



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp
Fakultet for Handelshøyskolen

Klar-for-55: Luftfartens nye tiltak og dens effekter på Norges klimamål

Fit-for-55: Aviation's new policies and their effects
on Norway's climate goals

Magnus Tollefsen Formo og Karoline Husebæk
Vad

Økonomi- og administrasjon

Sammendrag

Denne masteroppgaven tar for seg de potensielle effektene av de nye tiltakene for luftfarten, lagt frem i Klar-for-55. Klimagassutslipp og reduksjonene av utslippene blir stadig omdiskutert, hvor EU-kommisjonen i juli 2021 kom frem med en omfattende tiltakspakke Klar-for-55. Reduksjon av klimagassutslipp i transportsektoren er en sentral del av det grønne skiftet, og mer bærekraftig luftfart vil være en viktig del av dette. Både innovasjon og utslippsreduksjon vil være viktig i en grønn fremtid, kanskje spesielt for luftfartssektoren. Klimatiltak som retter seg mot både teknologisk utvikling og utslippsreduksjon anses derfor som spesielt viktig dersom luftfartssektoren skal være levedyktig i lavutslippssamfunn.

I denne masteroppgaven skal vi forsøke å se på hvilke effekter, Klar-for-55 tiltakene for luftfarten kan ha for oppnåelsen av Norges klimamål. Oppgaven begynner med en gjennomgang av dagens situasjon, før det gis nødvendig bakgrunnsinformasjon for videre analyser og drøftelser. For å gi økt forståelse av analysen og dens resultater, vil vi også gå gjennom relevant teori og tidligere litteratur på fagfeltet.

Videre har vi analysert og diskutert funnene i lys av teori og litteratur. Vi har valgt å anvende en samfunnsøkonomisk modell, der vi har tatt utgangspunkt i fire ulike scenarier for å undersøke problemstillingen. Vi utfører analysen trinnvis, der vi tar for oss et scenario om gangen, før vi diskuterer effekten tiltakene vil på teknologisk utvikling.

Oppgaven har vist oss at samtlige tiltak som omhandler luftfarten bidrar til utslippsreduksjon og innovasjon. Tiltakene er imidlertid avhengig av både kortsiktig og langsiktig teknologisk utvikling, noe de er med å bidra til. Dette tyder på at implementeringen av tiltakene i Klar-for-55 er en gunstig strategi for å redusere luftfartens miljøpåvirkning og videre bidra til å oppfylle Norges klimamål. Som følge av dette konkluderer vi med at sektorene i Norge er avhengig av hverandre for at klimamålene skal oppnås.

Abstract

This master's thesis examines the potential effects of the new policies for aviation, presented in Fit-for-55. Greenhouse gas emissions and the reductions of emissions are constantly debated, with the European Commission in July 2021 coming up with a comprehensive package of policies Fit-for-55. Reduction of greenhouse gas emissions in sectors is a central part of the green shift, and more sustainable aviation will be important climate policies. Both innovation and emission reduction will be important in a green future, perhaps especially for the aviation sector. Climate policies aimed at both technological development and emission reduction are therefore considered particularly important if the aviation sector is to be viable in low-emission societies.

In this master's thesis, we will try to see what effects Fit-for-55 policies for aviation can have on the achievement of Norway's climate goals. The thesis begins with a review of the current situation, before providing the necessary background information for further analysis and discussions. In order to provide greater understanding of the analysis and its results, we will also go through relevant theory and previous literature in the field.

Furthermore, we have analyzed and discussed the findings in light of theory and literature. We have chosen to use an economic model, where we made four different scenarios to examine the issue. We carry out the analysis step by step, where we consider one scenario at a time, before discussing the effect the policies will have on technical development.

The master's thesis has shown us that all policies relating to aviation contribute to emission reduction and innovation. However, the policies are dependent on both short-term and long-term technological development, which they help to contribute to. This suggests that the implementation of the measures in Fit-for-55 is a favorable strategy for reducing aviation's environmental impact and further contributing to meeting Norway's climate goals. As a result, we conclude that the sectors in Norway are dependent on each other for the climate goals to be achieved.

Forord

Denne oppgaven markerer slutten for vår siviløkonomutdanning ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er et resultat av et selvstendig arbeid gjennom et halvt år. Vi har begge jobbet hardt og gjort en innsats i arbeidet med oppgaven, men også sørget for at vi begge hadde det bra under arbeidet og ellers i livet.

Vi vil rette en stor takk til Kine Josefine Aurland-Bredesen for god veiledning underveis. Vi vil si takk for gode råd, tilbakemeldinger og innspill gjennom perioden. Selv når vi var usikre, hjalp det godt med en diskusjon.

En takk vil vi også gi til NMBU generelt og våre andre forelesere for å ha gitt oss nye knagger med kunnskap vi kan ta med videre inn i arbeidslivet.

Takk til kjærestene våre Håkon og Oda Emilie for god støtte, omsorg og motivasjon denne våren mens vi har jobbet med oppgaven. Vi vil også rette en takk til våre foreldre for støtte og omsorg både rundt studiet, men også ellers i livet.

Til slutt vil vi takke hverandre for samarbeidet med oppgaven og gjennom studietiden.

Ås, 12.05.2023

Magnus Tollefsen Formo

Karoline Husebæk Vad

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Abstract	2
Forord.....	3
Figuroversikt	7
Tabelloversikt	8
Stikkordsliste.....	9
1. Introduksjon	10
1.1 Situasjon	10
1.1.1 Klimakrisen.....	10
1.1.2 Norges posisjon.....	11
1.1.3 EUs klimamål.....	11
1.1.4 EUs nye tiltakspakke: Klar-for-55	12
1.2 Problemstilling	13
1.3 Forskingsspørsmål.....	14
1.4 Avgrensning	14
1.5 Oppgavens struktur	15
2. Bakgrunn.....	15
2.1 Gjeldende klimamål	15
2.2 Luftfarten og dens tiltak i dag	17
2.2.1 Innenriks luftfart	18
2.2.2 Internasjonal luftfart.....	19
2.3 Klar-for-55	20
2.3.1 EØS-relevans	20
2.3.2 Tiltak for luftfarten	22
3. Teori.....	23
3.1 Kostnadseffektivitet	23
3.2 CO ₂ -prising.....	24
3.2.1 CO ₂ -avgift.....	24
3.2.2 Kvote marked.....	25
3.2.3 Pris eller kvantitet?	28
3.3 EU ETS	29
3.3.1 Flysektoren.....	29
3.3.2 MSR.....	30
3.3.3 Effekt på utslipp	31

3.4	Teknologisk utvikling	32
3.5	Overlappende tiltak	35
3.6	Sensitivitetsanalyse	38
3.7	Elastisitet	39
4.	Metode	40
4.1	Modellens struktur.....	40
4.1.1	Påvirkning på modellen	40
4.1.2	Forklaring av modellen	41
4.1.3	Modellens disposisjon.....	42
4.2	Scenarier.....	45
4.2.1	Scenario 0: BaU	45
4.2.2	Scenario 1: Minstesatser	46
4.2.3	Scenario 2: EU ETS	46
4.2.4	Scenario 3: ReFuelEU Aviation.....	46
4.2.5	Scenario 4: Overlappende tiltak.....	47
5.	Data.....	47
5.1	Datainnsamling.....	47
5.2	BaU.....	48
5.3	Minstesats.....	51
5.4	EU ETS	52
5.5	ReFuelEU Aviation	52
5.6	Elastisitet	53
6.	Analyse og resultater.....	54
6.1	Scenarier.....	54
6.1.1	Scenario 0: BaU	54
6.1.2	Scenario 1: Minstesatser	56
6.1.3	Scenario 2: EU ETS	56
6.1.4	Scenario 3: ReFuelEU Aviation.....	57
6.1.5	Scenario 4: Overlappende tiltak.....	58
6.2	Insentiver for teknologisk utvikling	59
6.3	Sensitivitetsanalyse	61
7.	Diskusjon	64
8.	Konklusjon.....	76
8.1	Forslag til videre forskning	77
9	Referanser	79

Vedlegg	86
Vedlegg 1 – Grunnleggende mikroøkonomi.....	86
Vedlegg 2 – Beregninger for Scenario 0: BaU	87
Vedlegg 3 – Beregninger for Scenario 1: Minstesats	88
Vedlegg 4 – Beregninger for Scenario 2: EU ETS	90
Vedlegg 5 – Beregninger for Scenario 3: ReFuelEU Aviation.....	90
Vedlegg 6 – Beregninger for Scenario 4: Overlappende tiltak.....	91
Vedlegg 7 – Beregninger for sensitivitetsanalyse.....	92
Vedlegg 8 – Beregninger for diskusjon	94

Figuroversikt

Figur 1: Økonomisk modell hvor selskapene har flat skatt	24
Figur 2: Kvotemarked	25
Figur 3: Økning av karbonpris	25
Figur 4: Kvotepris ved auksjonering av kvoter	27
Figur 5: Pris ved allokering av myndighetene	28
Figur 6: Årlig utslipp og gratiskvoter i Norsk luftfartssektor. (EEA. 2022b).....	30
Figur 7: Markedsutvikling og teknologiutvikling. (Enova, 2021, Figur 3.14)	34
Figur 8: Effekten av introduksjon av støtte til grønn energi	36
Figur 9: Utslipp fra transport (Særskilt vedlegg til Prop. 1 S (2022-2023), figur 4.6 på s. 63)	48
Figur 10: Prisen i EUs kvotesystem (Meld. St. 10 (2022-2023), Figur 7.3 s. 86).	49
Figur 11: Utslipp fra norsk luftfart (Meld. St. 10 (2022-2023), Figur 7.1 s. 81).....	50
Figur 12: Scenarioene i en sensitivitetsanalyse	64

Tabelloversikt

Tabell 1: Minstesatsen over 10-års perioden og endelige minstesats	51
Tabell 2: Prisestimat EU ETS kvoter 2025 - 2030. (Kopernikus-Projekt Ariadne Postdam-Institut für Klimafolgenforschung, 2022).	52
Tabell 3: Prosent mengde bærekraftig drivstoff i lufttransport. Kilde: EASA, 2022	53
Tabell 4: Prisestimat SAF og syntetisk drivstoff. Kilde: IATA, 2022. Fit for 55: Assessment of costs.	53
Tabell 5: Kvotepliktig-, ikke-kvotepiktig- og totale utslipp i 2019	54
Tabell 6: Forslag til BaU pris.....	55
Tabell 7: Prisen til BaU, P_{BaU}	55
Tabell 8: R for minstesatsen	56
Tabell 9: Beregnede utslippet til minstesats, Mt.....	56
Tabell 10: R EU ETS	57
Tabell 11: Beregning av U, scenario 2.....	57
Tabell 12: R Refuel	57
Tabell 13: Utslipp refuel, Mt	58
Tabell 14: Beregning for R^{pris} , overlappende tiltak	58
Tabell 15: Beregnet utslipp til overlappende tiltak, Mt	58
Tabell 16: Sensitivitetsanalyse, E	61
Tabell 17: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på R.....	62
Tabell 18: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på U^M i Mt.....	62
Tabell 19: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på $U^{EU ETS}$ i Mt	62
Tabell 20: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på U^{RF} i Mt.....	63
Tabell 21: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på U^O i Mt.....	63

Stikkordsliste

BaU –	Business as usual
EEA –	Europeisk økonomisk område (EØS)
EU –	Den europeiske union
EU ETS –	EUs kvotehandelssystem/EUs kvotehandel
FoU –	Forskning og utvikling
IPCC –	FNs klimapanel
LbD –	Learning by doing
MRK –	Marginal rensekostnad
ReFuel –	ReFuelEU Aviation
SAF –	Sustainable aviation fuel
Utslipp –	Klimagassutslipp

1. Introduksjon

1.1 Situasjon

1.1.1 Klimakrisen

Klimakrisen kan bli definert som en situasjon der menneskeskapt global oppvarming fører til potensielt katastrofale konsekvenser for jordens beboere. Begrepet global oppvarming refererer til den økende gjennomsnitts temperaturen på jorden, dette kan ha store konsekvenser på blant annet landbruk, dyrebestand og vannstand. Klimakrisen er et uttrykk som ofte blir brukt i sammenheng med ekstrem vær, utryddelse av dyrearter og tap av kystlinjer. Konsekvensene av global oppvarming blir ofte kalt klimaendringer, siden det skjer endringer i klimaet. Disse konsekvensene har de siste ti årene vært i økende trend, noe som ser ut til å fortsette. Dermed vil det være viktig å bruke kunnskapen rundt klimaendringene og global oppvarming for å forutse konsekvensene ved hjelp av FNs klimapanel, forkortet IPCC (Miljødirektoratet, u.å. a). I IPCC samles rapporter fra mer enn 195 land hvor fokuset er på faglig grunnlag om klimaendringer og at disse skal være relevante for å kunne utforme politiske tiltak.

Effektene og de mulige konsekvensene har gitt et større fokus på å føre klimapolitikk og innføre tiltak rettet mot klima, siden jorden og klimaet sees på som en global ressurs. Dette er fordi klimaendringene og den globale oppvarmingen ikke ser landegrenser. Med en slik synsvinkel, vil det være viktig at det blir inngått internasjonale klimaavtaler for å prøve å redusere utslippene og stoppe klimaendringene fra å eskalere. Samarbeid internasjonalt kan være utfordrende på grunn av gratispassasjerproblemet, hvor noen land ikke reduserer sine utslipp og fører dermed til at andre land heller ikke vil redusere noe (Cappelen, 2019). Siden landene har blitt enige om samarbeid, regnes det med at de har blitt enige om ikke å være en gratispassasjer. Den primære internasjonale klimaavtalen er Parisavtalen, hvor målet er å redusere klimagassutslippene for å begrense at temperaturen på jorden stiger med over 2 grader. Avtalen går ut på at alle landene som har signert skal melde inn sine nye eller oppdaterte utslippsmål hvert femte år til FN og helst holde temperaturen under 1,5 grader (FN, 2020). Det fremkommer også at disse målene skal være mer ambisiøse enn tidligere mål og aldri mindre. Utvidelsene vil kreve at planleggingen og implementeringen blir gjort nøye for å forhindre uønskede effekter.

1.1.2 Norges posisjon

Norge har selvstendig forpliktet seg til Parisavtalen og omhandler at Norge setter sine egne mål og utslipp (FN, 2020). I 2022 kom regjeringen ut med et forsterket mål fra 2020 om å redusere utslippene med minst 55 % innen 2030 sammenlignet med utslippsnivåene i 1990 (Regjeringen, 2022). Nasjonalt skal regjeringen hvert år gi status om hvordan Norge ligger an i forhold til sine utslippsmål til Stortinget, mens når det gjelder Parisavtalen skal Norge hvert år gi et utslippsregnskap og hvert fjerde år gi en omfattende rapport om klimapolitikken som legges frem for FN (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 200). Norge må rapportere utslippsregnskap årlig til ESA, EØS-overvåkningsorgan og mer omfattende rapport for tiltak og virkemidler annen hvert år, mens for samarbeidet med EU vil det bli gjennomført revisjoner av utslippsregnskap i 2027 og 2032 (Meld. St. 13 (2020.2021), s. 201).

Gjennom EØS-avtalen Norge undertegnet i 1994 er landet tilknyttet lovgivningen i EU (Utenriksdepartementet, 2021a). Avtalen sørger for at nordmenn og næringslivet i Norge får samme rettigheter og plikter på linje med andre borgere og næringsliv i andre EU-/EØS-land, for eksempel rundt bank- og forsikring og rett til å studere, bo og jobbe i landene (Utenriksdepartementet, 2021a). Ved å skape et marked bestående av EØS og EU-land, vil minske og forhindre at det oppstår hindringer for handel og flytting, men også å skape felles regler for alle land når det gjelder fritt varebytte og fri bevegelse av kapital og investeringer.

Parisavtalen er frivillig, hvilket betyr at Norge kan selv bestemme hvor mye de vil redusere sine klimagassutslipp med (Blaker, 2021). Det kommer frem at Norge har inngått et samarbeid med EU for å redusere sine utslipp av klimagasser, da den er mer forpliktende enn Parisavtalen. I samarbeidet med EU har Norge forpliktet seg til å være en del av EUs regelverk for klima fra 2021 til 2030 og alt gjennom dette, for eksempel utslippsbudsjett og reduksjoner blir rettslig bindende, overvåket og håndholdt av ESA-/EFTA domstolen (Særskilt vedlegg til Prop. 1 S (2022-2023), s. 54).

1.1.3 EUs klimamål

EUs klimamål har blitt forsterket til at utslippene skal kuttes med minst 55 % innen 2030 i forhold til utslippsnivåene i 1990 (Klima- og miljødepartementet, 2021). Forsterkelsen i klimamålene, har ført til at EU nå er i arbeid med å forsterke sitt klimaregelverk i og med at regelverket er pilarer for at EUs mål skal kunne bli oppfylt. Den 27. april 2023 kom det en oppdatering om at EU nesten har kommet i mål med å vedta alle de nye tiltakene hvilket skal

hjelp mot å nå sitt forsterkede klimamål på minst 55 % utslippsreduksjon innen 2030 i forhold til utslippsnivåene i 1990 (Ask, 2023).

Det fremkommer at EUs klimaregelverk består av tre søyler, hvor to av søylene er relevante for luftfarten. Under blir de relevante søylene lagt frem og er følgende mens oppgaven skrives (Særlig vedtak til Prop. 1 S (2022-2023), s. 55):

1. Innsatsfordeling
2. Klimakvotesystem

Søyle 1 omhandler utslipp som er ikke-kvotepliktige og her vil den ikke-kvotepliktige delen av luftfarten være av interesse for vår oppgave. EU-kommisjonen har kommet med et forslag til å øke utslippsreduksjonen fra 30 % til 40 % fra 2005 til 2030 (Særlig vedtak til Prop. 1 S (2022-2023), s. 55). Den andre søylen tar for seg det kvotepliktige utslippet og er området hvor luftfarten har mest utslipp. Forslaget går ut på å øke utslippsreduksjonen fra 43 % til 61 % fra 2005 til 2030 (Særlig vedtak til Prop. 1 S (2022-2023), s. 56-57). Fra oppdateringen den 27. april 2023 vises det til en enighet og dermed vedtagelse på 62 % utslippsreduksjon i stedet for 61 % (Ask, 2023).

Det fremkommer at EU-kommisjonen i 2021 la frem et forslag til å forsterke klimaregelverket og forventer at dette blir vedtatt i 2023 (Særlig vedtak til Prop. 1 S (2022-2023), s. 54). Hvilket stemmer overens med at allerede nå i april har EU begynt å vedta store deler av det forsterkede klimaregelverket inn i sin lovgivning (Ask, 2023). Når det forsterkede klimaregelverket blir vedtatt, føre det til at Norge må ha en samtale med EU om hvilke av de nye tiltakene i regelverket som vil bli gjeldende for Norge (Særlig vedtak til Prop. 1 S (2022-2023), s. 54). Dette betyr at tiltakene som har blitt vedtatt i EU sin lovgivning, nå vil komme til diskusjon og finne ut hvordan de skal bli implementert inn i EØS-avtalen. Her er det mulighet for at det blir tilpasninger slik at de vedtatte tiltakene skal passe inn i EØS-avtalen. Disse tilpasningene ser ut til å gjelde justeringer av direktivene hvilket allerede er en del av EØS-avtalen (Ask, 2023).

1.1.4 EUs nye tiltakspakke: Klar-for-55

I juni 2021 kom EU kommisjonen ut med tiltakspakken Klar-for-55, hvor det ble introdusert strengere krav ved å øke hvor mye utslippsreduksjonene skal være frem mot 2030 (Kristensen & Thune-Larsen, 2022, s. 2). Gjennom EU sin «European Green Deal» fant EU

ut at målet mot 40 % reduksjon av utslipp ikke var realistisk mot at EU skulle være klimanøytral innen 2050 (European Council, 2022a). Dermed satte EU et nytt mål for 2030 på 55 % utslippsreduksjon og kom med tiltakspakken Klar-for-55 for å realisere det nye målet. I dette forslaget blir det lagt frem måter en kan oppdatere og revidere lovgivningen i EU, men gir også plass til nye initiativer for å kunne sørge for at tiltakene og politikken er i tråd med klimamålene som er satt (European Council, 2022b).

Tiltakspakken Klar-for-55 ble skapt for å få lovgivningen til EU på sporet til å nå de ambisiøse klimamålene satt for 2030 (European Council, 2022b). Denne pakken vil gjøre at klimamålene til å redusere utslippene med opptil 55 % blir juridisk forpliktene, og blir bindende for EU og medlemslandene ved hjelp av europeisk klimalov. Klar-for-55 har et sett med forslag til reviderte tiltak og lovgivninger innenfor energi-, klima- og transport, et utvalg av disse forslagene inkluderer (European Council, 2022a):

- Revisjon av EUs kvotehandelsystem (EU ETS) i form av utvidelser til sektorer, etablering for nye sektorer og endringer i eksisterende sektorer.
- Revisjon av innsatsfordelingsordningen om medlemsland for reduksjonsmål utenfor EUs kvotemarked.
- Bærekraftig drivstoff for luftfart- og maritimsektor.
- Revisjon av energiavgift direktivet.

Forslagene introdusert i Klar-for-55 er lagd for å gi et balansert rammeverk og en sammenheng mellom tiltakene og lovgivningen for alle sektorene inkludert i reduksjonen av klimagassutslipp (European Council, 2022b).

1.2 Problemstilling

Målet med oppgaven er å se nærmere på effektene for klimamål og konsekvensene ved å iverksette strengere og nye tiltak for luftfarten. Her vil vi undersøke de nye tiltakene i Klar-for-55, vurdere virkningene på klimamålene fra luftfarten og ta hensyn til eventuelle overlappende tiltak. For å gjøre dette, vil vi se på fire scenarier for å vurdere påvirkningen i Norge og hvordan det kan se ut i fremtiden, med tanke på CO₂-prising og utslippsreduksjon. Det vil også være søkelys på hvordan de tre tiltakene kan påvirke hverandre. Dermed er problemstillingen vi vil fokusere og svare på:

Hvilke effekter vil EU sine tiltak som omhandler luftfarten i Klar-for-55 ha på Norges klimamål og hvilke konsekvenser kan det ha på klimamålene?

1.3 Forskingsspørsmål

Ut ifra problemstillingen vi har valgt, kom vi opp med fire forskningsspørsmål, hvor vi skal se nærmere på de utvalgte tiltakene av interesse i Klar-for-55 som omhandler luftfart:

1. Vil minstesatsen i det reviderte skattesatsen for luftfart i Klar-for-55 føre til innovasjon og utslippsreduksjon?
2. I hvilken grad vil endringene for luftfart i EU ETS under Klar-for-55 føre til innovasjon og utslippsreduksjon?
3. Vil ReFuelEU Aviation ha en effekt på innovasjon og utslippsreduksjon?
4. I hvilken grad vil de utvalgte tiltakene overlappe hverandre, og hvilke konsekvenser kan dette føre til?

1.4 Avgrensning

I denne oppgaven går vi ut ifra kommisjonens forslag til Klar-for-55 som kom ut juni 2021. Vi har avgrenset til å se på de forskjellige effektene på luftfart hvilket blir introdusert i Klar-for-55 og hvilke konsekvenser de vil ha. De tiltakene vi har valgt å se på er revidert skattesats, endringene av behandlingen av luftfart i EU ETS og ReFuelEU Aviation.

Vi har valgt å se på de fremtidige effektene av de nye tiltakene og hvordan disse kan påvirke Norge med å nå sine klimamål. Vi tenker oss at vi ser på et fremtidig perspektiv til senest 2050, siden Norge har som mål om å være et lavutslippssamfunn og EU ser for seg å være klimanøytral innen 2050. En forskjell mellom disse målene er at Norge ikke ser for seg og være netto-null i 2050, hvilket EU har. Som nevnt vil vi se på påvirkningen på Norges klimamål og hvilke effekter dette påvirker Norge i oppgaven.

Det fremtidige utslippet fra flysektoren avhenger i stor grad av utviklingen og produksjonen av mer bærekraftig drivstoff, for eksempel syntetisk drivstoff. Vi har ikke nok kunnskap til å gå i dybden på det tekniske rundt dette og avgrenser oss derfor til kun å se på økonomisk teori. Vi vil fortsatt se på biodrivstoff, men vil foreta et mer økonomisk perspektiv i stedet.

Når det gjelder utslipp har vi avgrenset oss til å kun på CO₂-utslipp, da dette er det eneste utslippet som kommer fra luftfarten. Det er også fordi vi ser på CO₂-avgift og kvotemarkedet, med kvote per tonn CO₂.

1.5 Oppgavens struktur

Masteroppgaven inneholder 8 kapitler. *Kapittel 1* gir en introduksjon til oppgaven om situasjonen, Norges posisjon, formålet med oppgaven, forskningsspørsmål, avgrensninger og strukturen til oppgaven. *Kapittel 2* omhandler bakgrunn til luftfarten, dagens tiltak i Norge og hvilke tiltak som blir presentert i Klar-for-55. I *kapittel 3* representeres relevant teori og litteratur for de relevante tiltakene. Teorien og litteraturen blir benyttet til diskusjon og kanskje analyse senere i oppgaven. I *kapittel 4* forklares valget av metode, ulike scenarioer for tiltakene. Hvordan vi har samlet inn data og hvilken data vi har brukt blir presentert i *kapittel 5*. Analyse av scenarioene og resultatene vi har fått vil bli presentert i *kapittel 6* og diskutert i *kapittel 7*. *Kapittel 7* vil også inkludere begrunnelser og refleksjoner i sammenheng med teorien og litteraturen som har blitt gjennomgått. *Kapittel 8* inneholder konklusjon, påpeker svakheter ved oppgaven og forslag til videre forskning.

2. Bakgrunn

2.1 Gjeldende klimamål

Regjeringen i Norge har lagd flere klimamål, hvor hvert mål blir regelmessig oppdatert for å komme med videre informasjon på status og utvikling til målene. Et av målene er allerede oppnådd og flere er ikke relevante for luftfarten. Nedenfor vises klimamålene med relevans for luftfarten og definert av regjeringen (Særskilt vedlegg til Prop. 1 S (2022-2023), s. 53-60) og følgende klimamål gjelder mens oppgaven blir skrevet:

1. Norge har forsterket sin utslippsreduksjon under Parisavtalen til å redusere utslippene av klimagasser med minst 55 % innen 2030 sammenlignet med nivået i 1990 (Regjeringen, 2022).
2. Norge skal være klimanøytral i 2030.
3. Norge har lovfestet et mål om å bli et lavutslippssamfunn i 2050.
4. Norge har forpliktet seg til samarbeid med EU om å redusere utslippene av klimagasser under Parisavtalen med minst 40 % innen 2030 sammenlignet med nivået i 1990.
5. Norge har satt et omstillingsmål om å kutte norske utslipp med 55 % i 2030 sammenlignet med 1990.

Ut ifra klimamålene vist over, virker det som Norge har satt klimamålene til å være rundt internasjonale avtaler hvor Norge er med i, for eksempel Parisavtalen. Virker også som samtlige av målene kommer overens i forhold til samarbeidet Norge har med EU for å nå sine klimamål. Grunnet undertegnelsen av Parisavtalen i 2015, satt Norge et klimamål på å redusere sine klimagassutslipp med 40 % innen 2030 i forhold til 1990 (Drivkraft, u.å.). Som tidligere nevnt, må disse oppdateres og justeres hvert femte år. Siden det er fem år siden Norge satte sine mål, kom de i 2020 ut med forsterkede klimamål: til minst 50 % og opp mot 55 % reduksjon i sine utslipp innen 2030 i forhold til 1990 (Miljøstatus, 2022a). Tidligere nevnte vi at Norge i 2022 forsterket klimamålet sitt, til minst 55 % utslippsreduksjon. Forsterkelsen av utslippsreduksjonene kommer frem i Norges klimamål 1.

Klimamål 2 baserer seg på at Stortinget vil fremskynde at Norge skal være klimanøytralt i 2030 i stedet for 2050 på bakgrunn av Parisavtalen (NTB, 2016). Her kommer det frem hva Stortinget legger i betydningen av å være klimanøytral; alle utslipp i Norge skal nulles ut gjennom at andre land har følgelig store utslippsreduksjoner. Å være klimanøytral for Norge vil være knyttet mot hvordan norsk regulering er i andre land, men også med tanke på de internasjonale samarbeidene mot å redusere sine klimagassutslipp, for eksempel EUs kvotemarked (Miljøstatus, 2022b). Norges klimanøytralitet i 2030 er annerledes enn for EU i 2050, siden Norge gjør det mulig å kjøpe kvoter for å offset mangel på reduksjon i utslipp innenlands ved å betale land i EU (NTB, 2016). Klimamål 3 om å bli et lavutslippssamfunn omhandler at utslippene skal reduseres med 90-95 % i 2050 (Klima- og miljødepartementet, 2021). Det langsiktige perspektivet til 2050 er for å legge til rette for at Norge har muligheten til å kunne omstille seg og bli mer miljø- og klimavennlig (Miljøstatus, 2022c). Klimamål 4 omhandler at Norge har forpliktet seg til EUs klimaregelverk fra 2021-2030, hvilket har blitt tidligere nevnt i EUs klimamål. I klimamål 5 vil regjeringen legge til rette for at Norge skal kunne bli et lavutslippssamfunn i 2050. Det fremkommer at omstillingsmålet gjelder for hele nasjonen, både ikke-kvotepliktig og kvotepliktig sektor, slik at næringslivet har mulighet til å omstille seg (Særskilt vedlegg til Prop. 1 S (2022-2023), s. 59-60).

Strukturen til Norges klimamål har gjort det mulig å kunne inngå samarbeid med andre land. Denne strukturen kan sees i klimamål 2, 3 og 4, hvor samarbeid vil være essensielt. Dermed vil det være viktig å inkludere Norges klimaregulering gjennom EUs kvotemarked i vurderingen, siden dette blir gått igjennom i klimamål 2 og spesielt 4. Pågående så har Norge både et samarbeid med EU for å forsterke sine klimamål, men også gjennom EØS-avtalen (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 13). Grunnet EØS-avtalen har Norge tilgang til EUs

kvotemarked for kvotepliktig utslipp, mens for ikke-kvotepliktig utslipp har Norge muligheten til å sette sine egne mål. I samarbeidet med EU har ikke Norge selv satt målene, men EU hvor utslippsreduksjonen skal forsterkes til 40 % i 2030 sammenlignet med 2005 (Særlig vedtak til Prop. 1 S (2022-2023), s. 55). Ut ifra det som har blitt nevnt tidligere rundt strukturen til målene, ser det ut til at Norge har inkludert reguleringer fra EUs kvotemarked i sine mål, og omvendt hvor EU har inkludert Norges reguleringer i de samlede målene for EUs kvotemarked. Samarbeidet med EU ble inngått i 2019, hvor det som nevnt tidligere er fokus på målene som ble inngått i Parisavtalen for å redusere klimautslippene (Regjeringen, 2021). På grunn av forslaget Klar-for-55 tiltakspakken, må Norge oppdatere sin samarbeidsavtale med EU (Regjeringen, 2021). Dette fordi EU har endret sitt regelverk og dermed må Norge selv endre sitt eget regelverk hvis samarbeidet fortsetter.

Den norske klimapolitikken bygger på at det er forurenseren som skal betale for sine utslipp, siden dette blir sett på for å oppnå best mulig effekt og at målene skal nås (Klima- og miljødepartementet, 2021). Når det gjelder klimapolitikk har Regjeringen utredet en klimaplan for 2021-2030, hvor det blir beskrevet hvilke typer politikk som skal bli brukt for å nå klimamålene som er satt (Klima- og miljødepartementet, 2021). I planen blir det gått igjennom hvilke virkemidler som skal benyttes for å redusere utslippene, for eksempel avgifter og investeringer. Til slutt, nevner også regjeringen at EUs nye tiltakspakke Klar-for-55 kan ha stor betydning for Norge og tiltakene som blir brukt. Dette tilsier at både tiltakene og målene Norge har satt, inkludert klimaplanen kanskje må endres i fremtiden (Regjeringen, 2021). Høsten 2022 publiserte regjeringen en oppdatert klimaplan for utslippsreduksjonene til Norge (Særlig vedtak til Prop. 1 S (2022-2023)).

2.2 Luftfarten og dens tiltak i dag

Luftfarten er en essensiell del av transporttilbudet grunnet forbindelsen mellom Norge og resten av verden på både korte og lange distanser uten at det skal ta for lang tid. Luftfarten er også viktig for å samle Norge og innenlands transport, siden vi ikke har tog til de nordligste områdene. Tidsbesparelsen og muligheten til å reise lengre distanser til andre land gjør luftfarten attraktiv. Dette gjør at denne sektoren ikke har den samme muligheten til å kunne velge et substitutt, siden sektoren ikke har en nær likhet i forhold til det bilister har med kollektivtilbudet.

I 2021 stod luftfarten for over 2 % av CO₂-utslippene globalt og er transportsektoren hvilket har hatt raskest vekst de siste tiårene (IEA, 2022). Selv med den raske veksten har ikke luftfartssektoren hatt mye teknologisk utvikling sammenlignet med bilsektoren. Både den teknologiske utviklingen og innovasjon mot nullutslippsteknologi kan bli forsterket og hjulpet i gang med forskjellige tiltak. Et eksempel på mulighet til å forsterke innovasjonen er samarbeidet mellom Avinor, Norsk Industri, Luftfartstilsynet og SINTEF for å etablere et grønt luftfartsprogram (Luftfartstilsynet, 2022).

I regjeringens klimaplan for 2021-2030 blir det lagt fram tiltak for å styrke den norske klimapolitikken for luftfarten (Samferdselsdepartementet, 2021). Dette er tiltak regjeringen ønsker å kunne bruke i luftfarten for å redusere utslippene. Som nevnt tidligere er fokuset i oppgaven vår på tiltakene for luftfarten i Klar-for-55, og dermed vil vi se på tiltakene som er i bruk per dags dato.

I tillegg har Regjeringen utarbeidet en ny luftfartsstrategi for å kunne få en mer bærekraftig luftfart i Norge (Samferdselsdepartementet, 2022). Strategien inneholder noen punkter som virker av interesse for vår vinkling i oppgaven, for eksempel lavutslippsfly og bærekraftig drivstoff. Luftfartsstrategien ble godkjent og publisert som en stortingsmelding 23. januar 2023 (Meld. St. 10 (2022-2023)).

Luftfarten har både kvotepliktig og ikke-kvotepliktige utslipp, men det meste av utslippet er kvotepliktig og har vært slik siden 2012 (Meld. St. 13 (2020-2021), s.170). Tiltakene Norge har i dag for luftfarten er delt opp i innenriks- og internasjonal luftfart (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 170).

2.2.1 Innenriks luftfart

De tiltakene som blir brukt innenriks er CO₂-avgift og EU ETS (kvotepris), flypassasjeravgift, omsetningskrav på biodrivstoff og tilskudd fra ENOVA (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 170). De to største tiltakene som omfatter hoveddelen av utslippene fra innenriks luftfart er CO₂-avgiften og EUs kvotepris. Med CO₂-avgiften vil Norge prøve å sette en pris på hvor mye tonn CO₂ luftfarten slipper ut og må dermed betale denne prisen per tonn utslipp. Mens med EUs kvotepris vil EU sette et årlig maksantall på utslippskvoter som distribueres og kjøpes i markedet. Dette kan sees på en samlet karbonpris for utslipp fra luftfarten, hvilket inkluderer CO₂-avgift og kvotepris, i og med at kvotene også gir en karbonpris. Begge tiltakene er for å prøve og redusere utslipp fra luftfarten.

Avgiften på flypassasjerer ble skapt for å prøve og redusere etterspørselen etter flyreiser, ved å ha en avgift med en sats basert på hvor langt en person skal reise (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 170). I 2020 innførte Norge et omsetningskrav på biodrivstoff. Tanken bak dette kan være å gjøre drivstoffet til luftfart gradvis mer miljøvennlig- og bærekraftig.

Omsetningskravet for avansert biodrivstoff gjelder både den nasjonale- og internasjonale sivile luftfarten (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 87). Miljødirektoratet har kommet med et forslag om å øke omsetningskravet i 2023 til å bli samlet 1,25 %, hvilket er foreslått til å bli iverksatt 1. juli 2023 (Miljødirektoratet, 2023). Ved å ha tilskudd fra ENOVA til luftfart, håper Norge å fremme utviklingen og innføring av teknologi som skal være utslippsreducerende.

Tiltakene som har blitt tatt med videre til BaU-scenariet vil bli reflektert under scenariet og vil fortsatt holdes faste. Tiltaket om flypassasjeravgiften blir ikke inkludert videre siden det er i et bedriftsperspektiv, mens oppgaven ser på et nasjonalt perspektiv.

2.2.2 Internasjonal luftfart

Tiltak Norge bruker for internasjonal luftfart er EUs kvotemarked, men det blir også tatt hånd om via CORSIA i regi av ICAO, hvilket er med på den resterende internasjonale luftfarten for utslippsreduksjon (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 170). EU ETS ble nevnt under innenriks, men viktig å presisere at det gjelder internasjonal luftfart innenfor EU/ETS områdene.

Ved CORSIA ønsker man at internasjonal luftfart skal ha karbonnøytral vekst fra 2020, ved hjelp av forbedringer både teknologiske og rasjonelle, men også med mer bærekraftig drivstoff. ICAO har satt et referansenivå og som må kompenseres hvis landet skulle komme over det satte nivået med å kjøpe utslippskvoter fra andre sektorer (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 170).

Tiltakene i dag for innenriks luftfart vil bli gått igjennom i mer detalj senere i oppgaven under scenario 0. I og med at vi kun ser på de norske klimamålene, vil vi ikke ta med de internasjonale luftfartstiltakene videre i oppgaven når det gjelder scenario 0. Dette fordi vi ser på nasjonal luftfart i BaU og interessert i tiltakene på nasjonalt nivå.

2.3 Klar-for-55

2.3.1 EØS-relevans

Kommisjonens forslag til Klar-for-55 er mens oppgaven skrives i diskusjon hos Europarådet og parlamentet før det blir vedtatt i EU sine vedtak (Europalov, u.å. a). Når forslaget har blitt vedtatt i EU, vil dermed EØS-/EFTA vurdere hvilken relevans tiltakene i Klar-for-55 har for landene, før dette eventuelt blir vedtatt eller ikke i EØS-avtalen (Utenriksdepartementet, 2021b). Det kan dermed hende at flere tiltak i Klar-for-55 ikke vil være pålagt å innføre i Norge. Noe annet som også bestemmer om det vil være relevant for Norge, er om Norge går inn i en ny avtale om samarbeid med EU og om Norge fortsatt blir i EØS.

Ut ifra en rapport lagd av EØS sin rådgivende komité kommer det frem at 10 av 13 tiltak er markert som relevant for EØS-/EFTA av EU, mens de resterende tre er markert kanskje relevant for EØS-/EFTA (EEA, 2022a). EØS-avtalen omfatter ikke regler rundt avgifts- og skatteområde, og dermed vil ikke tiltakene, hvilket omhandler disse områdene, ikke være relevant for Norge (Finansdepartementet, 2021a). Tiltakene med relevans for luftfarten i tiltakspakken er reviderte skattesatser, ReFuelEU Aviation og reformering av EU ETS, hvor flere av de sees på som kanskje relevant eller ikke relevant grunnet at EØS-avtalen ikke omhandler dette. Under vil det bli diskutert om de kan være relevante og fortsatt inkludere selv om det viser seg ikke å være relevante.

Selv om avgift- og skatteområder ikke er tatt med i EØS-avtalen, kan det reviderte energiskattedirektivet som omhandler reviderte skattesatser være relevant for Norge siden retningslinjene til miljøstøtte fra ESAs vises til direktivet (Finansdepartementet, 2021a). Dermed kan direktivet danne et grunnlag for at støtte fra staten som sees på ulovlig kan bli sett på som forenlig støtte (Finansdepartementet, 2021a). Direktivet hvilket har tiltakene rundt reviderte skattesatser kan også være relevant i form av at satsene i Klar-for-55 på avgifter og skatter, og kan føre til en indirekte effekt på drivstoffet som selges i Norge. Tiltakene kan også ha en effekt rundt den forsterkede forpliktelsen til EU med utslippsreduksjoner på 55 % og reflektering av oppstramming i EUs politikk.

ReFuelEU ble sett på som relevant for EØS-/EFTA-landene av EU og vil dermed se på om Norge vil bli pålagt til å innføre direktivet i lovgivningen. Dette tiltaket vil også være relevant for Norge i og med at EU vil prøve å sørge for at det er like konkurransevilkår for luftfarten, og ved hjelp av dette føre til økt bruk av mer bærekraftig drivstoff (EØS-notatbasen, 2022).

En annen grunn til at tiltaket er relevant er fordi det vil være en viktig del for å kunne redusere klimagassutslippene fra luftfarten.

Når det gjelder EU ETS og CORSIA tiltaket har Europarådet- og parlamentet kommet til en beslutning 18. januar 2023 som nå er oppe i EØS-/EFTA for å vurdere relevansen (Europalov, u.å. b). Dette tiltaket ble sett på av EU som kanskje relevant for EØS-avtalen (EEA, 2022a). I og med at Norge har vært en del av EUs kvotemarked siden 2008, gjør dette det relevant og mest sannsynlig gir tiltaket en fordel fordi alle land og operatørene innad i landet vil forholde seg til samme regelverk og kan gjøre flyten av informasjon lettere (EØS-notatbasen, 2021a). Det fremkommer at forpliktelsene til CORSIA ikke vil ha betydning for virkeområdet til EØS-avtalen angående tredjelandsbestemmelser, men vil ikke vite med sikkerhet før EØS-/EFTA har fått gått igjennom beslutningen til Europarådet- og parlamentet. Reformeringen av EUs kvotemarked når det gjelder gratisvoter for luftfarten ble også sett på som kanskje relevant for EØS-avtalen av EU (EEA, 2022a). Siden luftfarten har vært en del av EUs kvotemarked siden 2012, vil den gradvise utfasingen av gratisvoter være relevant for Norge siden det kan ha betydning på hvor mange kvoter Norge får til utslipp fra luftfarten. Relevansen er derfor til stedet for at dette blir inngått i EØS-avtalen og Norge må legge til rette for tiltaket i lovgivningen (EØS-notatbasen, 2021b).

Alle forslagene til tiltak i Klar-for-55 ble som nevnt tidligere lagd for å sørge for at EU når sine klimamål med ny utslippsreduksjon på 55 %. Dermed vil det være lurt og til fordel for Norge å implementere tiltakene som omhandler luftfarten, da tiltakene kan bli bundet via EØS-avtalen. Det vil også ha betydning for Norge hvis de ønsker å fortsette og videreføre klimaavtalen med EU. Ved videreføring av samarbeidet med EU, vil ikke-kvotepliktige utslippet være pålagt. Når landene ser på relevansen for tiltakene i EØS-prosessen sees tiltakene på separat, men bør ta i betraktning at tiltakene kan påvirke hverandre og bør derfor sees i sammenheng (EØS-notatbasen, 2022). Eksempel er at hvis det blir gjort endringer på et av tiltakene, så kan dette føre til endringer i en eller flere andre tiltak.

Tiltakene som er gjennomgått ovenfor som omfatter luftfarten i Klar-for-55 bil bli sett på videre i oppgaven. Dette vil gjøres via scenarioer hvor vi vil se på resultater og diskusjon fra data og tidligere forskning, siden forskningsspørsmålene bygger på tiltakene.

2.3.2 Tiltak for luftfarten

Tiltakspakken Klar-for-55 kommer med mange forslag til forskjellige sektorer på hvordan de kan revideres og tilpasses det nye målet på minst 55 % klimautslippsreduksjon. Som tidligere nevnt er det tre områder av interesse og relevans i pakken; reviderte skattesatser, reformering av EU ETS og ReFuelEU Aviation (European Council, 2022b).

De reviderte skattesatsene ble lagd for å motivere landene til å få en overgang til grønn industri og renere energi (European Council, 2022c). Tanken bak dette er at de vil gi insentiver for å bytte til mer bærekraftig drivstoff og dermed vil drivstoffene som forurenses mest få den høyeste beskatningen. Revisjonen av skattesatsene har to hovedområder: hvor de vil endre strukturen til minstesatsen fra fokuset på volum til et fokus på reelt energiinnhold og at de vil inkludere grunnlaget for beskatning til flere produkter (European Council, 2022c). I forhold til relevans for vår oppgave, omhandler at EU vil beskatte flydrivstoff. Her vil EU sette en minstesats på drivstoff av parafin og tungolje, som gradvis vil øke i et tidsperspektiv på 10 år, mens for bærekraftig drivstoff vil satsen være 0 (European Council, 2022c).

I reformeringen av EUs kvotemarked vil EU endre på hvordan luftfarten blir behandlet i kvotemarkedet på to områder: gratiskvoter og CORSIA (European Council, 2022e). Dette ble diskutert mellom parlamentet og EU-rådet, hvor de 7. desember kom til enighet om en foreløpig avtale for redusering av utslipp fra luftfartssektoren (European Council, 2022e). Hovedtanken rundt gratiskvoter for utslipp er å gradvis fase ut og fjerne de innen 2026 (European Council, 2022e). Tallene for den gradvise reduksjonen vil komme frem inn under dataene for scenario 3, hvilket omhandler ReFuelEU Aviation. Ved å samkjøre med CORSIA, vil EU ETS gjelde for flyvninger mellom Europa, mens CORSIA vil gjelde utenfor Europa og til andre land med deltakelse i CORSIA i tidsrommet 2022-2027 (European Council, 2022e). CORSIA omhandler internasjonal luftfart ved å være en global ordning for å kompensere for CO₂-utslipp (European Council, 2022b). Denne samkjøringen kan bidra til å nå det ambisiøse målet om en klimanøytral verden.

ReFuelEU Aviation handler om tre områder for luftfarten; bærekraftig drivstoff, fly fra flyplasser i EU og infrastrukturen til flyplasser i EU (European Council, 2022d). EU vil gradvis øke hvor mye av drivstoffet som skal være bærekraftig, spesielt da drivstoff som er syntetisk. Flyplasser lokalisert i EU må kunne tilrettelegge for at det skal være mulig å levere det bærekraftige drivstoffet, men også muligheten til lagring og tanking (European Council,

2022d). Siste området er at fly som tar av fra flyplasser i EU kun skal fylle det nødvendige av drivstoff for turen, for å kunne sikre at man slipper utslipp som kommer av vekten ved at flyet har mer drivstoff enn nødvendig.

Nesten alle tiltakene nevnt over vil bli gjennomgått i mer detalj i kapittel 4, hvor vi legger frem forskjellige scenarioer som blir brukt videre i oppgaven. Delen av forslaget til EU ETS som omhandler CORSIA, vil ikke bli tatt med videre i oppgaven. Bakgrunnen for dette er at det ikke vil ha påvirkning på tiltaket til reformeringen av EUs kvotemarked med tanke på prisen, da den tar for seg land som deltar i CORSIA.

3. Teori

3.1 Kostnadseffektivitet

Kostnadseffektivitet er et sentralt begrep i klimadiskusjonen og handler om å oppnå et gitt mål til lavest mulig kostnad. Dette målet kan man eksempelvis finne ved hjelp av kostnytteanalyser der man veier opp kostnaden og nytten av å redusere klimaendringene for så å komme frem til et gunstig nivå av utslippsreduksjon. Kostnadseffektivitet-metoden anerkjenner derimot at beslutningstakerne har et mål de streber etter. I dag etterstreber de fleste land 1,5-gradersmålet (Kallbekken, 2019). Spørsmålet beslutningstakerne da står ovenfor er hvilken politisk fremgangsmåte som vil oppnå klimamålet til lavest mulig kostnad, tatt i betraktning praktiske begrensninger slik som internasjonal koordinering av tiltakene (Aldy et al., 2010). En rapport fra FNs klimapanel slår fast at den globale økonomiske gevinsten av å begrense globaloppvarming til under 2 grader er større enn kostnadene av klimatiltakene (Miljødirektoratet, 2022). Ved å innføre klimatiltak med en kostnad under 100 dollar per tonn CO₂, kan det globale klimagassutslippet halveres innen 2030 sammenlignet 2019-nivå (IPCC, 2022).

Matematisk vil den kostnadseffektive fremgangsmåten være der den marginale rensenkostnaden (MRK) er lik for alle utslippskilder. Dette kan veldig enkelt forklares ved at dersom selskapet med lavest MRK kutter utslippet med en enhet og selskapet med høyest MRK slipper ut en enhet mer med utslipp, vil totalt utslipp være uendret mens kostnaden er lavere, dette er sant helt frem til begge selskaperens MRK er lik, eller $MRK_1 = MRK_2$.

Markedsbaserte virkemidler blir ofte pekt på som det mest kostnadseffektive virkemiddelet for å redusere klimautslipp, eksempelvis kan dette være kvotemarked for utslipp eller CO₂-

avgift. Foruten at markedet tar på seg kostnaden av utslippsreduksjon vil også markedsbaserte virkemidler kunne gi positive eksternaliteter knyttet til FoU.

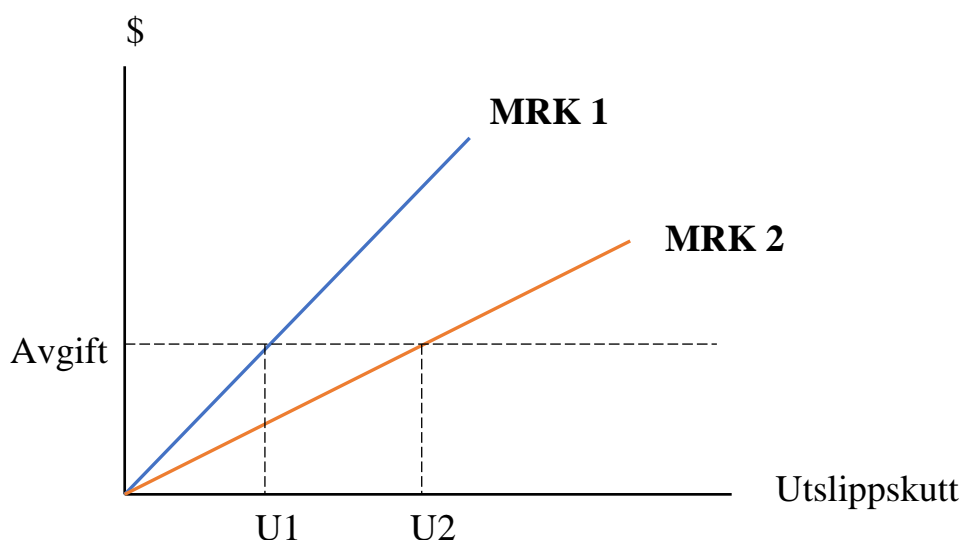
3.2 CO₂-prising

Prising av CO₂ er et markedsbasert virkemiddel hvor den eksterne kostnaden som følger av CO₂-utslipp blir fanget opp og knyttet til en pris hvilket kilden av utslippet betaler. Det er flere ulike metoder for å oppnå dette, men som regel brukes begrepet for å referere til enten CO₂-avgift eller kvotemarked.

3.2.1 CO₂-avgift

Avgifter og skatt (heretter brukt synonymt) er de mest vanlige økonomiske virkemidlene for å kontrollere utslipp (Perman et al., 2011, s. 201). Det er spesielt to måter dette virkemidlet vil ha en miljøeffekt. For det første vil selskapene som står bak utslippet ha intensiv til å endre produksjonsmetoder eller utvikle grønnere teknologi, referert til som teknologitilpasning. Videre vil grønnere produkter være mer konkurransedyktig for både forbrukeren og produsenten, det vil derfor være økt etterspørsel etter grønne inputs i produksjon og sluttprodukt for forbrukeren, noe som vil skape en atferdsendring.

Effekten av en avgift på utslipp illustreres i figur 1 med en økonomisk modell, hvor pris er på y-aksen og utslippsreduksjon på x-aksen.



Figur 1: Økonomisk modell hvor selskapene har flat skatt

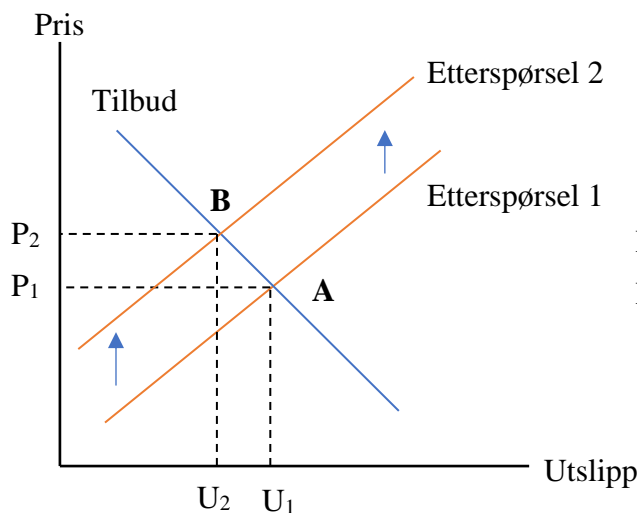
Den blå linjen illustrerer et selskap med høy marginal rensekostnad (MRK), det vil si det er dyrt for selskapet å kutte utslipp. Den oransje linjen illustrerer et selskap med lavere MRK,

selskapet opplever ikke like høye kostnader ved å redusere utslipp. Når man introduserer en flat avgift på utslippet for begge selskapene, vil begge selskapene kutte utslippet så lenge det er rimeligere å kutte utslipp enn å betale avgiften. Dette illustrerer et viktig poeng, når begge selskap kutter utslipp frem til $MRK = Avgift$ er den marginale utslippsreduksjonskostnaden lik for begge selskapene, det vil si, $MRK 1 = MRK 2$. Dette gir oss en kostnadseffektiv måte å redusere utslipp, så lenge markedet ikke plages av andre typer markedssvikt.

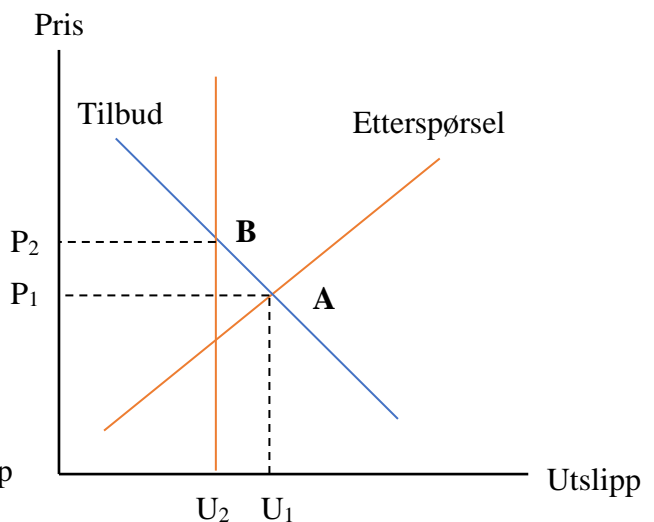
I eksempelet ovenfor er det ikke satt en grense på tillat utslipp. Dersom dette hadde vært tilfelle, ville ikke lengre avgift vært en kostnadseffektiv måte å redusere utslipp. Se vedlegg 1 for forklaring av dette.

3.2.2 Kvotemarked

Kvotemarked som et verktøy for utslippskontroll har blitt et viktig instrument for å redusere utslipp og brukes i dag i store deler av verden. I enkle økonomiske modeller vil utfallet av kvotemarked og utslippsavgift stort sett være det samme, hvis kvotepris = avgift. I en likevektsmodell kan vi illustrere hvordan markedet vil tilpasse seg til samme utslippsmengde i begge scenarioene.



Figur 3: Økning av karbonpris



Figur 2: Kvotemarked

I figur 3 illustreres et scenario der karbonprisen øker. Opprinnelig vil markedet tilpasse seg der karbonprisen er lik P_1 og utslippet lik U_1 . Når prisen øker, vil tilbuds-kurven flytte seg opp og mot venstre på etterspørselskurven. Dette skaper et nytt likevektspunkt som gir en pris lik P_2 og utslipp lik U_2 .

I figur 2 introduserer vi et kvotemarked og dermed en utslippsgrense, illustrert med en vertikal linje opp fra U_2 . Uavhengig av hvor høy prisen blir, vil tilbudet ligge stabilt på punkt B. Vi kan nå se at både økning av karbonpris og kvotemarked gir samme utfall i forhold til pris og antall. Når vi beveger oss fra punkt A til punkt B, vil prisen i begge tilfeller bevege seg til P_2 , samtidig er utslippet på U_2 i begge scenarioene.

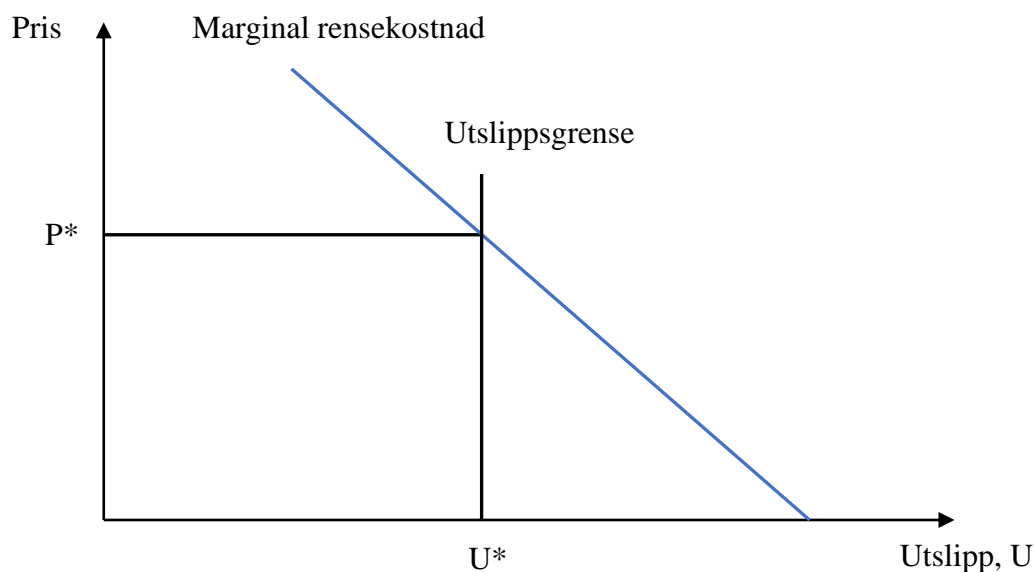
Det er derimot viktige forskjeller som det er verdt å bemerke seg. Et kvotesystem er basert på prinsippet om at økt utslipp et sted må kompenseres med tilsvarende reduksjon et annet sted. Selv om det er flere ulike typer kvotesystem er den desidert mest kjente og implementerte «cap-and-trade»-systemet.

Et «cap-and-trade»-system går i hovedsak ut på at det settes en grense på utslipp, et såkalt «cap». Det utstedes så utslippskvoter i en enhet av utslipp, som i sum tilsvarer grensen på tillatt utslipp. Disse kvotene kan myndighetene i oppstartsfasen allokere selv uten kostnad for deltakerne, eller auksjonere bort til høyest bydende. Deltakerne kan så kjøpe og selge kvoter seg imellom. Et viktig poeng er at systemer må være på plass for å overvåke den enkelte forurensers utslipp, samt tilstrekkelig straff ved overtredelse av tillatt utslipp.

Hvordan prisen på kvotene oppstår er avhengig av hvilken metode myndighetene velger for å utstede utslippskvotene. Likevektsprisen vil imidlertid være identisk i begge tilfeller (Perman et al., 2011, s. 203). Vi vil nå ved hjelp av enkle samfunnsøkonomiske modeller gå gjennom begge disse tilfellene for å forklare hvordan prisen på utslippskvoter oppstår i et «cap-and-trade»-system.

3.2.2.1 Auksjonering av kvoter

La oss se for oss at myndigheten allokere kvotene i et konkurransedyktig marked der selskapene byr på utslippskvoter. Dersom myndighetene skulle rangert budene fra høyest til lavest kan dette tolkes som en etterspørselskurve for utslippskvotene. Perman et al. (2011) påpeker at denne kurven vil være identisk med den aggregerte marginal nytten av utslipp, det vil si, en kurve som viser økt nytte ved en enhets økning i utslipp. Det vises ved at denne kurven kan speilvendes for å gi oss den marginale renssekostnaden, eller kostnaden ved å redusere utslippet med en enhet.



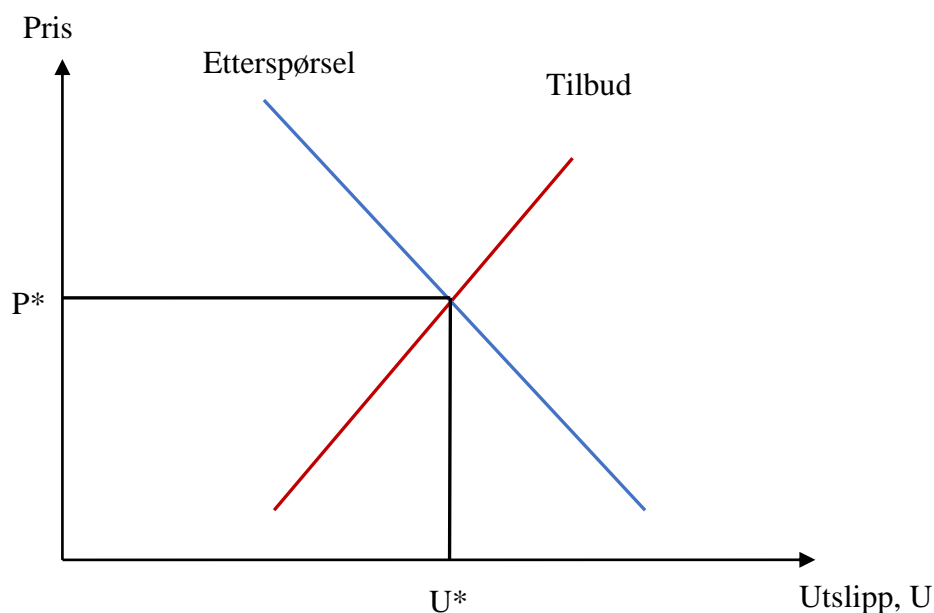
Figur 4: Kvotepris ved auksjonering av kvoter

Ettersom selskapene må kompensere for utslippet sitt ved å kjøpe utslippskvoter, må hvert individuelle selskap bestemme om de enten skal by på kvoter eller kutte utslippet sitt. For selskap der den marginale renskostnaden er høyere enn prisen på kvotene, det vil si, $MRK > P$ vil det lønne seg å kjøpe kvoter. Dersom $MRK < P$ vil det heller lønne seg å kutte utslippet da dette er billigere enn å kjøpe kvoter til markedspris. Vi kan dermed si at et rasjonelt og kostnadsminimerende selskap vil maksimalt by der deres individuelle $MRK = P$. Man kan illustrere markedstilbudet med en vertikal linje over utslippsgrensen, gitt ved U^* .

Krysningspunktet mellom utslippsgrensen og den aggregerte marginale renskostnaden (MRK) gir oss da likevektsprisen på utslippskvotene.

3.2.2.2 Myndighetene står for allokering

Vi kan nå se for oss at myndighetene selv står for allokeringen av kvoter, det vil si selskapene får tildelt kvoter uten at de trenger å betale. Etter allokeringen av kvoter står selskapene fritt til å velge om de ønsker å selge eller bruke de allokerte kvotene. Hva selskapene velger å gjøre avhenger igjen av selskapets individuelle MRK. Dersom selskapet har en marginal renskostnad der $MRK < P$ vil det lønne seg å selge kvotene, er $MRK > P$ vil de lønne seg å kjøpe flere kvoter. Vi ender da opp med en tilbud- og etterspørselskurve der likevektsprisen er krysningspunktet mellom tilbud og etterspørsel gitt en utslippsgrense bestemt av antall kvoter.



Figur 5: Pris ved allokering av myndighetene

3.2.3 Pris eller kvantitet?

I økonomisk litteratur har lenge fordelene og ulempene ved kvotemarked og CO₂-avgift vært diskutert. Vi har tidligere i oppgaven nevnt hvordan disse to kontrollmetodene i teorien gir samme utfall på utslippsnivået. En kjent økonomisk fagartikkel av Martin L. Weitzman (1974) påpeker derimot at i et regulert marked, vil usikkerhet rundt pris føre til viktige forskjeller mellom de to kontrollmetodene.

I Weitzman (1974) brukes en modell for netto sosialt overskudd for å sammenligne CO₂-avgift og kvotemarked. Dersom det ikke stilles usikkerhet rundt kostnader, vil som tidligere vist både kvotemarked og CO₂-avgift resultere i samme utfall. Figur 4 og 5 har vist hvordan enhver marginal rensekostnad har en likevektspris der $MRK = P$ og motsatt, dette gjelder for både kvotemarked og CO₂-avgift. Så lenge markedsagentene er kjent med prisen, vil de produsere til der $MRK = P$, uavhengig av om utslippet deres er regulert av CO₂-avgift eller kvotemarked. Siden dette bestemmer utslippsnivået, og dermed velferdsutfallet, vil begge kontrollmetoder gi samme utfall så lenge markedsagentene er kjent med kostnaden.

Ulikhetene oppstår når markedsagentene ikke er kjent med kostnaden. Om myndighetene innfører en CO₂-avgift vil de i praksis bestemme en fast MRK, det vil føre til et usikkert nivå av utslipp. Ved å introdusere et kvotemarked vil man derimot ha et fastbestemt utslippsnivå, men en usikker MRK. Weitzman (1974) mener derfor at prisinstrumentene, eller avgift, burde brukes når kurven for marginal nytte var flatest, mens kvantitetsinstrumentene, kvotemarked, burde brukes når kurven for MRK er lavest.

En litt nyere artikkel av Pizer (1997) konkluderer derimot at avgift er langt mer effektivt enn kvoter for å kontrollere klimagassutslipp. Pizer (1997) mener dette skyldes at klimagassutslipp allerede har en veldig flat kurve for marginal nytte, noe som delvis kan skyldes på en bratt kostnadskurve for de aller fleste "stock pollutants". Ifølge modellen til Pizer (1997) er nytten av en CO₂-avgift fem ganger høyere enn ved kvoter (\$337 milliarder mot \$69 milliarder i netto nytte). Pizer (1997) påpeker også at det er betydelig risiko involvert ved å feilbedømme antall utstedte kvoter, noe som kan føre til store velferdstap. Skatteinstrumentet gir imidlertid velferdsgevinst over et langt bredere verdiområde (Pizer, 1997).

3.3 EU ETS

EU sitt kvotemarked er verdens første kvotemarked av vesentlig størrelse og forblir i skrivende stund verdens største (European Commission, u.å. a.). Dette er et «cap-and-trade»-system der utslippsgrensen bestemmes av antall kvoter. De fleste kvotene blir i dag auksjonert bort, men noen blir fortsatt gitt ut gratis til konkurranseutsatt sektor (European Commission, u.å. a.). Systemet går i faser, der hver ny fase fører til nye markedsmekanismer, innstramminger og andre endringer som blir vedtatt. Antall kvoter og andelen gratiskvoter vil også gradvis strammes inn for å holde tritt med klimamålene (European Commission, u.å. a.). I første fase var det eksempelvis bare CO₂-utslipp som var dekket og kvotene var stort sett gitt ut gratis. I dag (fase 4) er systemet langt mer dekkende og antall kvoter som både gis gratis og auksjoner bort er kraftig redusert, samtidig er det introdusert mekanismer hvilket er ment til å stabilisere markedet ved økonomiske sjokk.

3.3.1 Flysektoren

Flysektoren ble først inkludert i EU ETS i 2012. Som følge av dette må alle flyselskaper som driver virksomhet i EU overvåke, rapportere og bekrefte utslippet for så å gi fra seg kvoter tilsvarende disse tallene (European Commission, u.å. d.). Dette gjelder både europeiske og ikke-europeiske selskaper.

I fase 3 (2013 – 2020) ble det årlig allokert ut 210 349 264 kvoter (pluss 116 524 kvoter fra og med 2014 etter at Kroatia ble medlem av EU) (European Commission, u.å. d.). Kvotene ble distribuert som følger:

- 82 % gratiskvoter
- 15 % auksjonert
- 3 % i reserve for distribuering til raskt voksende flyselskaper og nye selskaper

I Norge har flyselskapene fått tildelt rundt 50 % av kvotene gratis i perioden 2013 – 2020 (EEA, 2022b). Figur 6 illustrerer utslippet fra Norsk luftfartssektor samt antall gratiskvoter som er tildelt på en årlig basis. Oransje er utslippet mens rød er antall gratiskvoter. Slik vi kan se i figur 6, har Norge fått tildelt ca. 900 000 kvoter årlig siden 2013.



Figur 6: Årlig utslipp og gratiskvoter i Norsk luftfartssektor. (EEA, 2022b)

Gratiskvotene er allokert ut til luftfartsselskaper basert på aktivitetsdata målt i tonn-kilometer i perioden 2013-2023. Basert på dette får flyoperatørene tildelt 0,64 kvoter per 1 000 tonn-kilometer flydd (Miljødirektoratet, u.å. b.).

3.3.2 MSR

Et viktig element ved EU ETS er at det er tillat å spare på kvoter, men det er ikke tillat å bruke av fremtidige kvoter. Under finanskrisen i 2008 var EU ETS i sin andre fase og for mange ble det her tydelig at systemet manglet de nødvendige verktøyene for å håndtere tilbud- og etterspørselssjokk (Marcu et al., 2021). Økonomiske nedgangstider samt en rekke overlappende tiltak førte til en kraftig reduksjon i etterspørselen etter EU kvoter (Marcu et al., 2021). På tilbudssiden var utslippsgrensen og allokeringen av kvoter i stor grad basert på historisk klimagassutslipp. Dette førte til at langt flere kvoter ble utstedt enn hva markedet faktisk etterspurte (Marcu et al., 2021). I kombinasjon førte dette til at det bygde seg opp et stort overskudd av utslippskvoter og prisene kollapset (Marcu et al., 2021). EU introduserte

både kortsiktige og langsiktige tiltak for å øke prisene tilbake til tidligere nivå og unngå at lignende situasjoner skulle oppstå. På kort sikt utsatte EU auksjoneringen av 900 millioner kvoter frem til 2019-2020 (European Commission, u.å. a). Som en langsiktigløsning introduserte EU en markedsstabilitetsreserve (MSR) hvor tilbudet av kvoter skal være responsiv til etterspørselen i markedet. Ideen er at dersom antall kvoter spart overstiger en viss grense, vil deler av neste års kvoter bli plassert i MSR-systemet i stedet for markedet. Når MSR overstiger årlig auksjonerte kvoter vil alle kvotene over denne grensen bli permanent slettet (Gerlagh et al., 2021).

3.3.3 Effekt på utslipp

Nyere litteratur som ser på effekten av EU ETS på utslipp, tar hovedsakelig for seg en av tre analyser i) bedriftsøkonomiske effekter hos flyselskapene, ii) effekten på drivstoffpriser og iii) effekten på flyvningfrekvens, størrelse og/eller antall passasjerer.

Heiaas (2021) bruker flydrivstoff som proxy for å se om EU ETS har redusert utslipp i luftfartssektoren. Ved å bruke en syntetisk kontrollmetode, kan forfatteren bruke data på flydrivstoff-forbruk per innbygger i et gitt land og sammenligne dette med et scenario uten EU ETS. Resultatet viser en 10 % økning i flydrivstoff-forbruk sammenlignet med scenarioet uten EU ETS. Ettersom resultatet tyder på at EU ETS ikke har ført til lavere etterspørsel etter luftfartsdrivstoff, mener Heiaas (2021) at EU ETS ikke har hatt effekten teorien skulle tilsi. Siden 2005 har antall passasjer-kilometer økt med 60 %, samtidig har gjennomsnittlig drivstoff forbruk i rutefly bare blitt redusert med 24 % (Heiaas, 2021). Med en stor passasjervekst og relativ treg progresjon i teknologisk utvikling, mener Heiaas (2021) det ikke er grunn til å tro at karbonprising alene kan snu denne trenden. Det er verdt å nevne at denne modellen ikke skiller mellom flyvninger innenfor EU grensene og flyvninger inn og ut av EU, og kan derfor ikke tilskrive hele denne effekten til EU ETS.

Ettersom både det totale utslippet og antall passasjerer har økt etter luftfartssektoren ble inkludert i EU ETS (EASA, 2019), anses den største effekten av EU ETS å være dens begrensende faktor på andre utslippstunge sektorer mener Fageda og Texido (2022). Ettersom luftfartssektoren har få alternativer og høye kostnader tilknyttet utslippsreduksjon, er de «nødt» til å fortsette utslippet, selv etter de ble inkludert i EU ETS. Ettersom det bare er et visst antall kvoter tilgjengelig, tvinger dette andre sektorer til å redusere utslippet sitt. Luftfartssektoren kan derfor sies å ha en begrensende effekt på andre sektorer.

Fageda og Teixido (2022) bruker data fra flyselskaper i 44 land, tilsvarende 558 694 observasjoner, for å analysere effekten av EU ETS på tilbud og utslipp i luftfartssektoren. Dette gjøres ved å analysere effekten av endringene i EU ETS som påvirker luftfartssektoren. For eksempel var opprinnelig alle flyvninger inn og ut av EU regulert av EU ETS, uavhengig av destinasjon, opprinnelse land eller flyselskapets nasjonalitet. Dette skapte stor internasjonal motbør blant flyselskapene som gjorde at EU etter hvert reduserte omfanget av EU ETS på sektoren (Fageda & Teixido, 2022). Denne endringen gjør at Fageda og Teixido (2022) har en gruppe hvilket blir regulert samt en gruppe som etter hvert sluttet å bli regulert, dette gir dem mulighet til å analysere effekten EU ETS har på selskapene som blir regulert og sammenligne resultatet mot den andre gruppen. Funnene tilsier at, selv om luftfartssektoren opplever en relativ mild regulering i henhold til EU ETS, har EU ETS en dempende effekt på luftfartstilbudet i EU (Fageda & Teixido, 2022). Den totale effekten har imidlertid vært nokså beskjeden. Effekten er størst hos lavprisselskapene og kortdistanseflyvninger som må konkurrere med andre transportmidler (Fageda & Teixido, 2022). Resultatet tyder på at det kan være nødvendig med tiltak som øker karbonprisen ytterligere, samt eliminering av gratiskvoter (Fageda & Teixido, 2022). Basert på effekten EU ETS har på kortdistanseflyvninger, tar også forfatterne til ordet for komplementære virkemidler, for eksempel rettet mot alternativ transport, eksempelvis jernbaneutbygging (Fageda & Teixido, 2022).

Kang et al. (2022) utfører en lignende studie der de ser på effekten av EU ETS på etterspørsel i flymarkedet. Forfatterne analyserer størrelsen på flyene og antall passasjerer på flyvninger i perioden 2007 til 2017, perioden dekker sådan både perioden før og etter EU ETS. Resultatet tyder også her på at EU ETS har en betydelig effekt på lavpris og regionale flyvninger, noe som står for rundt halvparten av EU flyvninger (Kang et al., 2022). Resultatet viser også en tydelig effekt på kortdistanseflyvninger, samt ruter med en monopolistisk markedsstruktur (Kang et al., 2022).

3.4 Teknologisk utvikling

IPCC sin sjette hovedrapport (2021) påpeker at teknologisk utvikling og innovasjon er en av de viktigste driverne for økonomisk vekst. Siden den industrielle revolusjonen har imidlertid denne bratte teknologiske utvikling ført med seg langsiktige skader på planeten, samtidig er

det bred enighet blant akademikerne om at er teknologi og innovasjon som gir den minst kompliserte løsningen på klimaendringene (Pizer & Popp, 2008; Barret, 1994; IPCC, 2021).

Når vi diskuterer teknologisk utvikling i sammenheng med klimaendringer, skiller man ofte mellom to ulike måter dette skjer på. For det første er det teknologiutviklingen. Dette er utvikling og forbedring av ny teknologi som i liten grad eller ingen grad er tatt i bruk av markedet, og ofte blir dette referert til som innovasjon. Når ny teknologi kommer på markedet vil bruk av teknologien som regel være dyr og mindre effektiv. Den andre måten teknologisk utvikling skjer på er når markedet tar i bruk teknologien, og teknologien videreutvikles. Teknologien vil da effektiviseres og kostnadene går ned, og vi referer til dette som diffusjon eller markedsutvikling. Innovasjon og diffusjon skjer spesielt på to ulike måter, ved forskning og utvikling (FoU) og ved akkumulert erfaring ved bruk av ny teknologi, heretter referert til som LbD (learning by doing). Økonomer refererer ofte til innovasjon og diffusjon som følge av etterspørsel i markedet som "demand-pull"-innflytelse. Når utvikling av ny teknologi blir mulig som følge av fremgang i forskningen kalles dette teknologisk-dytt (Pizer & Pol, 2008).

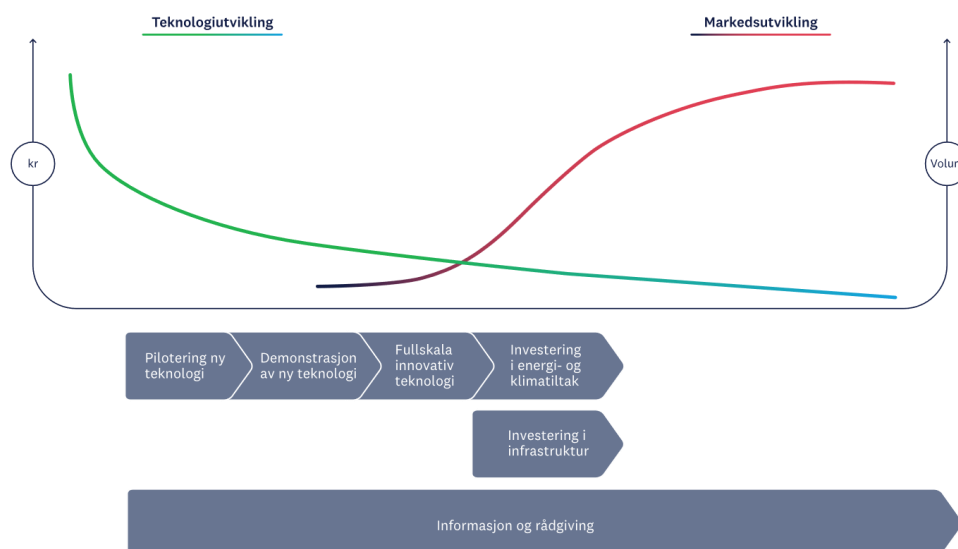
FoU prosessen kan subsidieres av myndighetene for å øke tempo på teknologisk utvikling. Dette er imidlertid en kostbar metode som krever investeringer og kunnskapen til erfarne forskere (Pizer & Pol, 2008). Det er imidlertid en rekke forskning som viser sammenheng mellom klimapolitikk og innovasjon (Eksempel Jaffe & Palmer, 1997; Lanjouw & Mody, 1996; Brunnermeier & Cohen, 2003). Når nye oppfinnelser oppstår må som regel oppfinneren(e) gjøre teknologien tilgjengelig for offentligheten for å sikre seg en gunstig markedsposisjon, det vil si patentere teknologien. Dette kan bli sett på som en type kunnskapsdeling hvilket kan føre til mer innovasjon og/eller forbedringer av teknologien. Dette fører til at den sosiale gevinsten ved patentet er høyere enn gevinsten oppfinneren får alene. Et resultat av dette er at det private markedet ikke tilbyr det sosialt gunstige nivået med FoU ettersom gevinsten deres ikke er like høy som den sosiale gevinsten. Pizer & Pol (2008) argumenterer derfor for at det er nødvendig med statlige subsidier og investeringer i FoU for å få et sosialt gunstig nivå med FoU.

Når ny teknologi ankommer markedet er det nye utfordringer som igjen kan ta til orde for statlige inngrep. Ettersom det private markedet har «låst seg inn» i allerede moden teknologi, hvilket de over tid har blitt erfarne med, er det ofte lite intensiv til å investere i ny teknologi som gjerne krever høye oppstartskostnader og er dyr i bruk. Dette er et paradoks der mindre

effektiv og dyr teknologi gjør at teknologien ikke blir tatt i bruk, hvilket gjør at man går glipp av LbD-effekten, som gjør at teknologien ikke blir mer effektiv.

Hvilke tiltak som skal brukes og hvor man skal rette investeringer og tilskudd avhenger av type teknologi og hvilken fase teknologien er i. Eksempelvis vil det være både dyrt og lite effektivt å bruke penger på tilskudd til markedsadapsjon når teknologien er lite utviklet og i stor grad kun eksisterer hos forskningsinstitusjoner. Man vil heller da rette tiltakene mot FoU prosessen, eksempelvis ved å gi offentlige tilskudd til forskningsinstitusjonene som utvikler ny og innovativ klimateknologi. Etter hvert som teknologien blir mer kostnadseffektiv i bruk, vil den marginale gevinsten av investeringene i FoU bli redusert. Siden teknologien nå i større grad kan konkurrere med teknologien som markedet allerede har omfavnet, vil det være mer gunstig å rette pengene mot implementering av teknologien i markedet. I Norge er det Enova som gir statlige tilskudd til FoU av ny og innovativ lav-karbondteknologi.

Via Enova gir Norge tilskudd til både innovasjon og bruk av energi- og klimateknologi som er tilpasset omstillingen til lavutslippssamfunnet (Enova, 2021). Dette gjøres hovedsakelig gjennom programmer som tilbyr finansiell støtte rettet mot områdene hvor midlene gir størst effekt (Enova, 2021). Denne prosessen illustreres i figur 7.



Figur 7: Markedsutvikling og teknologiutvikling. (Enova, 2021, Figur 3.14)

I startfasen vil midlene utelukkende gå til teknologiutvikling, ettersom dette gir aller høyest effekt. Over tid vil teknologien utvikles, og markedet kan ta i bruk teknologien. Her vil markedet ta over og effektiviseringen av teknologien er det stort sett markedet som står for. Midlene vil derfor gå til investeringer rettet mot marked implementering da effekten vil være langt høyere.

Aktiviteten til Enova rettes hovedsakelig mot senfase teknologiutvikling og tidlig markedsintroduksjon slik at teknologien på sikt blir foretrukket uten statlig støtte (Enova, 2021). Hovedfokuset er imidlertid rettet mot transport til land- og vanns, og de har heller ikke tidligere hatt noen særskilte aktiviteter rettet mot luftfart (Enova, 2021). I fase 4 i EU ETS skal deler av inntekten fra auksjoneringen av kvoter gå til et ny-opprettet innovasjonsfond som i perioden 2020 til 2030 skal finansiere innovativt lav-karbon teknologi (European Commission, u.å. a). Et stort fokusområde for dette fondet er blant annet innovasjon innen luftfartsdrivstoff.

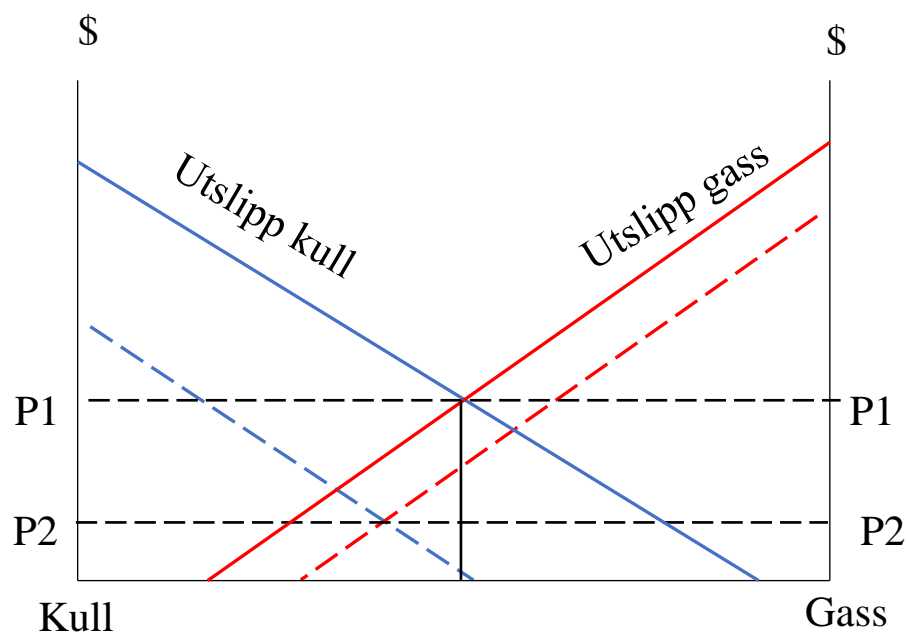
3.5 Overlappende tiltak

Ved å introdusere flere klimatiltak som overlapper kan uforutsette virkninger oppstå, hvilket kan ha både negative og positive effekter på alt fra klima, utslipp, byråkrati og administrasjon. På en side kan overlappende tiltak gi en mer omfattende og dekkende fremgangsmåte å redusere utslipp, på den andre siden kan det øke de samfunnsøkonomiske kostnadene, samt føre til økonomiske og administrative byrder for næringslivet som må overholde disse reglene og kravene.

Böhringer & Rosendahl (2010) ser på hva som skjer når støtte til fornybar energi introduseres i et karbonmarked med en utslippsgrense. Funnene tilsier at selv om en økt andel grønn energi reduserer den totale andelen ikke-fornybar energiproduksjon, vil det bli økt produksjon fra den mest utslippstunge teknologien.

Ved å introdusere støtteordningene vil i første omgang prisene på elektrisitet reduseres ettersom det produseres mer elektrisitet, hvor produsentene uten støtteordninger (ikke-fornybare produsenter) produserer mindre og utslippet reduseres. Dette gjør at utslippsprisene reduseres i kvotemarkedet som fører til økt produksjon fra ikke-fornybare produsenter, Böhringer & Rosendahl (2010) påpeker at dette er mest tydelig i utslippstunge sektorer, eksempelvis kull. Ikke-fornybare produsenter med lav utslippsintensivitet, eksempelvis gass og kjernekraft, vil ikke bli like påvirket av denne effekten. Det som skjer, er at andelen

utslipp fra utslippstunge sektorer øker. Dette tolkes ved at likevekten (P2) beveger seg til venstre, mot kull.



Figur 8: Effekten av introduksjon av støtte til grønn energi

Böhringer & Rosendahl (2010) sitt argument om at komplementerende tiltak til EU ETS ikke reduserer utslipp (siden utslippsgrensen er bestemt) men heller reduserer prisen på ETS kvoter, og gjør dermed utslippskutt mindre kostnadseffektivt som er relativt vanlig (se for eksempel: Herweg, 2020; Perino, Ritz & Benthem, 2022; Novan, 2017). Det er derimot mange økonomer som argumenterer i favør for overlappende tiltak, spesielt under rette omstendigheter. Først og fremst vil de overlappende tiltakene i mange tilfeller primært ha andre hensikter og mål enn hva EU ETS har. Eksempelvis vil man nasjonalt kunne introdusere støttetiltak rettet mot ikke-forurensende energi som vindkraft og solkraft. Hensikten med dette er ofte å redusere luftforurensning, noe det vil i større grad enn med et bytte fra kull til gass (Lecuyer & Quirion, 2012).

For det andre, vil noen typer atferds- og markedssvikt redusere den økonomiske effektiviteten til tiltakene man allerede har på plass, noe som kan rettferdiggjøre komplementære tiltak. Et kjent eksempel er utleier-leietaker dilemmaet. En utleier ønsker å maksimere overskuddet og beskytte investeringen sin, mens leietakeren er opptatt av å ha et rimelig og trygt sted å bo. Som et eksempel kan vi se for oss en utleier som leier ut en gammel leilighet som bruker mye strøm. Et strømsparende tiltak i en utleie leilighet vil være gunstig for begge parter. Fordi partene har motstridende interesser, vil dette kunne skape konflikt over hvem som skal betale

for disse tiltakene. Utleier kan mene at leietaker skal betale ettersom leietaker vil få lavere strømregninger. Leietaker mener at utleier skal betale fordi det er utleier som faktisk eier leiligheten. Lecuyer & Quirion (2012) mener situasjoner som dette kan ta til ordet for komplementære tiltak.

Videre er oppnåelsen av klimamålene i stor grad avhengig av utsikten til teknologisk utvikling i årene som kommer, myndighetene kan i stor grad være med å påvirke utviklingen og bruken av grønn teknologi. For eksempel viser en artikkel av Fischer & Newell (2008) at bruk av solcellepanel fører til mer teknologisk utvikling på lang sikt enn hva et bytte fra kull til gass gjør. Ved å introdusere tiltak som ikke anses som de mest kostnadseffektive, men som akselerer endringsprosessen mot grønn teknologi, kan i visse tilfeller «hoppe» over steg i endringsprosessen. Eksempelvis ved å subsidiere bruken av solcellepanel i stedet for å vente på at markedet skal gjøre bytte fra kull til gass (Vogt-Schilb & Hallegatte, 2011).

En rapport av Kristensen & Thune-Larsen (2022) taler også i favør for komplementære tiltak. Forfatterne ser på fire ulike scenarier; a) SAF innblanding på 30 % i 2030, b) Finansiering av merkostnaden av SAF, c) Økning av CO₂-avgiften og d) Økning av flypassasjeravgiften. Kun scenario a) og b), som tar for seg SAF, ser ut til å ha en betydelig effekt på utslipp. Scenario c), økning av CO₂-avgiften, viser en svært liten effekt på utslipp.

Bare hvis CO₂-avgiften blir stor nok til at den overgår SAF-merkostnaden, vil flyselskapene ha økonomisk insentiv til å bytte til SAF. Med Kristensen & Thune-Larsens antagelser om en fossil drivstoffpris på 0,56 EUR/l, ETS-kvotepriis på 80 EUR/tonn og en SAF-pris på 2,5 ganger fossilt, blir merprisen for SAF 6,10 NOK/l, mens CO₂-avgiften er på 3,02 NOK/l. Det vil si, CO₂-avgiften må mer enn dobles for at prisen på fossilt drivstoff skal tilsvare prisen på SAF (Kristensen & Thune-Larsen, 2022). Forfatterne understreker dog at det ikke er tatt hensyn til at reisende sannsynligvis vil ha ekstra betalingsvilje for flyreiser som skjer med grønt drivstoff.

I scenario a) vil det settes et gradvis økende omsetningskrav som til slutt tilsvare 30 % i 2030. Utslippsreduksjonen som følger av dette scenarioet er 32 %, noe høyere enn omsetningskravet. Et omsetningskrav på 30 % SAF, betyr i praksis en reduksjon i fossilt drivstoff på 30 %, som betyr at SAF blandingsgraden i seg selv kan sees på som en utslippsreduksjon. I dette scenarioet er det flyplass passasjerene og flyselskapene som tar kostnaden assosiert med tiltaket. Dette fører til en noe lavere etterspørsel etter flyreiser, som står for de siste 2 % i utslippsreduksjon.

En mulighet for å oppnå kravet til blandingsgrad, er at staten finansierer SAF-merkostnaden opptil 30 % innblanding, dette blir sett på i scenario b). Utslippsreduksjonen i dette scenarioet er på 30 %, nokså likt scenario a) (Kristensen & Thune-Larsen, 2022). Dette vil imidlertid bety høye kostnader for staten, noe som må finansieres med økte avgifter i luftfarten. Dersom man kombinerer tiltak c) og d), vil de totale inntektene fra flyplass passasjeravgiften samt CO₂-avgiften tilsvare statens utgifter assosiert med tiltak b). Utslippsreduksjonen i dette tilfelle vil være på litt over 30 %, noe som ikke er mye høyere enn ved scenario b) alene, men det vil redusere de samfunnsøkonomiske kostnadene assosiert med tiltakene.

3.6 Sensitivitetsanalyse

Sensitivitetsanalyse er en metode hvor man evaluerer hvordan usikkerheten i resultatet av en modell kan krediteres de ulike valgene og vurderingene i modellen (Perman et al, 2011). Dette gjøres ved å systematisk endre modellens variabler for så å observere effekten på modellens resultat. Pannell (1997) betegner sensitivitetsanalyse som en av de viktigste og mest brukte verktøyene i anvendt økonomi. Dette er spesielt tydelig innen klimaøkonomi. Dette skyldes blant annet at metoden er relativt simpelt å utføre, den er lett å kommunisere og samtidig lett å forstå (Pannell, 1997). I teorien er sensitivitetsanalyse en relativt enkel ide, man endrer modellen og observerer effekten. I praksis er det mange ulike metoder og fremgangsmåter for å gjøre dette.

Et eksempel er en artikkel av Flora og Vargiolu (2019) som ser på sammenhengen mellom EU ETS-kvotepriiser og selskapenes investeringer i lav-karbon teknologi. Forfatterne har utviklet en modell som baserer seg på flere ulike variabler som oljepris, karbonpris, årlig utslipp, risikofri rente og vedlikeholdskostnader tilknyttet teknologi. Resultatet tilsier at det uten inngrep fra myndighetene er en 50 % sjanse for at selskapene investerer i prosjekter tilknyttet grønnenergi innen 10 år. I løpet av 25 år er dette tallet oppe i 92 % (Flora & Vargiolu, 2019). Ved å utføre en sensitivitetsanalyse kan man se for seg resultatet ved ulike renter eller karbonpriser. Dette viser at resultatet er svært sensitivt til risikofrirente, der en lav rente gir økt sannsynlighet for investering (Flora & Vargiolu, 2019).

3.7 Elastisitet

Elastisiteter er et viktig konsept i samfunnsøkonomisk analyse hvilket sier noe om hvor responsiv ulike variabler er til en endring i driverne. Priselastisitet sier noe om endringen i etterspørsel ved en marginal endring i prisen, og kan skrives på formen $E = \frac{\Delta Q}{\Delta P} * \frac{P}{Q}$, hvor Q er kvantum etterspurt og P er pris.

For beslutningstakerne, gir elastisiteter nyttig informasjon om effekten av skatt og avgifter på etterspørsel. Mye av litteraturen ser derfor på hva som er forventet utslippsreduksjon som følge av en endring i pris på utslipp.

Rafaty, Dolphin og Pretis (2021) bruker paneldata fra fem ulike sektorer over 39 land i perioden 1990–2016 for å undersøke elastisiteten til CO₂-utslipp. Artikkelen ser både på effekt på utslippsnivå og vekstraten til utslippet. Funnet tilsier at CO₂-prising har aller størst effekt på vekstraten til utslipp i motsetning til utslippsnivået. Ifølge analysene vil en økning med 1\$/tonn CO₂ føre til ca. 0,1 % reduksjon i vekstraten til utslipp (Rafaty, Dolphin & Pretis, 2021). Dette resultatet tyder på etterspørselen etter CO₂-utslipp er relativt lite elastisk, det vil si, etterspørselen etter CO₂-utslipp er lite sensitiv til en endring i pris. Rafaty, Dolphin og Pretis (2021) argumenterer derfor for at karbonprising alene ikke er nok for å oppnå klimamålene satt i Parisavtalen. Dette er forenlig med mye av litteraturen på overlappende tiltak, noe som ble vist i delkapittel 3.5.

Fukui og Miyoshi (2016) ser på priselastisiteten til luftfartsdrivstoff. Ved hjelp av en logaritmisk regresjonsmodell og data fra den amerikanske luftfartssektoren estimerer forfatterne endringen i forbruk ved en 10-cent-økning i avgifter på luftfartsdrivstoff. I perioden 1995 til 2013 er den kortsiktige elastisiteten estimert til å være et sted mellom -0,350 og 0,166, og den langsiktige elastisiteten et sted mellom -0,346 til -0,166 (Fukui & Miyoshi, 2016). Basert på disse elastisitetene må avgiftene på luftfartsdrivstoff i USA være 3 til 5 ganger høyere for å oppnå en utslippsreduksjon på 1 % i luftfartssektoren (Fukui & Miyoshi, 2016). Fukui og Miyoshi (2016) mener derfor at en politisk realistisk prisøkning vil ha en tilnærmet ubetydelig effekt på utslipp. Løsningen er også her, ifølge Fukui og Miyoshi (2016), at det er komplementære tiltak som tar for seg prisen på SAF.

4. Metode

I dette kapittelet vil vi forklare modellene som blir brukt til å analysere effektene for luftfartens tiltak i Klar-for-55. Dette gjøres ved å se på BaU og fire scenarioer med bakgrunn på tiltakene til luftfarten. Modellene har blitt lagd ved å ta for seg teorien som ble gjennomgått i kapittel 3 og bruke disse til å se hvordan de nye tiltakene kan påvirke utslippsreduksjonene til luftfartssektoren. Avsnitt 4.1 tar for seg påvirkninger- og forklaringen av modellen og dens disposisjon og avsnitt 4.2 forklarer BaU og de fire scenarioene som blir brukt i oppgaven.

4.1 Modellens struktur

4.1.1 Påvirkning på modellen

En bemerkning er at de nye tiltakene til luftfarten, og de begrensningene vi hadde i forhold til tilgang på ressurser og tid, har hatt en effekt på hvordan vi lagde modellen og utarbeidet scenarioene. Informasjonen rundt tiltakene er begrenset siden forslagene fortsatt er i diskusjonsfasen i Europarådet- og parlamentet mens oppgaven skrives (Europalov, u.å. a). Vi vil derfor regne med at informasjonen om forslagene til tiltakene fra EU er presis og pålitelig i forhold til hva de er på det tidspunktet oppgaven skrives. I og med at tiltakene er i diskusjonsfasen i Europarådet- og parlamentet, er det mulighet for at det kan oppstå endringer etter at oppgaven har blitt levert inn.

Oppdatering om Klar-for-55

Per mars 2023 har EU-rådet- og parlamentet begynt å vedta Klar-for-55 inn i lovverket til EU (Europalov, u.å. a). Dermed vil de delene som er vedtatt ikke lenger være forslag, men tiltak hvilket nå er vedtatt i EU sitt lovverk. Når disse tiltakene trer i kraft vet vi ikke, da tiltakene ikke er vedtatt/innført. Per 31. mars 2023 kan vi se fra Europalov sin tabell at det er fire tiltak som har blitt vedtatt, men ingen av disse tiltakene omhandler luftfarten som er de utvalgte tiltakene vi undersøker. Vi kan også se dette på EU sin egen tidslinje for Klar-for-55 (European Council, u.å.).

Siden EU nå begynner å vedta forslagene inn i lovverket er det sannsynlighet for at flere tiltak blir vedtatt mens oppgaven skrives. Siden vi har begrenset tid til å fullføre oppgaven,

valgte vi å ta utgangspunkt i tiltakene slik de er 11. april 2023. Dersom det er endringer i forslagene etter denne datoen, vil dette ikke komme med i oppgaven.

4.1.2 Forklaring av modellen

Med grunnlag i hva som har blitt beskrevet over, ser vi dermed på at modellen vår kan være sensitiv med tanke på mulige endringer i tiltakene. På bakgrunn av dette har vi valgt å bruke enkle økonomiske modeller og scenarioer.

Som nevnt, er målet med modellen å se på påvirkningene tiltakene om luftfarten i Klar-for-55 har på utslippene og karbonprisene i luftfartssektoren i Norge. Dette er fordi formålet med de utvalgte tiltakene er å redusere utslippene fra luftfarten slik at EU kan nå sitt forsterkede mål om 55 % utslippsreduksjon innen 2030. I og med at luftfarten hovedsakelig er kvotepliktig vil tiltakene kanskje ikke ha en signifikant effekt på klimamålene i 2030, men at de har noe å si for 2050. Derfor velger vi å se det i en tidshorisont fra i år 2023 frem til 2050, selv om noen av tiltakene ikke varer ut mot 2050. I de tilfellene hvor dette skulle skje vil vi gå ut ifra det siste året og tenke at den er flat frem mot 2050. Disse valgene vil bli gitt mer informasjon om inn under de forskjellige scenarioene.

Grunnet informasjonen over vil modellen vår analysere utslippsreduksjonene luftfarten har i både 2030 og 2050. En av grunnene til dette valget er fordi klimamålene til Norge er litt annerledes enn EU i form av at Norge vil ha minst 55 % utslippsreduksjon innen 2030, være klimanøytral innen 2030 og lavutslippssamfunn innen 2050. For å kunne gjøre denne beregningen trenger vi et referansepunkt og har valgt å bruke business-as-usual, BaU, som dette i våre funksjoner. Deretter trenger vi data på hvor mye utslippsreduksjon det er i luftfartssektoren når tiltakene er iverksatt. Som nevnt tidligere, ser vi kun på luftfarten i Norge og er dermed bare interessert i påvirkningen tiltakene vil være for Norge når det gjelder EUs kvotemarked.

Siden målet til modellen vår har blitt nevnt, vil vi nå forklare hvordan vi har bygd og strukturert modellen. Modellen består av flere funksjoner slik at vi har muligheten til å løse disse for å finne den ukjente variabelen i hvert scenario. Variablene vi ser på er utslippene i luftfartssektoren etter implementeringen og karbonprisen i Norge av de forskjellige tiltakene. Derfor er utslippsfunksjonen konstruert lik en lineær kostnadsreduksjon funksjon.

Under i 4.1.2 viser vi modellens disposisjon og hver funksjon vi har lagd med forklaringer. Til slutt i kapittel 4 vil vi kort forklare hvert av scenarioene som blir brukt videre i oppgaven.

4.1.3 Modellens disposisjon

Når det kommer til funksjonene som skal brukes, vil vi introdusere de generelle funksjonene først, som vi vil benytte oss av i en variasjon og utslippselastisiteten som berører alle scenarioene. Deretter vil vi ta for oss hvert enkelt scenario og introdusere funksjonene som blir brukt i de enkelte scenarioene.

Grunnleggende utslippsfunksjon:

$$U = U^{BaU} * (1 - R) \quad (1.1)$$

Funksjon 1.1 har strukturen vi brukte i alle scenarioene utenom BaU. Bakgrunnen til dette oppsettet er at vi ikke skal ende opp med negativt utslipp for luftfarten. I funksjonen står U for CO₂-utslipp, U^{BaU} for utslipp fra BaU-scenarioet og R for utslippsreduksjon. Slik oppbygningen av funksjonen er, ser vi det nødvendig at R ikke kan overskride 1, fordi den ikke kan være mer enn 100 %.

Utslippselastisitet:

$$E = \frac{\Delta Q}{\Delta P} * \frac{P}{Q} = \frac{(Q_2 - Q_{BaU})}{(P_2 - P_{BaU})} * \frac{P_{BaU}}{Q_{BaU}} \quad (1.2)$$

Her står E for utslippselastisitet, P_{BaU} for prisen på tiltakene i BaU-scenarioet, P_2 for prisen i hvert scenario, Q_{BaU} vil være utslippet i BaU-scenarioet, Q_2 for utslippet i hvert scenario og Δ betyr prosentvisendring.

Utslippselastisiteten, funksjon 1.2 handler om at vi ser på den prosentvise endringen i utslippsreduksjon grunnet 1 % endring i karbonpris (Pindyck et al., 2013, s. 26). Vi ser på Q som utslippsreduksjon i stedet for etterspurt kvantum etter prisendring. Dette på bakgrunn av at drivstoff er utslipp likt kvantum multiplisert med en utslippsfaktor. Vi vil derfor benytte oss av U i stedet for Q i den grunnleggende utslippsreduksjons funksjonen.

Grunnleggende utslippsreduksjon:

$$U_{BaU} \left(1 + E * \frac{(P_2 - P_{BaU})}{P_{BaU}} \right) = Q_2 \rightarrow R = -E * \frac{P_2 - P_{BaU}}{P_{BaU}} \quad (1.3)$$

De fleste variablene i funksjon 1.3 har blitt forklart tidligere i utslippselastisiteten hva de betyr. R ser på hvordan elastisiteten og endring i pris/utslipp for hvert scenario påvirker utslippsreduksjonen i hvert scenario og U_{BaU} utslipp fra BaU-scenariot.

Fra utslippselastisiteten er vi interessert i å finne ut av hva Q_2 vil være. Vi bestemte oss for å lage funksjon 1.3, som er en omskrivning av 1.2, for å løse funksjonen for Q_2 . For at det skal stemme overens med uttrykkene vi bruker over i funksjon 1.1, benytter vi oss av R i stedet for Q_2 .

R vil være forskjellig i alle scenarioene siden P_2 , prisendringene, vil variere for hvert scenario. Hvordan de forskjellige scenarioene vil påvirke R, vil komme frem etter funksjonen for hvert scenario som blir introdusert.

Utslipp fra Norge med BaU:

$$U^{BaU} = U_{NaKP} + U_{NaIKP} \quad (1.4)$$

U_{NaKP} står for nasjonale kvotepliktig utslipp fra luftfarten, mens U_{NaIKP} står for nasjonale ikke-kvotepliktig utslipp fra luftfarten. Ved å legge disse sammen vil vi få U^{BaU} hvilket er utslippet til Norge under BaU-scenariot. Funksjon 1.4 er referansepunktet og er inkludert i den grunnleggende utslippsfunksjonen og alle scenarioene.

Selv om ikke-kvotepliktig utslipp er en liten andel, har vi valgt å ta med den i de totale utslippene for Norge siden det har noe å si for hvor mye utslipp Norge har totalt. Hvis vi ikke hadde tatt med ikke-kvotepliktig utslipp, kunne det gitt upresise tall i analysen.

Utslippsfunksjon for minstesats:

$$U^M = U^{BaU} * (1 - R) \quad (1.5)$$

U^M står for hva utslippet vil være ved bruk av minstesatsen.

Minstesatsen vil påvirke R i form av at den har en påvirkning på endring i prisen. Dermed vil minstesatsen i funksjon 1.3, være P_2 når vi ser på scenario 1 summert sammen med CO₂-avgiften og kvoteprisen fra BaU-scenariot. Grunnen til dette er fordi vi som nevnt i scenario

forklaringen for minstesatsen ser for oss at Norge fortsatt vil bruke CO₂-avgiften og kvoteprisen. P₂ vil variere hvert år i og med at minstesatsen som nevnt tidligere vil øke i løpet av tidshorisonen på 10 år. Hva satsene er for hvert år vil bli vist i kapittel 5. Funksjonen 1.3

vil da se slik ut for minstesatsen: $-E * \frac{(Minstesats + P_{BaU}) - P_{BaU}}{P_{BaU}} = R$

Utslippsfunksjon til Norge for EUs kvotemarked:

$$U^{EU\ ETS} = U^{BaU} * (1 - R) \quad (1.6)$$

U^{EU ETS} står for hva utslippet vil være ved bruk av EUs kvotemarked.

R blir påvirket av endring i prisen som kommer av tiltakene beskrevet ovenfor. Det er umulig å vite hvordan markedet blir påvirket av dette, og har derfor valgt å bruke prisestimer vi har hentet fra en annen forskning, og vil bli forklart ytterligere i kapitel 5. Funksjon 1.3 for R blir derfor $-E * \frac{P_{estimat} - P_{BaU}}{P_{BaU}} = R$ når det gjelder EU ETS. P_{estimat} vil i dette scenarioet bestå av prisestimatet på hva kvoteprisen kan være videre summert med CO₂-avgiften. Dette fordi vi ser for oss at Norge fortsatt vil ha CO₂-avgiften sammen med kvoteprisen.

Utslippsfunksjon for ReFuel Aviation:

$$U^{RF} = U^{BaU} * (1 - R) \quad (1.7)$$

U^{RF} står for hva utslippet vil være ved bruk av ReFuel Aviation.

ReFuel vil påvirke R ved å gi endringer i utslipp. Dette fordi vi kan tolke en økt andel bærekraftig drivstoff som en reduksjon i seg selv, i og med at dette medfører en reduksjon i fossilt drivstoff. Endringen i utslipp vil derfor korrespondere med andelen bærekraftig- og syntetisk drivstoff.

Utslippsfunksjon for overlappende tiltak:

$$U^O = U^{BaU} * (1 - R^{RF}) * (1 - R^{Pris}) \quad (1.8)$$

U^O står for hva utslippet vil være hvis tiltakene overlappet hverandre. I funksjon 1.8 vil R^{RF} være R-verdien beregnet under ReFuel Aviation, og R^{Pris} står for R-verdien til prisendring.

I analysen av overlappende tiltak ser vi på effekten for alle tre scenarioer samlet. For å gjøre dette må vi basere oss på R-verdien vi har funnet i de forskjellige scenarioene. Vi lagde en

felles R-verdi for prisendringene, hvor prisendringen kommer av både minstesatsen og kvotepris.

Restriksjoner

Prisen på CO₂ må enten være lik 0 eller positiv, fordi hvis prisen på CO₂ er negativ så vil det være en subsidie.

$$P \geq 0 \quad (2.1)$$

Utslippene må enten være lik 0 eller positiv, fordi det ikke kan være negative utslipp i luftfarten.

$$U \geq 0 \quad (2.2)$$

Tilleggsinformasjon

De to parameterne U^{BaU} og E er gitt via data, se delkapittel 5.2 og 5.6 for mer detaljer.

Parameteret U^O estimeres ved bruk av data og kan sees under delkapittel 6.1.5. Variablene U^M , $U^{EU ETS}$ og U^{RF} er ukjente og estimeres ved å bruke funksjonene gjennom fire scenarioer. R er en ukjent parameter hvilket vi må beregne ved hjelp av antagelsene i de ulike scenarioene og vil være essensiell for å finne de ukjente U-variablene nevnt over.

4.2 Scenarioer

4.2.1 Scenario 0: BaU

Nullscenarioet er vår referansesituasjon, beskrevet som Business-as-usual (BaU), og tar utgangspunkt i dagens tiltak per 2023. Dagens tiltak for luftfarten er CO₂-avgift, kvotepris og prosent av avansert biodrivstoff. Disse tiltakene ser vi for oss er faste frem til 2030 og 2050.

Dette scenarioet er som nevnt tidligere vårt referansepunkt, hvor den vil vise situasjonen slik det var per 2023 og sammenligne det med de nye tallene vi får i de andre scenarioene.

Tallene for BaU blir presentert i kapittel 5 ved bruk av historisk data.

4.2.2 Scenario 1: Minstesatser

I scenario 1 tar vi utgangspunkt i at Norge har innført minstesatsen på fossilt- og bærekraftig drivstoff fra Klar-for-55. Her vil en fjerne tiltaket om at drivstoffet som brukes i kommersiell luftfart er fritatt fra avgifter i EU, fordi det vil bli innført en minstesats for drivstoff av fossilt brensel (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 85). Vi legger til grunn at minstesatsen kommer i tillegg til CO₂-avgiften og at Norge velger å innføre minstesatsen.

Slik det har blitt nevnt tidligere vil satsen ha et tidsperspektiv på 10 år fra den blir vedtatt og er inkludert i vedtektene til EU og EØS, hvilket trolig vil skje i løpet av 2023 og dermed vare frem mot 2033 (European Council, 2022c). Minstesatsen er sagt til gradvis å øke i løpet av de 10 årene for det fossile drivstoffet, mens satsen vil være 0 for drivstoff som er bærekraftig.

4.2.3 Scenario 2: EU ETS

I scenario 2 vil vi se på at endringene i EU ETS for luftfarten. Det er enighet om en revisjon av dette systemet frem mot 2030 som på flere områder vil påvirke luftfartssektoren. Vi vil ta utgangspunkt i de forslagene som er lagt frem og vil basere analysen på dette. Vi vil komme tilbake til kapittel 5 som tas med videre i analyse i kapittel 6.

Etter enighet i EU-kommisjonen er det bestemt at EU-ETS vil fase ut 117 millioner kvoter over to år, dette i tillegg til en økning i årlig reduksjon av kvoter til 4,2 %, opp fra 2,2 % (European Council, 2022e). Dette gjør at antall kvoter som gjøres tilgjengelig i 2030 blir 62 % lavere enn utslippet var i 2005. Vi antar at dette vil påvirke tildelingen av kvoter til norsk luftfart i en tilsvarende grad.

Gratiskvotene, som i dag utgjør en betydelig andel av de totale kvotene norsk luftfart blir tildelt, vil utfases i perioden 2024–2026. Gratiskvotene blir redusert med 25 % i 2024 og 50 % i 2025, før de utelukkende blir auksjonert fra og med 2026 (European Council, 2022e).

4.2.4 Scenario 3: ReFuelEU Aviation

Ved å tilrettelegge for tanking, lagring og transport av bærekraftig drivstoff, vil man gradvis øke mengden bærekraftig drivstoff som blir brukt i luftfartssektoren. Det foreslåtte blandingskravet er volumbasert og økes gradvis fra 2025. Fra 2030 er det også foreslått et delkrav til syntetisk drivstoff som vil øke frem mot 2050 (EASA, 2022).

For å hindre karbonlekkasje og overvekt ved tanking av mer drivstoff enn nødvendig i land utenfor reguleringsområde, er det også pålagt krav om tanking av minimum 90 % av årlig drivstoffbehov hos EU-flyplasser (EASA, 2022).

Hovedpoenget med tiltakene er å jevne ut konkurransen mellom luftfartsoperatørene, samt å øke produksjon og bruk av bærekraftig drivstoff til konkurransedyktig pris.

4.2.5 Scenario 4: Overlappende tiltak

I scenario 4 tar vi også i betraktning effekten overlappende tiltak vil kunne ha på både nasjonale og EU-dekkende tiltak. Vi har tidligere referert til litteratur og forskning som viser at overlappende tiltak i visse tilfeller har liten effekt, eller i verste fall, kan ha negative konsekvenser på utslippsnivået (Böhringer & Rosendahl, 2010., Herweg, 2020; Perino, Ritz & Benthem, 2022; Novan, 2017). EU har imidlertid lagt stor vekt på å utforme tiltakspakken slik at den ikke overlapper med eksisterende tiltak, og antas derfor at effekten ikke vil være stor.

5. Data

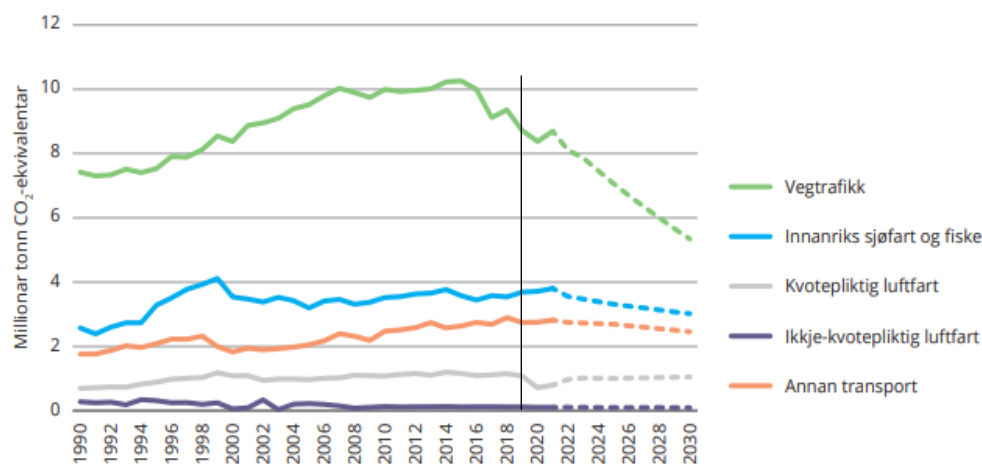
5.1 Datainnsamling

Vi valgte å samle inn dataen for prisene til de ulike tiltakene vi ser på og utslipp fra nasjonal luftfart. For innsamlingen av disse dataene brukte vi regjeringen sine egne sider, både gjennom regjeringen.no, men også via Stortingsmeldinger og proposisjoner. Vi benyttet oss også av Miljødirektoratet, EU sine offisielle dokumenter og sider for Klar-for-55 og lovdata. Mens vi holdt på å skrive oppgaven publiserte Stortinget i mars 2023 Norges luftfartsstrategi, hvilket vi har brukt til å få innblikk i tiltakene Norge bruker og synspunkter for dagens politikk frem mot 2030.

Vi endte med å benytte oss av prisene oppgitt i 2023 hvor vi følte det var riktig. Der vi ikke endte med å gå for prisene i 2023, brukte vi prisene fra 2019, fordi det er før Klar-for-55 tiltakene ble introdusert hvor en hadde kunnskap om de fremtidige innstramningene, men også fordi det er før pandemien inntraff og påvirkningen den hadde med at verden ble nedstengt. Der vi brukte prisene fra 2019, prisjusterte vi de i og med at de ville ha blitt påvirket av prisstigninger frem mot 2023. De tiltakene vi fikk pris på er CO₂-avgiften og EUs kvotemarked. I tillegg, fant vi data på hvor mye prosent av drivstoffet som skal være

bærekraftig, som vi kommer tilbake til under scenarioet om ReFuel. I forhold til tiltakene er vi også interesserte i, fant vi data på hva prisene og blandingen av biodrivstoff er forventet å være i 2030 og 2050.

Når det gjelder data på utslipp fra luftfarten, så vi på hva den har vært og hva den er forventet å være i 2030 og 2050. Data for det faktiske utslippet fra luftfarten ser vi på tall fra 2019 fordi vi vil se på hva utslippet var før både pandemien, men også før man tok hensyn til Klar-for-55 og begynte å gjøre innstramminger i vente på de nye tiltakene. Figur 9 under viser til en nedgang i 2020 grunnet pandemien. I figur 9 kan vi også legge merke til at det blir antatt at utslippet i 2023 vil være tilbake på rundt nivået den var i 2019, hvilket kan på at den grå linjen for kvotepliktig luftfart går opp og flater seg ut igjen i 2023. Grunnen til utflatingen kan være fordi regjeringen forutser at utslippene vil øke tilbake til 2019-nivået i og med at restriksjonene under pandemien nå har falt bort.



Figur 9: Utslipp fra transport (Særskilt vedlegg til Prop. 1 S (2022-2023), figur 4.6 på s. 63)

Dataene vi fant for oppgaven, blir presentert under i forhold til hvilket scenario de vil gjelde. Elastisiteten som blir brukt i de fire scenarioene blir presentert til slutt i et eget delkapittel.

5.2 BaU

CO₂-avgift

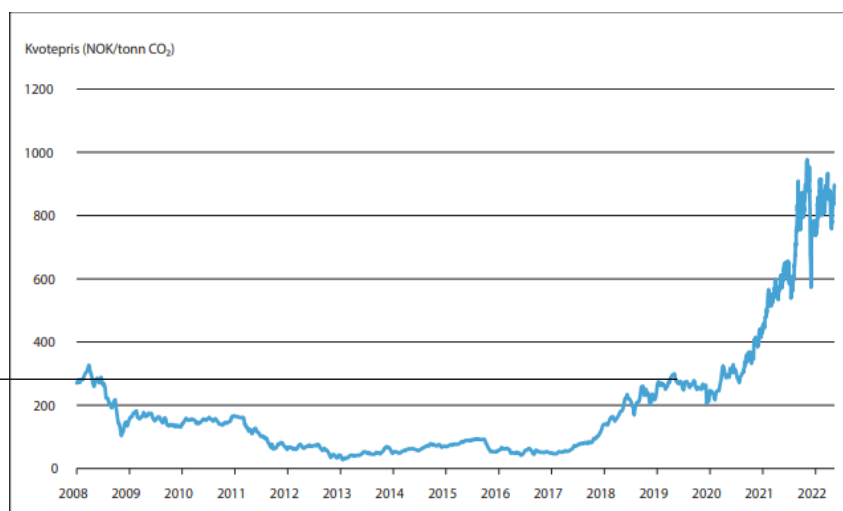
Det fremkommer i Finansdepartementets proposisjon til Stortinget at CO₂-avgiften for både ikke-kvotepliktig og kvotepliktig luftfart var på 510 kr/tonn CO₂ i 2019 (Prop. 1 LS (2018-2019), s. 221).

I Norges luftfartsstrategi kommer det frem at CO₂-avgiften i 2023 for ikke-kvotepliktig luftfart er på 952 kr/tonn CO₂ (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 85). For kvotepliktig luftfart er

CO₂-avgiften i 2023 på 649 kr/tonn CO₂, som har blitt prisjustert (Prop. 1 LS (2022-2023), s. 203). Mens det er anslått at i 2030 vil det være en samlet karbonpris, hvilket inkluderer CO₂-avgift og kvotepris, på rundt 2 000 kr/tonn CO₂ for både kvotepliktig og ikke-kvotepliktig luftfart (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 85) & (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 169). Dette på bakgrunn av et ønske om at de kvotepliktige prisene på avgiften skal kunne øke i takt med ikke-kvotepliktig (Meld. St. 13 (2020-2021), s. 156).

Kvotepris

Omtrent 90 % av utslippene som stammer fra luftfarten i Norge skjer innad i EØS og er derfor omfattet av EUs kvotemarked (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 85). Hvor mange kvoter Norge kan få og til hvilken pris blir bestemt i markedet og vil avhenge av etterspørselen og tilbudet. I 2021 ble industri og luftfart slått sammen til et kvotesystem, hvilket betyr at kvotene til luftfarten og de «ordinære» kvotene til industrien blir kjøpt og solgt i samme marked (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 86). Dette kan ha en innvirkning på prisen i markedet siden det nå vil være flere som handler i markedet. Ambisjonene til EU om utslippsreduksjoner er en av de viktigste driverne for kvoteprisen, men også på tilgangen til kvoter, hvilket har hatt en økende trend i prisen, illustrert i figur 10 under.



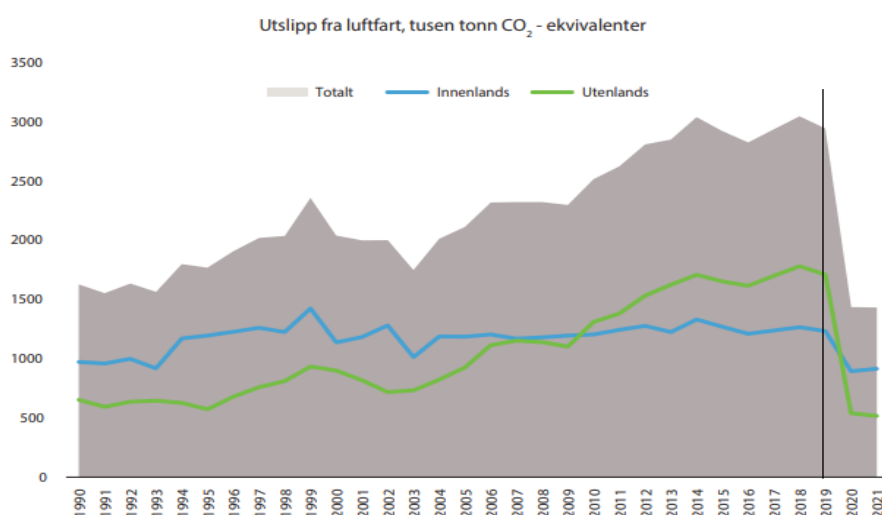
Figur 10: Prisen i EUs kvotesystem (Meld. St. 10 (2022-2023), Figur 7.3 s. 86).

Ut ifra figur 10 over kan vi se at kvoteprisen i 2019 var på rundt 240 kroner/tonn CO₂ som vi er interessert i under dette scenarioet. Slik det blir diskutert senere, velger vi å gå for kvoteprisen i 2019 på rundt 240 kroner, dermed prisjusterte vi prisen og endte opp på rundt 276 kr/tonn i 2023, grunnet prisstigning på rundt 15,2 % (SSB, u.å.).

Utslipp

I luftfartsstrategien kommer det frem at utslipp fra innenlands sivil luftfart var ifølge SSB i 2019 på 1,23 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, hvilket var 2,4 % av de samlede nasjonale utslippene det året (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 80). Dette er en del av utslipp fra luftfarten som omfattes av de internasjonale forpliktelsene Norge har inngått, hvilket er Parisavtalen og Kyotoprotokollen.

I figur 11 under vises utslippene fra den norske luftfarten, hvor år er på x-aksen og tusen tonn CO₂-ekvivalenter er på y-aksen. Året av interesse er 2019, siden det er de dataene vi kommer til å ta utgangspunkt i.



Figur 11: Utslipp fra norsk luftfart (Meld. St. 10 (2022-2023), Figur 7.1 s. 81).

Grad avansert biodrivstoff

Som nevnt tidligere, kom Norge i 2020 med omsetningskrav på avansert biodrivstoff, hvilket er satt til 0,5 % av total omsatt mengde og gjelder både den nasjonale og internasjonale sivile luftfarten (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 87). Definisjonen av avansert biodrivstoff er at biodrivstoffet blir fremstilt av råstoff, for eksempel brukt fritureolje og slakteavfall. Hvilket råstoff som kan bli brukt kommer frem i en liste på produktforskriften kapittel 3 i vedlegg V, A og B (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 87). Slik det har blitt nevnt tidligere kom Miljødirektoratet ut med et forslag til å øke kravet for avansert biodrivstoff til 1,25 % for 2023, hvilket skal gjelde fra 1. juli 2023. Dette forslaget er per nå oppe i offentlig høring (Meld. St. 10 (2022-2023), s. 87).

ReFuel blir sett på som det felles europeiske omsetningskravet, som ble introdusert i Klarfor-55 og blir derfor gjennomgått i mer detalj i scenario 3: ReFuelEU Aviation.

Antagelse

Vi antar for BaU at det nasjonale utslippet som er ikke-kvotepliktig vil kun være en liten andel av nasjonalt utslipp. I figur 9 under 5.1 ser vi at linjen til ikke-kvotepliktig luftfart er ganske nær 0. Denne andelen antar vi er rundt 9 % i og med at linjen er utrolig lav og det har tidligere blitt nevnt at det er den kvotepliktige delen av nasjonal luftfart som står for så å si alt av utslipp.

5.3 Minstesats

Minstesats

Det kommer frem at minstesatsen vil starte på 0 kr og gradvis øke over 10-års perioden, hvilket er en overgangsperiode inntil den endelige minstesatsen på 117,13 kr/GJ er pålagt, se vedlegg 4 for beregning (Eurocontrol, 2021). I og med at vi ser på tonn CO₂-ekvivalenter må vi konvertere det fra GJ til tonn CO₂-ekvivalenter og får at den endelige minstesatsen blir 627,61 kr/tonn CO₂-ekvivalenter, se vedlegg 3 for konvertering.

Ved å introdusere en minstesats for det fossile drivstoffet, oppmuntres luftfarten til å bytte til mer bærekraftig drivstoff. Tabell 1 under viser til hva minstesatsen vil være hvert år i 10-års perioden, se beregninger i vedlegg 3. For å få satsene i tabellen under gjorde vi en antagelse om at den gradvise økningen av minstesatsen er lik hvert år i perioden.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Minstesats	0	62,76	125,52	188,28	251,05	313,81	376,57	439,33	502,09	564,85	627,61

Tabell 1: Minstesatsen over 10-års perioden og endelige minstesats

Antagelse

Når det gjelder minstesatsen antar vi at den fra og med 2033 vil være flat og lik ut mot 2050. Dette fordi satsen som nevnt over vil være endelig etter 10-års perioden.

5.4 EU ETS

Kvotepris

Prisen som kan oppstå ved Klar-for-55 med tanke på de nye tiltakene i EU ETS for luftfarten i scenario 2, er usikker og bestemte oss dermed for å bruke prisestimat på fremtidige kvotepriser.

For å få et prisestimat på fremtidig kvotepriser valgte vi å lene oss på analyser som allerede er utført av anerkjente forskning- og analyseorganisasjoner. Prisestimatet til hver organisasjon er oppgitt i EURO i tabell 2. Tallene er basert på EURO/NOK kursen fra 12. april 2023.

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
BloombergNEF	105,75	118,53	122,07	123,57	131,68	147,22
CAKE/KOBiZE	85					149
Enerdata	56	73	92	113	136	160
ICIS	77,58	81,08	84,29	85,51	82,93	83,54
PIK	94	99	104	109	114	120
Refinitiv	76	84	96	106	116	127
Gjennomsnitt (€/t)	80,83	89,78	98,88	106,65	114,45	128,34
Gjennomsnitt (NOK/t)	908,58	1 009,17	1 111,38	1 198,71	1 286,45	1 442,53

Tabell 2: Prisestimat EU ETS kvoter 2025 - 2030. (Kopernikus-Projekt Ariadne Postdam-Institut für Klimafolgenforschung, 2022).

5.5 ReFuelEU Aviation

Omsetningskrav

Omsetningskravet som kommer frem av ReFuel Aviation setter et krav til andelen SAF som blir brukt i flyvninger til og fra EU flyplasser. Det er også satt et ytterligere krav som skal sikre at andelen SAF også er et syntetisk drivstoff. Dette omsetningskravet er satt som en andel av det totale drivstoff forbruket i EU og kommer frem i tabell 3. Andelen under er foreslått i ReFuel Aviation tiltaket.

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bærekraftig drivstoff (SAF)	2%	5%	20%	32%	38%	63%
Av dette syntetisk drivstoff		0,7%	5%	8%	11%	28%

Tabell 3: Prosent mengde bærekraftig drivstoff i lufttransport. Kilde: EASA, 2022

Prisanslag

Ettersom prisutviklingen i stor grad påvirkes av faktorer som skalafordeler, råvarepriser og teknologisk utvikling er det få prisestimater som gir sikre svar på hva prisen vil bli i årene som kommer. Det er uansett bred enighet om at trenden peker mot en lavere SAF-pris og et redusert prisgap mellom fossilt og bærekraftig flydrivstoff. Vi har derfor valgt å gå ut fra det nokså konservative prisanslaget til den internasjonale organisasjonen for lufttransport (IATA) for både syntetisk drivstoff og SAF. Prisanslaget kan sees i tabell 4 under.

Pris (NOK/tonn)	2022	2025	2030	2035
SAF	19 920	18 884	17 666	16 528
Syntetisk	34 763	24 917	19 032	16 528

Tabell 4: Prisestimat SAF og syntetisk drivstoff. Kilde: IATA, 2022. Fit for 55: Assessment of costs.

5.6 Elastisitet

Finansdepartementet har brukt en metode med navnet KAJA hvilket forsøker å stryke SSB sin SNOW-modell og brukes til å vurdere virkningene på utslipp i et kortere tidsperspektiv (Finansdepartementet, 2021b, s. 30). KAJA-modellen tar for seg avgifter og priselastisiteter for å beregne endringer i volum grunnet endring i avgifter. Her blir det oppgitt en langsiktig priselastisitet på -0,20 (Finansdepartementet, 2021b, s. 30-32). Vi benyttet oss av denne langsiktige priselastisiteten i og med at vi har et langsiktig tidsperspektiv til 2030 og 2050. Vi ser på denne elastisiteten som en utslippselastisitet i våre funksjoner. Grunnen til at vi føler vi kan gjøre dette er fordi det er mulig å direkte oversette fra etterspørsel i drivstoff til utslipp i og med at forholdet mellom disse to er fast.

6. Analyse og resultater

6.1 Scenarioer

Her analyserte vi og så på resultatene fra de oppgitte scenarioene og dataene funnet i kapittel 4 og 5, før vi kommenterte resultatene.

6.1.1 Scenario 0: BaU

Vi startet først med å finne ut hvordan de nasjonale utslippene er fordelt mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig utslipp, beregningene kan sees i vedlegg 2. I og med at det er store tall, gjorde vi de om til Mt CO₂-ekvivalenter med tre desimaler, for mer oversiktighet. Disse blir vist i tabell 5 under.

	Tonn/CO ₂	Mt CO ₂
Kvotepliktig	1 119 300	1,119
Ikke-kvotepliktig	110 700	0,110
Totalt, U ^{BaU}	1 230 000	1,23

Tabell 5: Kvotepliktig-, ikke-kvotepliktig- og totale utslipp i 2019

Det neste vi fant ut av er de totale utslippene til Norge. Siden vi er interessert i de norske klimamålene, så vi derfor på Norges nasjonale utslipp. Vi fikk oppgitt hva det nasjonale utslippet fra luftfarten i Norge var i delkapittel 5.3. I tabell 5 over kan vi se de totale utslippene både i tonn/CO₂, men også i Mt CO₂.

Resultatet vi har fått i tabell 5 over viser til utslippsverdien for BaU, hvilket kommer fra at vi la sammen de nasjonale utslippene Norge hadde i 2019. Dette resultatet gir mening siden luftfarten nasjonalt ikke utgjør en stor andel av utslippet, ca. 2 % som nevnt tidligere.

I tabell 5 fremkommer det at ikke-kvotepliktig luftfart er en veldig liten andel av de nasjonale utslippene, dermed har vi bestemt oss for å ta utgangspunkt i CO₂-avgiften for kvotepliktig luftfart. Grunnen til dette er for å kunne sammenligne og se på hvor mye avgiften har økt fra 2019 til 2023.

Tabell 6 under viser prisene for tiltakene brukt i BaU i 2019 og 2023. Vi inkluderer både CO₂-avgift og kvotepris siden kvotepliktig utslipp fra luftfarten blir omfattet av begge tiltakene. For CO₂-avgiften ser vi at den har en prisøkning på 139 kr og ved hjelp av

beregninger gjort i vedlegg 2, ser vi at CO₂-avgiften har økt med 27,25 % siden 2019 inkl. prisjustering.

	2019	2023
CO ₂ -avgift	510	649
Kvotepris	240	

Tabell 6: Forslag til BaU pris

Fra tabellen over om forslag til hvilke priser vi kan bruke i BaU, vil vi gå ut ifra CO₂-avgiften i 2023 siden det er vårt utgangspunkt. En annen grunn er også fordi prisjusteringen virker rimelig siden det indikerer en økning på 35 kr per år for det kvotepliktige utslippet og at den eneste faktoren før økningen var en prisjustering. Vi tar utgangspunkt i at CO₂-avgiften i 2023 vil være lik i 2030 siden vi ikke har sett at det har vært varslet noe opptrapping av avgiften fra regjeringen.¹

For kvoteprisen er det sannsynlighet for at den ville vært annerledes i 2030 enn i 2019 før introduksjonen av Klar-for-55. Vi ser for oss at aktørene som har satt kvoteprisen hadde forventninger og framsyn om fremtiden uten Klar-for-55 og at dette ble reflektert i kvoteprisen i 2019. Med dette utgangspunktet ser vi for oss at kvoteprisen i 2019 reflekterer kvoteprisen i 2030 om Klar-for-55 aldri kom. Som det fremkommer i delkapittel 5 om kvoteprisen i BaU, vil vi derfor gå for kvoteprisen i 2019 som har blitt prisjustert til hva den ville vært i 2023. Denne prisjusteringen følte vi var viktig å ha med siden prisen uansett ville ha blitt påvirket av en prisstigning, selv om den hadde vært fast. Når vi legger til grunn utgangspunktene vi har fortalt om ovenfor, har vi i tabell 7 nedenfor vist til hva prisene vil være i 2030 under BaU-scenariet. Siden det ikke er noe estimat eller tanker rundt hva prisene vil være mot 2050, vil vi også bruke prisene i tabellen under i de scenarioene hvor vi går over 2030.

	2030
CO ₂ -avgift	649
Kvotepris	276
P _{BaU}	925

Tabell 7: Prisen til BaU, P_{BaU}

¹ CO₂-avgift for ikke-kvotepliktig er planlagt trappet opp, men samme signal er ikke gitt for kvotepliktig

6.1.2 Scenario 1: Minstesatser

Når det gjelder prisene for minstesatsen blir disse brukt i forhold til per tonn CO₂-ekvivalenter. På bakgrunn av dette, brukte vi derfor CO₂ per tonn fra BaU-scenarioet, vist i tabell 5. I vedlegg 3 viser vi til beregningen vi kommer til å gjøre per tonn og i tabell 8 under vil vi kunne se resultatene i Mt.

For å kunne starte analysen av minstesatsen, beregnet vi først hva R ville være for minstesatsfunksjonen 1.5 introdusert i delkapittel 4.1.2. Beregningene og funksjonen som blir brukt er vist i vedlegg 3, mens resultatene for R kan sees i tabell 8 under.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
R	0	0,014	0,027	0,041	0,054	0,068	0,081	0,095	0,109	0,122	0,136

Tabell 8: R for minstesatsen

Her ser vi at R vil øke for hvert år, noe som stemmer overens i og med at den prosentvise endringen i prisen vil bli større utover 10-års perioden. Dette fører til at forskjellen mellom prisen for minstesatsen og prisen i BaU-scenarioet blir større.

Deretter gjorde vi en analyse for å se hva U^M blir ved de gitte antagelsene gjort i delkapittel 5.3 om minstesatsene gjennom 10-års perioden. Resultatene for disse beregningene kan sees i tabell 9 under og beregningene i vedlegg 3.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
U ^M	1,23	1,21	1,20	1,18	1,16	1,15	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06

Tabell 9: Beregnede utslippet til minstesats, Mt

Vi ser fra resultatene i tabellen over at U^M synker gradvis over årene, hvilket stemmer overens med det som fremkommer i tabell 8 for R-verdiene. Denne reduksjonen skjer på bakgrunn av at når prisen blir høyere, vil en redusere utslippet sitt.

Ser vi på dette mot hva vi fikk i BaU-scenarioet, legger vi merke til at alle verdiene vi har fått for U^M er lavere enn utslippet i BaU. Dette kan være en indikasjon, hvor det å ha minstesats kan være mer tiltrekkelig å velge grunnet det lavere utslippet.

6.1.3 Scenario 2: EU ETS

Som tidligere, beregner vi først R med tallene som er introdusert i kapittel 5, samt formelen introdusert i kapittel 4. Vi beregner R på bakgrunn av prisestimatet vi har introdusert

tidligere. Denne beregningen kommer frem i vedlegg 4. Resultatet av beregning kommer frem i tabell 10.

Ettersom prisestimatet går fra perioden 2025 til 2030, vil vi også se på samme tidsperspektiv i analysen. Det er noen tiltak som vil påvirke EU ETS systemet før 2025, men vi anser ikke dette til å påvirke prisen. Vi vil derfor ikke inkludere dette i analysen, men komme tilbake til det i diskusjonen.

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
R	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25

Tabell 10: R EU ETS

R er, ikke overraskende, positiv og stigende. Dette tyder på en synkende U^{ETS} .

Med utgangspunkt i tallene i tabell 10 og modell 1.6 introdusert i kapittel 4 får vi U^{ETS} gitt i tabell 11 - beregningene vises i vedlegg 4.

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
U^{ETS}	1,06	1,04	1,01	0,98	0,96	0,92

Tabell 11: Beregning av U, scenario 2

U^{ETS} synker med en stabil verdi frem til 2030. Ettersom EU ETS kvoteprisene er estimert å øke i samme tidsperiode, er dette resultatet som forventet. Når prisene på kvoter øker, vil det bli lavere etterspørsel.

6.1.4 Scenario 3: ReFuelEU Aviation

I henhold til funksjonen introdusert i kapittel 4, og dataen introdusert i kapittel 5, får vi en stigende R slik det kommer frem i tabell 12, hvor beregningene kan sees i vedlegg 5.

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
R	0,004	0,0114	0,05	0,08	0,098	0,182

Tabell 12: R Refuel

Utslippsreduksjonen er økende noe som samsvarer med en gradvis reduksjon av fossilt drivstoff. Etter hvert som andelen SAF og syntetisk drivstoff øker vil endringen i utslipp fra BaU være større. Det vil si, endring i utslipp vil gi en større negativ verdi for hvert år. Dette tyder på at U^{RF} vil være synkende, noe som kommer frem i beregningene (se vedlegg 5) og illustreres i tabell 13.

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
U^{RF}	1,23	1,22	1,17	1,12	1,11	1,01

Tabell 13: Utslipp refuel, Mt

Utslipperet korrelerer bra med SAF kravene som kommer med ReFuel Aviation tiltakene. Omsetningskravet er nokså lavt de første årene, før de blir ganske drastiske nærmere 2050. Dette kommer også frem av U^{RF} . Utslipperet i 2025 tilsvarer utslippet i BaU. I 2030 reduseres utslippet med kun 0,01 Mt CO₂, og i denne perioden øker SAF-kravet med 3 %. I årene 2035 og 2050 er det størst vekst i SAF-kravet, dette er også periodene der U^{RF} reduseres mest.

6.1.5 Scenario 4: Overlappende tiltak

I scenario 4 må vi først ta hensyn til den felles prisendringen som oppstår som følge av både minstesatser og EU ETS. Dette gir oss en ny R-verdi som representerer utslippsreduksjonen for både scenario 1 og 2.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
R^{Pris}	0,00	0,01	0,36	0,40	0,43	0,47	0,50	0,55	0,56	0,57	0,59

Tabell 14: Beregning for R^{Pris} , overlappende tiltak

I år 2023 og 2024, er det kun minstesats og BaU prisen som er inkludert i beregningen. Når EU ETS tiltakene blir introdusert i 2025, øker R betraktelig. For også å inkludere ReFuel Aviation i scenario 4, multipliserer vi R^{pris} og R^{refuel} med U^{BaU} for å få U^O . I beregningen ser vi en stor reduksjon i utslipp i året 2025. Etter 2030 anser vi prisen på EU ETS å være fast. Resultatet av beregningen av U^O er gitt i tabell 15, beregningen vises i vedlegg 6.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
U^O	1,23	1,21	0,78	0,74	0,69	0,65	0,61	0,46	0,44	0,43	0,41

Tabell 15: Beregnet utslipp til overlappende tiltak, Mt

Ettersom alle tiltakene vi har sett på reduserer utslipp, vil også U^O synke i perioden frem til 2030. Reduksjonen er nokså lav de første årene med en nedgang på et par titalls tusen tonn i året. I år 2025, når EU ETS tiltakene introduseres, er det imidlertid en drastisk nedgang i utslipp.

6.2 Insentiver for teknologisk utvikling

Utslippsreduksjonen mot 2050 vil i stor grad være påvirket av antagelsene vi gjør om teknologisk utvikling. Vi vil i dette delkapittelet bruke teori til å se på effekten av teknologisk utvikling og hvordan insentivene knyttet til scenarioene kan påvirke utslippet frem mot 2050.

Alle scenarioene vi tar for oss vil i ulik grad og på ulike måter gi intensiv til å bytte til mer miljøvennlige energikilder/teknologi, enten direkte eller indirekte. Når prisen på utslipp øker, vil det ganske åpenbart være mindre lønnsomt å forurense. Flyselskapene vil tilpasse aktiviteten sin etter priser og kostnader, noe som medfører et bytte til grønnere alternativer når prisen på utslipp øker. Flyselskapene vil også tilpasse aktiviteten sin etter teknologien, noe som avhenger av hvor langt den teknologiske utviklingen har kommet. Når teknologien modner, vil etterhvert de mer miljøvennlige alternativene være kostnadseffektive alternativer til utslippstung teknologi. Det er sådan to effekter som påvirker graden av utslipp, nemlig aktivitetstilpasning og teknologitilpasning.

Når det gjelder utslippsreduksjon for luftfarten, er alternativene enten å redusere antall flyvninger eller redusere utslippet for hver km i luften. Dersom man skal redusere antall flyvninger må etterspørselen reduseres, noe som kan gjøres ved å forbedre mulighetene for alternativ transport. Utbygging av toglinjer både nasjonalt og internasjonalt er et eksempel på et kortsiktig tiltak som kan redusere etterspørselen etter flyvninger og dermed utslipp.

Skal man redusere flyvningenes utslippsintensitet på kort sikt, anses bærekraftig drivstoff som det mest realistiske alternativet. I hvor stor grad denne teknologien vil bli tatt i bruk er avhengig av både økonomiske og politiske faktorer. Dersom prisforskjellen mellom SAF og fossilt drivstoff er høy, vil det være lite hensiktsmessig for flyselskapene å fylle SAF utover det de er pålagt av myndighetene. Avgifter og andre former for karbonprising forsøker å gi intensiv til å velge bærekraftige alternativer. Ifølge IATA (u.å.) vil det være nødvendig med en dobling av prisen på fossilt drivstoff for at SAF skal være det rimeligere alternativet, dette anses som politisk urealistisk. Det er derfor viktig at myndighetene også innfører tiltak som påvirker bruk, utvikling og prisen på SAF.

Etter 2030 er det foreslått høye omsetningskrav for SAF gjennom ReFuel Aviation. Dette kan ha både positive og negative effekter på prisen på SAF. Når det blir innført tiltak for å øke graden av SAF vil man oppleve økt etterspørsel. Siden SAF er en relativ ny teknologi, har man ikke kapasitet til å produsere nok til å fylle etterspørselen. Dette fører til en etterspørsel langt høyere enn tilbudet, og dermed høye priser. Videre krever SAF-produksjon en langt

mer kompleks forsyningskjede enn hva konvensjonell fossilt drivstoff gjør, noe som øker produksjonskostnadene til SAF og gjør SAF mindre attraktivt for produsentene og dyrere for konsumentene. Det vil være urealistisk å anta at prisforskjellen mellom SAF og fossilt drivstoff kan løses med kun teknologisk utvikling, uten å ta hensyn til ressursmangel. Teknologisk utvikling vil imidlertid kunne forenkle forsyningskjeden og redusere produksjonskostnadene slik at tilbudet i en større grad kan matche etterspørselen. Når bruken av SAF øker, vil man også kunne oppleve en LbD-effekt. Dette vil kunne være med på å gjøre SAF mer kostnadseffektivt enn det er i dag. Samtidig vil det være overlappende tiltak som påvirker avgiftssatsene på fossilt drivstoff. Dette gjør at man jevner ut prisforskjellen mellom SAF og fossilt drivstoff ved å innføre tiltak som retter seg mot begge typer drivstoff.

I et tidsperspektiv helt frem mot 2050 vil det være langt større stor usikkerhet knyttet mot teknologisk utvikling. Utvikling innen elektriske- og nullutslipp fly anses imidlertid som teknologien med størst potensiale for utslippsreduksjon i denne perioden. Etter hvert som denne teknologien blir mer moden og konkurransedyktig vil det bli lavere etterspørsel etter SAF. I denne kontekst kan vi derfor anse el-fly og SAF som nære substitutter. Vi vil da kunne oppleve et motsatt scenario enn hva vi opplever i dag, det vil si, et tilbud som overstiger etterspørselen. Økonomisk teori vil fortelle oss at prisen på SAF i så fall vil falle. Siden SAF også er et substitutt til fossilt drivstoff kan det tenkes at et stort prisfall på SAF, samt tilgjengelig nullutslipp teknologi, på god vei vil utfase bruken konvensjonelt fossilt drivstoff i luftfartssektoren.

Basert på dagens teknologi, er det dog lite som tyder på at nullutslipp fly vil være et alternativ til fossil drevne rutefly i nærmeste fremtid. Fra et politisk perspektiv, vil det derfor være lite nyttig å innføre tiltak som påvirker aktivitet uten at teknologien blir mer moden. Dagens tiltak er derfor langt mer rettet mot FoU-prosessen, som for eksempel utviklingsfondet til EU som finansieres av EU ETS.

Flyselskapene sin sensitivitet ovenfor prisen på CO₂ kommer frem i elastisiteten

$$E = \frac{\Delta Q}{\Delta P} * \frac{P}{Q} \quad (1.2)$$

Fukui og Miyoshi (2016) anslår at elastisiteten til luftfartsdrivstoff er et sted mellom -0,346 og -0,166. Etter hvert som teknologien modner og prisene blir lavere vil elastisiteten øke ettersom en tilsvarende økning i CO₂-pris fører til en høyere økning i utslippsreduksjon. Elastisiteten vil derfor kunne endre seg betydelig i tidsperioden frem mot 2050. Om prisen på

SAF skulle bli tilnærmet lik prisen på fossilt drivstoff, vil en 1 \$ pris økning på fossilt drivstoff tenkes å ha stor effekt på etterspørselen etter fossilt drivstoff.

6.3 Sensitivitetsanalyse

Vi bestemte oss for å utføre en sensitivitetsanalyse av resultatene vi har presentert over, før vi går videre til diskusjonen. Dette er med grunnlag i at tiltakene enda ikke er implementert og at vi har hatt begrenset tilgang til data og tid. Dette gjør at vår data har en grad av usikkerhet. Vi brukte analysen for å se på de parameterne vi føler kan ha usikkerheter og gjøre de litt mer synlige.

Vi vurderte først å gjøre to sensitivitetsanalyser hvor en var av elastisiteten, mens den andre var den ukjente R-verdien. Mens vi gjorde analysene la vi merke til at de ble identiske hvis vi brukte samme sensitivitetsprosent. Den eneste forskjellen var intervallet på sensitivitetsprosenten, hvor de var mindre ved den ukjente R-verdien og større ved elastisiteten. Derfor kom vi fram til kun å se på sensitivitetsanalysen for elastisiteten, i og med at elastisiteten vil påvirke R-verdien og dermed føre til endringer for resultatene.

Vi tok for oss år 2030 i sensitivitetsanalysen siden det er utgangspunktet til klimamålet. Dette gjelder da for parameterne og resultatene som vil bli påvirket av en endring i elastisitet.

Utgangspunktet for de nye R-verdiene og resultatene vil som nevnt være i 2030.

Det kan være en usikker rundt elastisiteten vi bruker siden det er teori som tilsier at den kan være både lavere og høyere enn den vi bruker. Derfor valgte vi å gjøre en sensitivitetsanalyse hvor elastisiteten går ut ifra ytterpunktene for den langsiktige elastisiteten hvilket Fukui & Miyoshi (2016) kom fram til på -0,346 og -0,166.

	-17 %	0 %	73 %
E	-0,166	-0,200	-0,346

Tabell 16: Sensitivitetsanalyse, E

Fra tabellen over kan vi se at de to ytterpunktene vil være en usikkerhet på -17 % hvis det viser seg at E er mindre og 73 % hvis det viser seg at E er større. Vi endte opp med å bruke de to elastisitetene videre når vi ser på hvordan endringen på elastisiteter kan påvirke R og resultatene.

De to nye verdiene til elastisiteten vil påvirke R i og med at E er en parameter i funksjon 1.3. Denne endringen førte til at vi fikk nye R-verdier for hvert scenario, hvor de nye verdiene kan sees i tabell 17 under. Beregningene for de nye verdiene kan sees i vedlegg 7.

	-0,166	-0,20	-0,346
R^M	0,079	0,095	0,164
$R^{EU\ ETS}$	0,210	0,252	0,436
R^{RF}	0,009	0,011	0,020
R^O	0,455	0,547	0,947

Tabell 17: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på R

Som vi ser i tabellen over vil det selvfølgelig være mer sensitivitet når R-verdiene øker i og med at den er såpass høy i forhold til når verdiene minker.

R^M gjelder for scenarioet om minstesatsen. Resultatet for U^M blir vist i tabell 18 under og beregningene i vedlegg 7. På bakgrunn av utgangspunktet vårt vil vi bruke verdiene fra 2030.

	-0,166	-0,20	-0,346
U^M	1,13	1,11	1,03

Tabell 18: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på U^M i Mt

Noe vi legger merke til er når R-verdien øker fører det til at resultatet vil synke og omvendt med en synkende R. Vi ser her at det ikke har vært de største endringene i utslippene for minstesatsen ved en lav endring. Ved en større endring ser vi at minstesatsen er litt sensitiv hvis det skulle skje endringer, hvor den vil øke med rundt 85 000 tonn CO₂ og med en økning på elastisiteten med 73 %.

$R^{EU\ ETS}$ gjelder for R til scenarioet om EUs kvotemarked. Som nevnt tidligere vil utgangspunktet vårt være til grunn for at vi ser på prisestimatene for fremtidige kvotepriser vi har funnet for 2030. Hvordan resultatet blir påvirket kan sees i tabell 19 under, hvor beregningene er i vedlegg 7.

	-0,166	-0,20	-0,346
$U^{EU\ ETS}$	0,97	0,92	0,69

Tabell 19: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på $U^{EU\ ETS}$ i Mt

Her ser vi at EUs kvotemarked er ganske sensitivt for endringer i og med at ved 73 % har resultatet en endring på rundt 220 000 tonn CO₂. Når vi ser på en lavere endring, ser det ut til

at kvotemarkedet ikke er like sensitivt, da det fører til en endring på rundt 52 000 tonn CO₂. Hvordan vi har kommet fram til disse endringene, kan sees i vedlegg 7.

For ReFuel Aviation, R^{RF} ser vi på verdiene i 2030. Selv om elastisiteten her ikke blir endret for ReFuel, men noe annet, ønsker vi å se på usikkerheten av samme størrelse. Vi ser allerede i tabell 18 at det er mindre endringer på R-verdien, som kan tyde på at resultatene vil ha små endringer. De nye verdiene for U^{RF} kan sees i tabell 20 under og beregningene i vedlegg 7.

	-0,166	-0,20	-0,346
U^{RF}	1,22	1,22	1,21

Tabell 20: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på U^{RF} i Mt

Vi kan se fra tabellen over at ReFuel ikke er sensitiv. Dette stemmer overens med at R-verdiene hadde en liten endring selv når det hadde vært en stor endring. Endringene er ganske små da de går så vidt over 10 000 tonn CO₂.

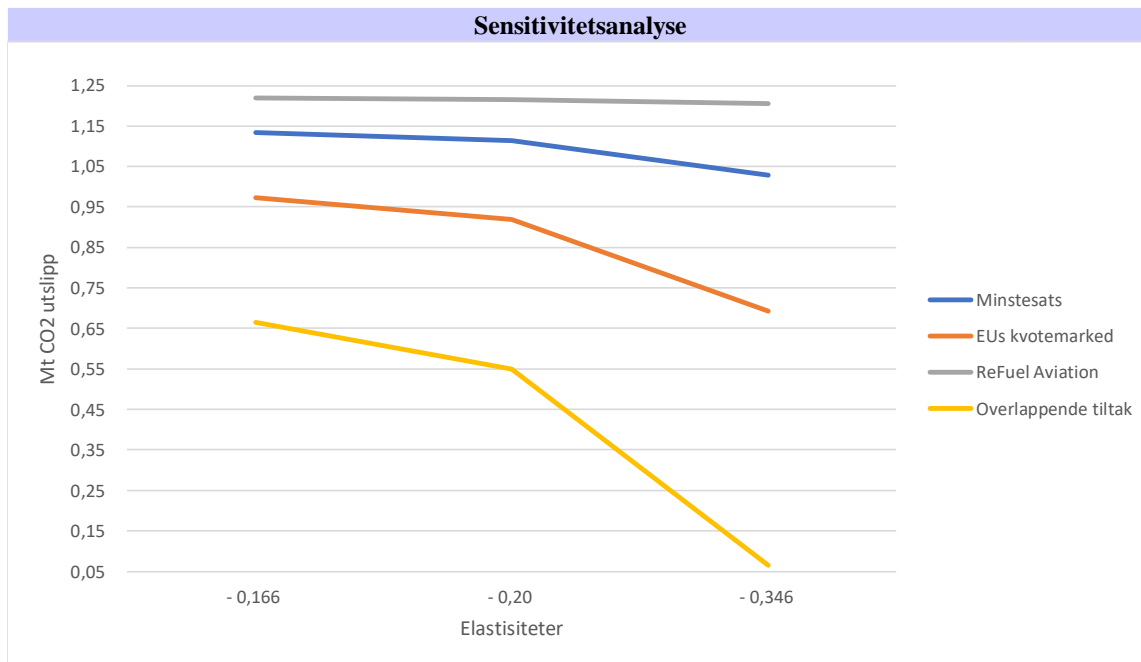
Når vi ser på overlappende tiltak har vi som nevnt tidligere valgt å se på alle scenarioene hvis de skulle skje samtidig og overlappe hverandre. Startåret for dette blir som nevnt 2030. Hvordan endringene på elastisiteten har påvirket resultatet kan sees i tabell 21 under, og hvordan beregningene har blitt i vedlegg 7.

	-0,166	-0,20	-0,346
U^O	0,66	0,55	0,06

Tabell 21: Sensitivitetsanalyse, påvirkning på U^O i Mt

Når vi ser på alle tiltakene sammen vil det føre til at resultatet blir ganske sensitivt for endringer på elastisiteten. Resultatet vil ha en endring på over 450 000 tonn CO₂ ved en endring på 73 %, men også ved en mindre endring på -17 % fører til en endring på over 110 000 tonn CO₂. Den store endringen som fører til at U^O blir 0,06 kan være grunnet den store forskjellen mellom -0,20 og -0,346, som vi har vist til tidligere er på 73 %. En annen grunn kan være det samlede prisestimatet for R-verdien, som inkluderer både prisestimatene til minstesatsen og EU ETS prisestimatene.

Etter å ha beregnet effekten av endringer på elastisiteten og sett på hvert scenario, valgte vi å se dette i en sammenheng i figur 12 nedenfor.



Figur 12: Scenarioene i en sensitivitetsanalyse

I figuren over kan vi klart se at overlappende tiltak er det som blir mest påvirket hvis det skulle være endringer i elastisiteten. En annen ting vi legger merke til er at EUs kvotemarked blir noe påvirket, mens minstesatsen så vidt blir påvirket og ReFuel blir ikke påvirket grunnet den nesten rette linjen.

7. Diskusjon

I dette kapittelet diskuterer vi funnene våre og knytte dette mot relevant teori. Vi benytter oss også av tidligere studier og nevnte klimamål/klimapolitikk for å belyse argumentasjonen. I slutten av kapittelet svarer vi på forskningsspørsmålene våre.

BaU-scenariot baserer seg på dagens tiltak, og at disse varer helt frem mot 2030. For at tallene skal stemme overens med et ekte null-scenario, er det nødvendig å unnlate effekten selve Klar-for-55 forslaget hadde på priser og utslipp, samt effekten av koronapandemien. Koronapandemien hadde en svært stor effekt på utslipp, og da spesielt i flysektoren ettersom det nærmest var total stans i flyvninger verden over. Regjeringen estimerer at utslippsnivået i flysektoren er tilbake på ca. 2019-nivå i 2023. Vi ser for oss at utslippet ville vært høyere enn den er i dag dersom koronapandemien ikke hadde funnet sted. Grunnen til at vi ser for oss dette kommer fra figur 9, hvor vi ser for oss at uten koronapandemien ville utslippene holdt

seg relativt på samme nivå fra 2019 og utover, men at den ville økt på bakgrunn av den økte etterspørselen etter flyreiser.

Vi ser fra resultatene at minstesatsen fører til lavere utslipp enn BaU-scenariet. Hvilket stemmer overens med at minstesatsen fører til en økning på prisen og dermed etter grunnleggende mikroøkonomi som vil føre til lavere etterspørsel av fossilt drivstoff. I følge Perman et al. (2011) er CO₂-avgift en av de vanligste midlene med en miljøeffekt, hvilket er kjent som teknologitilpasning hvor man med avgiften vil gi insentiver til å bruke mer bærekraftige metoder. Dette stemmer overens med minstesatsen siden den vil være med på å øke satsen for fossilt drivstoff og dermed gjøre bærekraftig drivstoff mer attraktivt for luftfarten. Vi synes at utslippsreduksjonene kan virke litt store i og med at luftfarten på kort sikt kan i hovedsak redusere utslippene ved å redusere antall flyvninger eller øke bruket av alternativt drivstoff. Siden etterspørselen etter flyvninger øker, virker det lite realistisk at antall flyvninger reduseres. Økt bruk av SAF virker litt mer realistisk i form av at Miljødirektoratet har kommet med forslag om å øke omsetningsgraden for biodrivstoff til 1,25 % for 2023. Etter hvert som minstesatsen øker vil det være essensielt at graden av avansert biodrivstoff øker med den for at resultatene skal virke realistiske.

Noe som er med på å gjøre bærekraftig drivstoff mer attraktivt for luftfarten kommer av at satsen vil være 0, mens den som nevnt over vil være økende for fossilt. Dermed ser vi for oss en økende utbytting av fossilt drivstoff for bærekraftig drivstoff ettersom minstesatsen øker. Som vi tidligere har nevnt er det på kort sikt ikke mange alternativer for bærekraftig drivstoff og tilbudet er sannsynligvis ikke stort nok til å dekke den økende etterspørselen. Dette kan føre til reduksjoner i antall flyvninger som for eksempel at flyselskapene nekter å betale for den høye satsen for fossilt drivstoff. Ut ifra dette ser vi at bruk av bærekraftig drivstoff for å redusere utslipp, gjøres på to måter: volumeffekt hvor fossilt drivstoff blir byttet ut med bærekraftig og priseffekt hvor drivstoff blir dyrere. Hvis etterspørselen etter flyvninger går opp uavhengig, kan det fortsatt være mer lønnsomt for flyselskapene å betale den høye satsen og opprettholde antall flyvninger enn å kutte tilbudet sitt, inntil det er nok bærekraftig drivstoff for luftfarten.

Fra EU sine egne dokumenter og sider fikk vi informasjon om start- og sluttsatsen på minstesatsen. For satsene imellom de to punktene gjorde vi egne beregninger for hva den skulle være hvert år, noe som kan føre til at prisen i 10-års perioden og dermed utslippene vi har fått kan være litt usikre. Weitzman (1974) legger frem at hvis myndighetene bestemmer

prisen, vil det føre til at utslippsnivået blir usikkert. Det vil si at i vårt tilfelle, siden det er EU som bestemmer prisen på minstesatsen, vil dette kunne føre til usikkert nivå av hvor mye utslipp minstesatsen vil føre til. Selv om det skulle vært en usikkerhet for utslippsnivået, ser vi for oss at nivået vil være lavere enn BaU grunnet høyere pris for minstesatsen.

Høye avgifter assosieres gjerne med lav aksept blant de som er truffet av avgiften. Ved å gradvis øke minstesatsen i stedet for å starte med en høy avgift, kan det gi økt samfunnsmessig aksept. I et kvotemarked som EU ETS, er det ikke myndighetene som setter prisen og ubrukte utslippskvoter kan selges videre. Det kan derfor tenkes at aksepten er noe høyere, ettersom utslippsreduksjon fører til økonomisk gevinst. I tillegg går inntekten fra EU ETS går nesten utelukkende tilbake til medlemslandene. For Norge betyr dette at EU ETS er med på å finansiere statlige ordninger og prosjekter, på lik linje med en avgift. Resterende inntekter fra EU ETS plasserer EU i fond som skal bidra til innovasjon og utvikling innen grønn teknologi, blant annet innovasjons fondet. EU ETS bidrar derfor med inntekt til medlemslandene samt finansiering av grønn teknologi. Fra et samfunnsperspektiv kan det tenkes at disse faktorene ytterligere bidrar til aksept av EU ETS ordningen.

I Klar-for-55 forslaget blir alle gratiskvoter utfaset innen 2026, dette fører til at Norge og andre land må kjøpe kvoter for å opprettholde samme utslippsnivå som tidligere. Det er grunn til å tro at disse tiltakene, i kombinasjon med redusering av utslippsgrensen, vil føre til en høyere kvotepris i årene som kommer. Dette kommer frem i prisestimatene vi har tatt utgangspunkt i, hvor vi ser en jevn prisvekst i årene fremover.

Tar vi utgangspunkt i litteraturen vi har gått gjennom i denne oppgaven, har EU ETS historisk sett hatt størst effekt på kortdistanse og ruteflyvninger, mens den totale effekten har vært nokså svak. Dette er med bakgrunn i prisveksten i EU ETS kvoter i årene 2007 til 2017 i Kang et al. (2022), og fra 2010 til 2016 i Fageda og Teixido (2022). Resultatet vi har kommet frem til viser at EU ETS tiltakene har en betydelig effekt på utslippsreduksjon. Dette kan skyldes en langt høyere prisøkning i tidsperioden vi har tatt utgangspunkt i, sammenlignet med perioden Fageda og Teixido (2022) og Kang et al. (2022) ser på. Fageda og Teixido (2022) foreslår økte karbonpriser og eliminering av gratiskvoter som tiltak for å øke effekten av EU ETS, noe som stemmer godt overens med foreslåtte Klar-for-55 tiltak. Videre argumenterer litteraturen for at tiltakene bør være i kombinasjon med andre tiltak rettet mot eksempelvis utslippsintensiteten til flyvningene. Refuel Aviation-tiltakene gjør nettopp dette ved å sette omsetningskrav til SAF i flyvninger.

ReFuel Aviation-tiltakene viser seg å ha en reduserende effekt på utslippet, selv om denne effekten er ganske liten. Dette er imidlertid ikke så overraskende ettersom SAF-andelen som kreves i flyvningene er relativt lav frem til 2035. I 2035 og utover øker denne graden betydelig og utslippet faller dermed betydelig mer enn tidligere år. Med tanke på dagens prisforskjell mellom SAF og fossilt drivstoff, vil det være urealistisk med høye omsetningskrav for SAF før prisene utjevnes. ReFuel Aviation vil sådan være avhengig av teknologisk utvikling i årene som kommer, slik at omsetningskravet er gjennomførbart for flyselskapene uten å miste konkuranseevne internasjonalt. Innovasjonsfondet til EU ETS kan bidra til innovasjon innen SAF og har et stort fokus på nettopp dette. Dette er imidlertid en kostbar metode å effektivisere teknologi. En viktig bidragsyter for effektiviseringen av SAF i årene som kommer vil kunne være markedet. Etterhvert som SAF blir mer tatt i bruk, vil LbD-effekten kunne føre til økt innovasjon og diffusjon. Dette dreier seg stort sett om en såkalt «demand-pull»-innflytelse, der teknologisk utvikling skjer som følge av etterspørselen i markedet.

Tidligere har mesteparten av teknologisk utvikling vært rettet mot konvensjonelt fossilt flydrivstoff. Denne effektiviseringen har derimot blitt jevnet ut av en stor økning i etterspørselen etter flyreiser, som påpekt av Heiaas (2021). Heiaas (2021) mener derfor at effekten av EU ETS, som et markedsbasert verktøy, ikke har vært slik teorien skulle tilsi. ReFuel Aviation tiltakene er et «Command-and-control»-tiltak, og kan derfor bidra med en raskere overgang til bærekraftig drivstoff enn hva et markedsbasert verktøy kan.

Vi har nå sett på to former for effektivitet, karbonprising hvilket er samfunnsøkonomisk effektivt, samt SAF og EU ETS som er styringseffektivt. Karbonprising har både et prisinstrument, CO₂-avgift og kvantitetsinstrument, kvotepris, hvilket viser til muligheten til å kunne oppnå kostnadseffektivitet til lavest mulig kostnad på forskjellige måter. Med prisingen går man direkte på kilden av utslippene og sørger for at det er de som betaler. Karbonprising kan som nevnt tidligere føre til teknologi tilpasning og adferdsendring. Derimot kan det være kostbart siden det må være på plass overvåkende systemer for «cap-and-trade» i kvotemarkedet. Karbonprising har også risiko for feilbedømmelser av for eksempel antall kvoter og setter før høy/lav pris. SAF i seg selv er et virkemiddel for å bidra til at de satte målene blir realisert. Hvordan dette har blitt introdusert i Klar-for-55 er gjort oversiktlig og gir en forutsigbarhet og forståelse for kravene frem mot 2050. Etterhvert som andelen SAF øker, vil etterspørselen og bruken av fossilt drivstoff reduseres. En negativ side ved SAF er at det kan være en usikkerhet siden tiltakene har en mulighet for å endres

ettersom tiden går og en kanskje legger merke til at noe må endres for å faktisk kunne nå målene som er satt.

Benytter man seg derimot av begge effektivitetene vil det kunne føre til større utslippsreduksjoner i og med at det både er karbonprising og SAF-krav. Dette vil på sikt gi muligheten til å utligne prisforskjellene, spesielt da mot SAF og fossilt drivstoff, hvilket kan gjøre det mer attraktivt å gå for SAF. Ved å benytte seg av begge kan det være en fare for reduksjon i pris, for eksempel kvoteprisen i stedet for utslippet, hvilket gjør at det blir mindre kostnadseffektivt med begge. Går luftfarten for å redusere sine utslipp med bruk av SAF, vil de kunne frigjøre sine kvoter i kvotesystemet, hvilket fører til at andre sektorer har muligheten til å kjøpe kvotene. Dette kan føre til at utslippene i andre sektorer øker, kjent som «waterbed effekt».

Vi ser av resultatet til scenario 4 at den overlappende effekten av tiltakene fører til en betydelig utslippsreduksjon. I år 2023 og 2024 er det kun minstesats-tiltakene som er tatt hensyn til, det er derfor kun en liten nedgang i U⁰ disse årene. I 2025 inkluderes både ReFuel og EU ETS tiltakene, noe som gjør at U⁰ faller betraktelig. Ettersom SAF-kravene til ReFuel Aviation oppjusteres hvert femte år, er utslippsreduksjonen betraktelig høyere hvert femte år etter dette.

I den forstand at overlappende tiltak til karbonprising har en betydelig effekt, kan våre resultater tolkes likt med hva Kristensen & Thune-Larsen (2022) konkluderer med. Kristensen & Thune-Larsen (2022) argumenterer for at karbonprising alene har liten effekt så lenge fossilt drivstoff fortsatt er dyrere enn SAF. Når man inkluderer et «command-and-control»-verktøy slik som ReFuel Aviation, vil markedet måtte tilpasse seg og prisforskjellene vil etterhvert utjevnes. Hvilken effekt disse tiltakene vil ha på innovasjon innen bærekraftig drivstoff er usikkert. Tidligere litteratur peker derimot på LbD-effekt som oppstår når en teknologi opplever økt bruk.

Dagens tiltak og tiltakene mot 2030 kan både ha et kortsiktig- og langsiktig perspektiv, hvor forskjellen mellom dem er hvilke effekter de gir. På kortsikt vil økte karbonpriser gjøre grønne substitutter mer attraktivt. Ifølge Kristensen & Thune-Larsen (2021), vil dog denne effekten være svak når prisforskjellen mellom SAF og fossilt drivstoff er like stor som den er i dag. En økt karbonpris vil imidlertid i mange tilfeller tilfalle kundene, noe som kan bidra til å redusere etterspørselen i luftfartssektoren. Karbonprisingen kan gi langsiktige effekter hvis den har et grunnlag hvor det er forventet en solid og høy karbonpris etter 2030, som kan

hjelpe å bidra til teknologisk utvikling som elektriske fly. Det fremkommer ikke noe informasjon fra EU om det vil være endringer i EU ETS etter 2030, men vi antar at den enten vil fortsette slik den er lagt frem i Klar-for-55 eller at den blir strengere. Dette vil gi oss signaler for karbonprisen utover 2030.

ReFuel Aviation-tiltakene har et langt mer langsiktig perspektiv enn hva de andre tiltakene har. Ved at tiltakene varer helt frem til 2050, vil markedet tidlig etterspørre teknologisk utvikling innen SAF. EU har imidlertid ikke innført endringer som påvirker ETS-systemet etter 2030. Ambisiøse klimamål og i økende grad streng klimapolitikk, gir grunn til å tro at det kommer flere tiltak som øker karbonprisen, også etter 2030. Dette gir signal til markedet om at prisene vil øke, også etter 2030. Dette vil kunne sette i gang en «demand-pull»-effekt, der markedet etterspør innovasjon innen lavutslippsteknologi. I et langsiktig perspektiv gjelder dette spesielt nullutslippsfly. Kortsiktige tiltak vil dermed kunne ha langsiktige effekter på teknologisk utvikling ved å gi signaler om en høyere pris i fremtiden.

Hvis vi ser på dagens tiltak kun som kortsiktige, er det fordi tiltakene skal føre til økte priser på fossilt drivstoff og ved dette gi insentiver for innovasjon av mer bærekraftige løsninger, for eksempel bærekraftig drivstoff. Et eksempel er EU sitt innovasjonsfond for å finansiere FoU av tidlig fase for grønn teknologi. Innovasjonsfondet, hvilket finansieres av EU ETS-kvoter, retter seg i større grad mot «push-pull»-effekten. Fondet skal finansiere FoU innen lav-karbon teknologi, hvor et av fokusområdene er nullutslippsfly. Pizer & Pol (2008) påpeker at subsidiert FoU er en svært kostbar og krevende måte å øke tempo på teknologisk utvikling. En rekke forskere argumenterer imidlertid for at eventuelle patenter som oppstår som følge av FoU, kan gi store sosiale gevinster (Jaffe & Palmer, 1997; Lanjouw & Mody, 1996; Brunnermeier & Cohen, 2003). Patentene kan bli sett på som en form for kunnskapsdeling og gir dermed mulighet for ytterligere innovasjon. Ut fra det vi har nevnt over om tiltakene, tror vi de vil være med på å kunne forsterke og hjelpe i gang innovasjonen og den teknologiske utviklingen for luftfarten. Selv flere selskaper innad i luftfarten har inngått et samarbeid om etableringen av et grønt luftfartprogram, hvilket vi har nevnt tidligere. Dette viser at luftfartsnæringen tar initiativ og har et ønske om alternativer til fossil luftfart.

Utslippsendringen vil være påvirket av både aktivitetsendring og teknologitilpasning, en kombinasjon av tiltak som påvirker begge disse to effektene ansees derfor som kritisk for å

redusere utslippet. Noe annet som kan påvirke utslippet, vil være endringer i variabler som vi har brukt i analysen.

En variabel som er essensiell for vår oppgave er utslippselastisiteten på $-0,20$, hvilket vi fikk fra Finansdepartementet. Ser vi mot tidligere forskning om elastisitet for luftfartssektoren er vår valgte elastisitet innenfor intervallet Fukui og Miyoshi (2016) mente var av signifikant verdi for en langsiktig elastisitet. Dette var noe vi ville se nærmere på og valgte derfor å bruke Fukui og Miyoshi's ytterpunkter for langsiktig elastisitet i en sensitivitetsanalyse. Sensitivitetsprosentene vi brukte i analysen er -17% for elastisiteten på $-0,168$ og 73% for elastisiteten på $-0,346$, hvor elastisitetene er ytterpunktene til Fukui og Miyoshi. Vi legger merke til at det er stor distanse mellom 73% og utslippselastisiteten vi har brukt i analysen.

Ved bruk av elastisitetene nevnt over, legger vi merke til at overlappende tiltak blir veldig påvirket av endringene, grunnen til dette som vi tidligere har nevnt kan være den store differansen mellom elastisitetene og et høyt samlet prisestimat. Mens EUs kvotemarked blir noe påvirket som kan være på bakgrunn av høye prisestimer for kvoteprisene. Dette indikerer at når vi ser på de tre scenarioene sammen og får høyere prisestimat hvilket fører til høyere R, er det større mulighet til å få mer utslippsreduksjoner. I 2030 ser vi at overlappende tiltak kan variere fra rundt 100 000 tonn CO₂ og til nesten 500 000 tonn CO₂. For de andre tiltakene er det ikke like store svingninger hvor det varierer fra rundt 2 000 tonn CO₂ på det laveste til rundt 200 000 tonn CO₂ på det høyeste. Vi ser at resultatet for de tre scenarioene med prisestimat er sensitivt, der en liten endring på elastisitet øker sannsynligheten for mer utslippsreduksjoner som stemmer overens med hva Flora og Vargiolu (2019) fikk når de så på sammenhengen mellom investeringer og kvotepriser. Mens det er så vidt en endring for scenarioet med utslippsestimat og vil dermed tyde på at den er lite sensitiv.

Fra tidligere litteratur blir klimaøkonomiske sensitivitetsanalyser brukt til å formidle effektene av endringer, hvilket stemmer overens med hva vi gjorde i vår sensitivitetsanalyse. Her viser vi at hvis det hadde vært endringer i utslippselastisiteten vil den påvirke hvor store utslippsreduksjonene vil være for hvert scenario. Utslippsreduksjonene med eller uten endringer vil fortsatt kunne påvirke hvordan Norge setter sin klimapolitikk- og mål.

Siden vi kun ser på luftfarten, fører det til at resultatene våre ikke vil kunne vise til at Norge faktisk kan klare sine mål, men heller gi en indikasjon på om tiltakene fungerer eller ikke. Dette gjelder spesielt for klimamålene siden andre sektorer også er inkludert, grunnet at luftfarten er kun en liten sektor. I og med at luftfarten hovedsakelig er kvotepliktig, kan det

bety at tiltakene hvilket omhandler luftfarten ikke vil ha en signifikant effekt på oppnåelse av norske klimamål i 2030. Vi vil dermed heller bruke tiltakene for luftfarten som indikasjoner på hvordan Norge ligger an mot 55 % utslippsreduksjon i 2030 og 90-95 % utslippsreduksjon i 2050, sammenlignet mot 1990.

Ut ifra resultatene vi har fått gir de en grei indikasjon mot å nå målene mot 2030. Vi legger merke til at ser vi på de tre scenarioene hver for seg og legger reduksjonene sammen gir det 35,9 % utslippsreduksjon i 2030, mens ved overlappende tiltak gir 63 % utslippsreduksjon, hvor utregningene kan sees i vedlegg 8. Utslippsreduksjonene er resultatene vi har fått ved å sammenligne scenarioene mot BaU-scenarioet. Disse utslippsreduksjonene vi har fått, bruker vi for å finne ut utslippene i 2030 og 2050, hvilket gir 0,789 Mt CO₂ og 0,455 Mt CO₂ for 2030 og 0,529 Mt CO₂ og 0,415 Mt CO₂ for 2050, hvor beregningene er i vedlegg 8. Det første utslippstallet kommer fra når vi ser på scenarioene hver for seg og legger utslippsreduksjonene sammen og det andre utslippstallet kommer fra overlappende tiltak scenarioet.

For å kunne gjøre en sammenligning mot 1990-tallet på hvordan Norge ligger an med sine utslippsreduksjoner, må vi finne ut hva utslippet fra luftfarten var i 1990. Fra figur 9 ser vi at utslippene på 1990 holder seg relativt stabilt på rundt 1,0 Mt CO₂-ekvivalenter, mens den som nevnt tidligere er 1,23 Mt CO₂-ekvivalenter i 2023. Dette betyr at det har vært økning på 18,7 % i utslippene for luftfarten fra 1990 til 2023. Beregningene kan sees i vedlegg 8. Sammenligner vi de beregnede utslippene i 2030 med 1990 ser vi at det har vært en reduksjon på 21,1 % når vi ser på scenarioene hver for seg og legger de sammen, mens reduksjonen har vært på 54,4 % med overlappende tiltak. Dette gir gode indikasjoner på at luftfarten har mulighet til å «dra sin del av lasset» på vei mot Norges klimamål. Bakgrunnen for det er at luftfarten kun står for 2 % av utslipp og hvis det viser seg at de andre sektorene har utslippsreduksjoner på samme nivå eller høyere enn det vi fikk for luftfarten, er det sannsynlig at totale utslippsreduksjoner vil være nærme målene.

Ut ifra Norges betydning for å være et klimanøytral vil klimamålet også bli påvirket av at andre land reduserer sine utslipp tilsvarende eller mer. Som nevnt vil EUs kvotemarked være et virkemiddel for dette, men også tiltakene i Klar-for-55, siden alle medlemsland i EU- og EØS må vedta tiltakene i sine lovverk. Medlemslandene blir nødt til å redusere sine utslipp for å nå utslippsreduksjons nivåene som er satt. Hvis vi ser på utslipp på internasjonalt nivå, står Norge for svært liten andel av utslippet i luftfartssektoren. På bakgrunn av dette føler vi

at omfanget til Klar-for-55 vil være viktig, siden det omfatter en stor andel av EU-land, hvor mange av dem har mer utslipp enn Norge.

Resultatene for 2050 derimot gir 57 % utslippsreduksjon når vi ser på de tre scenarioene hver for seg og legger reduksjonene sammen, mens vi med overlappende tiltak får 66,3 %.

Klimamålet for 2050 handler om at Norge skal være et lavutslippssamfunn med utslippsreduksjoner på 90-95 % hvilket vi har nevnt tidligere. Sammenlignet med 1990 har vi en utslippsreduksjon på 54,4 % når scenarioene er hver for seg og vi legger de sammen, mens en utslippsreduksjon på 58,5 % ved overlappende tiltak. Vi synes at dette virker litt lavt og gir en indikasjon på at noe må skje for luftfarten for å komme nærme klimamålet. Det kan være en mulighet for Norge å oppnå målet ved at de sektorene med større utslipp har høyere utslippsreduksjoner enn det vi fikk for luftfarten, hvilket vil være viktig.

Utslippsreduksjoner på 90-95 % innen 2050 er ambisiøst og vil være avhengig av teknologisk utvikling. For en sektor så utslippsintensiv som luftfartssektor, kan dette målet kreve at nullutslippsfly i stor grad har erstattet alle fossile flyvninger. Det vil derfor være lite hensiktsmessig å si mye om effekten Klar-for-55 pakken har på utslippet i 2050, uten å ta hensyn til teknologisk utvikling. Vi har diskutert tidligere hvordan flysektoren sine forventninger om fremtidige karbonpriser skaper etterspørsel etter innovasjon i alternativ teknologi som er levedyktig i fremtiden. Når Norge kommuniserer mål om et lavutslipp samfunn og med det utslippsreduksjoner på 90-95 % innen 2050, styrker dette forventningene om høye karbonpriser og streng klimapolitikk i fremtiden.

Ser vi det fra luftfartens perspektiv, virker det positivt at teknologisk utvikling og innovasjon kan påvirkes av tiltakene og føre til inspirasjon til å gjøre noe med det. Med dette i tankene virker det innenfor rekkevidde at Norge i 2050 kan være et nullutslippssamfunn, men vil også være avhengig på at de andre sektorene har en god teknologisk utvikling og innovasjon mot bærekraftige løsninger og nullutslipp. Vi har tidligere nevnt at andre transportsektorer ligger foran luftfarten når det gjelder bærekraftige løsninger for eksempel elbiler- og trailere. Dette betyr imidlertid ikke at andre sektorer nødvendigvis har opplevd mer teknologisk utvikling enn luftfartssektoren. Faktisk har luftfartssektoren blitt langt mindre utslippsintensiv over de siste tiårene. Det er en økt etterspørsel etter flyreiser som har gjort at utslippet har økt. Utfordringen er at omstilling vekk fra fossilt drivstoff lettere lar seg gjøre for andre sektorer. Et fly vil eksempelvis kreve langt mer fra et batteri enn hva en bil gjør. Bilindustrien vil derfor være tidligere ute med bærekraftige alternativer til fossilt drivstoff enn flyindustrien.

Det kan derfor diskuteres om de svake resultatene litteraturen peker på når det gjelder EU ETS, overskygger en stor økning i etterspørsel i flyreiser, samt utfordrende teknologi som gjør det vanskelig med brå innovasjon.

Luftfartssektoren kan anses å ha en svært høy marginal rensekostnad. Det vil si, sektoren har dyre og få alternativer til å redusere utslipp. Matematisk betyr dette at en prisøkning ikke vil redusere utslippet i like stor grad som i sektor med lav rensekostnad. Dersom prisen på EU ETS-kvoter øker, vil luftfartssektoren være mer tilbøyelig til dette og dermed fortsette å kjøpe tilsvarende antall kvoter, ettersom dette er billigere enn å redusere utslippet sitt. Andre sektorer med lav marginal rensekostnad kjøper færre kvoter siden det nå er billigere å redusere utslippet. Dette gjør at luftfartssektoren er med på å redusere utslippet i andre sektorer. Disse faktorene vil også påvirke kostnadseffektiviteten til tiltakene i luftfarten. Dersom det er billigere å kutte utslipp i andre sektorer, vil det være mer kostnadseffektivt å rette tiltak mot denne sektoren sammenlignet med luftfartssektoren. Styringseffektive tiltak som retter seg mot luftfarten, eksempelvis ReFuel Aviation, er derfor relativt milde i starten i håp om at teknologisk utvikling vil gi flere muligheter til utslippsreduksjon i fremtiden, da det stilles strengere krav.

Det er mulig at tiltakene vi har ment er EØS-relevante, ikke blir sett på som relevante gjennom EØS-avtalen. Hvis dette skulle være tilfelle er det mulighet for at de blir inkludert som tiltak for Norge via norsk lovgivning, eller at de blir endret for å inkludere Norge. En grunn vi har nevnt tidligere for at Norge burde inkludere tiltak som ikke er inkludert i EØS-avtalen, er fordi Norge sannsynligvis kan bli direkte eller indirekte påvirket av andre land sine klimatiltak. For Norge er det også mulighet å redusere utslippet samtidig, uten å være i fare for å svekke Norges konkurransevne internasjonalt, ettersom EU-landene har implementert samme tiltak.

Vi endte opp med å gjøre en del antagelser ettersom de fleste av tiltakene i Klar-for-55, fortsatt var i diskusjon i EUs parlament- og råd. Slik vi tidligere har nevnt har en del av tiltakene i Klar-for-55 blitt vedtatt i etterkant av da vi startet med oppgaven. Det er kun et av tiltakene for luftfarten som har blitt vedtatt i etterkant og omhandler at utslippet fra luftfarten i EU ETS skal reduseres med 62 % i stedet for 61 %. Denne endringen kan føre til at kvoteprisen vil bli høyere, da man nå vil redusere mer enn hva som ble foreslått tidligere. Sammen med endringen om hvor mye utslipp som skal reduseres, ble det også vedtatt at utfasingen av gratiskvoter skal skje ett år tidligere enn hva opprinnelig foreslått fra 2027 til

2026. Dette betyr at luftfarten må begynne å betale for alle sine kvoter ett år tidligere, da de ikke vil få flere gratiskvoter fra og med 2026, og vil gi EU ETS muligheten til å få inn mere inntekter.

De andre tiltakene som omhandler luftfarten som vi har sett på har enda ikke blitt vedtatt i Klar-for-55. Det er derfor en mulighet for at de vedtatte tiltakene kan ha påvirkning på tiltakene for luftfarten når de blir vedtatt. Vi ser for oss at det kan være justeringer for å stramme opp og dermed gi høyere krav til for eksempel andelen av bærekraftig drivstoff og hvor høy minstesatsen skal være. Dette kan skje fordi når enn ser på hvordan man kan nå målet, må man være enda strengere med tiltakene. Hvis prisene eller utslippsreduksjonen skulle ende med å øke, kan dette føre til høyere priser for tiltakene og dermed mer utslippsreduksjoner hvis en tar i bruk våre modeller. Hvis kravet og andelen av bærekraftig drivstoff øker så kan dette føre til at produksjonen og insentiver til innovasjon øker for å finne løsninger og klarer målet, men også at utbyggingen mot fossilt drivstoff kan skje tidligere enn hva vi har sett på og dermed får mer utslippsreduksjon.

Utslippsverdien vi valgte for BaU baserer seg som nevnt tidligere på utslipp fra 2019, hvor vi gjorde en antagelse om at den ville være lik i 2023. Vi følte at det var en antagelse vi kunne gjøre ut ifra de egne antagelsene det virket som regjeringen hadde gjort i sin klimastatus- og plan for 2022-2023. I figuren vist i delkapittel 5.1 har de flatet ut utslippene fra kvotepliktig luftfart i 2023 for nivået i 2019. Selvfølgelig er det mulighet for at antagelsen ikke er riktig og hvis dette skulle skje vil resultatene vi har fått være litt annerledes.

Vi la til grunnlag for minstesatsen at den ble inkludert med CO₂-avgiften, men det hadde også vært en mulighet at minstesatsen ville erstatte CO₂-avgiften. Her ville vi latt minstesatsen kun erstatte CO₂-avgiften hvor den hadde vært høyere. Det vil si at minstesatsen og kvoteprisen lagt sammen må være høyere enn hva samlet pris var i BaU-scenarioet, altså CO₂-avgift + kvoteprisen. Bakgrunnen for dette er at vi føler det ville vært merkelig å ta i bruk en skatt lavere enn CO₂-avgiften som allerede er i bruk. Derfor ville det ikke vært noe endring i pris så lenge avgiften er høyere enn minstesatsen. I analysen valgte vi å se på minstesatsen, kvoteprisen og CO₂-avgiften lagt sammen, hvilket fører til at prisestimatet var høyere enn samlet pris i BaU-scenarioet.

Vi gjorde egne antagelser for BaU, hvilket ga oss en samlet karbonpris på rundt 925 kr/tonn CO₂ i 2030. Dette på bakgrunn av at vi så på en situasjon før hverken Klar-for-55 eller pandemien skjedde. I luftfartsstrategien, og som nevnt av Solberg regjeringen, har det

tidligere blitt lagt frem et anslag om en samlet karbonpris for luftfarten på rundt 2 000 kr/tonn CO₂ i 2030. Luftfartsstrategien sitt anslag kom ut mars 2023, mens Solberg regjeringen kom med sitt anslag i klimaplanen for 2021-2030. Hvilket betyr at både Klar-for-55 og pandemien sine påvirkninger mest sannsynlig er tatt med i avgjørelsen om samlet karbonpris. Hvis vi hadde brukt regjeringen sitt anslag ville det ført til at prisforskjellen til scenarioene med prisestimatene hadde blitt mindre og dermed hadde vi fått lavere utslippsreduksjoner. Ville heller ikke fått helt riktige tall, siden vi ikke har konkrete utlippstall for 2023, og de vil nok ikke være tilgjengelig før starten av 2024. Det er en stor sannsynlighet for at vi kunne ha valgt helt feil utlipp, hvis vi skulle prøvd å estimere hva det ville vært i 2023 selv og brukt dette til analysen.

Med tanke på EU ETS tok vi ikke hensyn til at mindre EU ETS kvoter for luftfarten, vil kunne påvirke andre sektorer mer enn luftfarten. Ettersom luftfarten er inkludert i EU ETS og ikke har mange alternativer for å redusere utlipp sammenlignet med andre sektorer, vil flysektoren slippe ut like mye og kjøpe kvoter, prisene går opp og andre sektorer kjøper mindre. Med det reduseres utslippet totalt sett. Det er imidlertid diskusjon hvorvidt denne effekten er blir utjevnet av «waterbed effekten». Det vil si, dersom andre sektorer frigjør sine kvoter, kan det tenkes at andre sektorer (eksempelvis luftfarten) slipper ut mer, ettersom flere kvoter blir tilgjengelig.

Vi har ikke tatt hensyn til konsumentene. Tidligere har utslippsreduksjon i flysektoren blitt utjevnet fordi konsumentene etterspør flere flyreiser. Dersom Norge skal nå klimamålene kan det være nødvendig med tiltak som også retter seg mot konsumentene, for eksempel kan det være endringer i tax-free ordningen hvilket gjør at en ikke kan kjøpe like mye som før per person eller flypassasjeravgiften hvilket vi har nevnt tidligere vil gjøre det dyrere for en flybillett.

Fra alt vi har gått igjennom både det teoretiske, analysen og diskusjonen viser det til at minstesatsen i Klar-for-55 slik vi har beregnet det, vil føre til utslippsreduksjon og mest sannsynlig økning i innovasjon for luftfarten, som vi tidligere nevnte var et av målene med minstesatsen. Slik vi kan se i vedlegg 8, vil endringene i EUs kvotemarked føre til litt over 30 % utslippsreduksjon i forhold til BaU, og dermed at dette har noe grad med tanke på utslippsreduksjon. Når vi ser på graden mot innovasjon, vil EU ETS sitt innovasjonsfond føre til mer innovasjon av bærekraftige løsninger og grønnere teknologi. ReFuel har en liten effekt på utslippsreduksjon i de første 10-årene, før det kommer en litt større effekt. Ved å øke

kravene til graden av bærekraftig drivstoff, vil forhåpentligvis føre til mer innovasjon siden økt bruk av teknologi ofte fører til lavere kostnader og gjøre det mer attraktivt.

Ser vi på de tre scenarioene sammen og hvordan de overlapper hverandre, ser vi at fra 2025 når alle tiltakene er iverksatt, fører dette til en mye større utslippsreduksjon enn når vi ser på scenarioene individuelt. De overlappende tiltakene vil ikke ha en stor utslippsreduksjon og effekt før 2025 siden det kun er minstesatsen som er iverksatt. Fra vedlegg 8, ser vi i 2030 en reduksjon på 63 % av utslippet sammenlignet med BaU-scenarioet, hvilket indikerer at når tiltakene kombineres har de en stor effekt. Mot tidligere litteratur stemmer dette overens siden utslippsreduksjonene blir mer omfattende og dekkende siden vi ser på både prissiden og utslippssiden, men det fører også til økte priser og flere regler og krav luftfarten må overholde.

8. Konklusjon

Siste og avsluttende del vil vi bruke til å kort oppsummere hovedfunