,05%	1 609	0,41%		
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Norge	1 300 000	1 312 780	0,98%	1 117 540	-14,04%		
EU	3 155 990	3 198 920	1,36%	2 287 980	-27,50%		
Kina	2 265 690	3 844 790	69,70%	0	-100%		
Russland	1 680 420	0	-100,00%	4 870 450	189,84%		
Sum salg til Europa	8 402 100	8 356 490	-0,54%	8 275 970	-1,50%		
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Kina	52 223 770	50 556 600	-3,19%	55 210 100	5,72%		
Russland	3 031 131	4 703 750	55,18%	0	-100%		
Sum salg til ROW	55 254 900	55 260 400	0,01%	55 210 100	-0,08%		
Sum tilbudt kvantum	63 657 000	63 616 900	-0,06%	63 486 000	-0,27%		
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>	<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>	
Norge	2 318 257	2 341 047	0,98%	1 992 881	-14,04%		
EU	19 882 737	20 153 196	1,36%	14 414 274	-27,50%		
Kina	476 782 771	476 012 163	-0,16%	483 088 375	1,32%		
Russland	20 730 822	20 696 500	-0,17%	21 429 980	3,37%		
Europeisk forbruk	65 166 175	56 136 156	-13,86%	37 837 135	-41,94%		
ROW forbruk	470 294 957	463 066 750	-1,54%	483 088 375	2,72%		
Sum Total	519 714 587	519 202 906	-0,10%	520 925 510	0,23%		

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 082 887 820	2 161 098 436	3,75%	1 930 941 489	-7,29%
EU	5 056 594 716	5 266 062 104	4,14%	3 953 286 243	-21,82%
Kina	87 304 178 085	87 292 149 236	-0,01%	88 818 696 274	1,73%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>3 630 137 004</i>	<i>6 329 293 298</i>		<i>0</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>83 674 041 082</i>	<i>80 962 855 938</i>		<i>88 818 696 274</i>	
Russland	7 548 947 038	7 532 726 363	-0,21%	8 415 407 033	11,48%
<i>hvoav salg til Europa</i>	<i>2 692 404 885</i>	<i>0</i>		<i>8 415 407 033</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>4 856 542 153</i>	<i>7 532 726 363</i>		<i>0</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 665 232 744	1 735 179 839	4,20%	1 622 298 455	-2,58%
EU	4 323 776 919	4 513 145 390	4,38%	3 568 133 402	-17,48%
Kina	73 886 219 522	73 917 263 605	0,04%	75 043 192 075	1,57%
Russland	6 417 455 463	6 404 960 436	-0,19%	7 206 298 215	12,29%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	417 655 076	425 918 597	1,98%	308 643 034	-26,10%
EU	732 817 797	752 916 714	2,74%	385 152 841	-47,44%
Kina	13 417 958 564	13 374 885 631	-0,32%	13 775 504 199	2,66%
Russland	1 131 491 576	1 127 765 926	-0,33%	1 209 108 817	6,86%

		Toggradersmålet - alles tot utslipp lik eller under 2,94 tonn	
		Scenario 2	
Referanse			
Variabler	Enhet	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>	
Europa	1 602	1 686	5,22%
ROW	1 602	1 613	0,65%
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>	
Norge	1 300 000	1 032 530	-20,57%
EU	3 155 990	2 002 430	-36,55%
Kina	2 265 690	3 032 627	33,85%
Russland	1 680 420	2 249 243	33,85%
Sum salg til Europa	8 402 100	8 316 820	-1,01%
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>	
Kina	52 223 770	52 617 543	0,75%
Russland	3 031 131	2 565 227	-15,37%
Sum salg til ROW	55 254 900	55 182 800	-0,13%
Sum tilbudt kvantum	63 657 000	63 499 600	-0,25%
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>	<i>tonn CO2</i>	
Norge	2 318 257	1 841 284	-20,57%
EU	19 882 737	5 887 144	-70,39%
Kina	476 782 771	163 611 500	-65,68%
Russland	20 730 822	14 154 542	-31,72%
Europeisk forbruk	65 166 175	23 257 126	-64,31%
ROW forbruk	470 294 957	162 237 344	-65,50%
Sum Total	519 714 587	185 494 470	-64,31%

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>	
Norge	2 082 887 820	1 740 670 050	-16,43%
EU	5 056 594 716	3 375 756 567	-33,24%
Kina	87 304 178 085	89 969 331 353	3,05%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>3 630 137 004</i>	<i>5 112 493 708</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>83 674 041 082</i>	<i>84 856 837 645</i>	
Russland	7 548 947 038	7 928 808 556	5,03%
<i>hvoav salg til Europa</i>	<i>2 692 404 885</i>	<i>3 791 841 195</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>4 856 542 153</i>	<i>4 136 967 362</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>	
Norge	1 665 232 744	1 477 199 844	-11,29%
EU	4 323 776 919	3 080 745 407	-28,75%
Kina	73 886 219 522	75 973 762 230	2,83%
Russland	6 417 455 463	6 747 354 889	5,14%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>	
Norge	417 655 076	263 470 206	-36,92%
EU	732 817 797	295 011 160	-59,74%
Kina	13 417 958 564	13 995 569 123	4,30%
Russland	1 131 491 576	1 181 453 667	4,42%

F. Resultater fra sensitivitetsanalyse - Lang sikt

			Lang sikt			
	Referanse	BAU	Scenario 1		Scenario 2	
Variabler	Enhet	LR	Enhet	% Endring	Enhet	% Endring
<i>Pris</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Europa	1 593	1 604	1 750	9,84%	2 076	30,26%
ROW	1 593	1 604	1 590	-0,22%	1 608	0,94%
<i>Salg til Europa</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Norge	1 404 700	1 318 540	1 448 250	3,10%	816 896	-41,85%
EU	4 230 240	2 925 110	4 376 700	3,46%	1 342 960	-68,25%
Kina	1 598 055	2 385 942	2 321 340	45,26%	0	-100%
Russland	1 185 247	1 769 608	0	-100,00%	5 514 390	365,25%
Sum salg til Europa	8 418 240	8 399 200	8 146 300	-3,23%	7 674 250	-8,84%
<i>Salg til ROW</i>	<i>tonn</i>		<i>tonn</i>		<i>tonn</i>	
Kina	51 920 957	52 278 408	50 811 900	-2,14%	55 179 800	6,28%
Russland	3 440 263	2 957 452	4 591 310	33,46%	0	-100%
Sum salg til ROW	55 361 200	55 235 800	55 403 200	0,08%	55 179 800	-0,33%
Sum tilbudt kvantum	63 779 400	63 635 000	63 549 500	-0,36%	62 854 000	-1,45%
<i>Utslipp</i>	<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>		<i>tonn CO2</i>	
Norge	2 504 966	2 351 319	2 582 627	3,10%	1 456 750	-41,85%
EU	12 436 906	8 599 823	12 867 498	3,46%	3 948 302	-68,25%
Kina	468 291 355	478 313 063	464 915 850	-0,72%	482 823 250	3,10%
Russland	20 352 244	20 799 064	20 201 764	-0,74%	24 263 316	19,22%
Totalt Europa	14 941 871	10 951 142	15 450 125	3,40%	5 405 052	-63,83%
Totalt ROW	488 643 599	499 112 127	485 117 614	-0,72%	507 086 566	3,77%
Europeisk forbruk	34 139 938	39 614 408	35 761 850	4,75%	29 668 368	-13,10%
ROW forbruk	469 445 532	470 448 860	464 805 889	-0,99%	482 823 250	2,85%
Sum Total	503 585 470	510 063 269	500 567 739	-0,60%	512 491 618	1,77%

<i>Inntekt</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	2 238 333 262	2 114 674 452	2 534 727 150	13,24%	1 695 598 351	-24,25%
EU	6 740 718 230	4 691 291 418	7 660 100 340	13,64%	2 787 528 354	-58,65%
Kina	85 280 404 862	87 670 684 530	84 853 730 268	-0,50%	88 754 501 108	4,07%
<i>hvorav salg til Europa</i>	<i>2 546 436 192</i>	<i>3 826 573 167</i>	<i>4 062 809 268</i>		<i>0</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>82 733 968 669</i>	<i>83 844 111 363</i>	<i>80 790 921 000</i>		<i>88 754 501 108</i>	
Russland	7 370 565 165	7 581 258 828	7 300 182 900	-0,95%	11 445 998 747	55,29%
<i>hvoav salg til Europa</i>	<i>1 888 644 213</i>	<i>2 838 097 923</i>	<i>0</i>		<i>11 445 998 747</i>	
<i>hvorav salg til ROW</i>	<i>5 481 920 952</i>	<i>4 743 160 905</i>	<i>7 300 182 900</i>		<i>0</i>	
<i>Kostnader</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	1 835 694 420	1 695 022 876	2 016 326 975	9,84%	1 530 685 108	-16,62%
EU	6 129 868 694	3 957 777 950	6 250 591 216	1,97%	2 654 839 918	-56,69%
Kina	72 335 603 808	74 166 571 051	72 093 446 587	-0,33%	74 994 451 559	3,68%
Russland	6 279 976 869	6 442 317 376	6 225 540 489	-0,87%	9 896 070 672	57,58%
<i>Dekningsbidrag</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>	<i>Euro</i>		<i>Euro</i>	
Norge	402 638 842	419 651 576	518 400 175	28,75%	164 913 243	-59,04%
EU	610 849 537	733 513 468	1 409 509 124	130,75%	132 688 436	-78,28%
Kina	12 944 801 054	13 504 113 479	12 760 283 681	-1,43%	13 760 049 549	6,30%
Russland	1 090 588 295	1 138 941 452	1 074 642 411	-1,46%	1 549 928 076	42,12%



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway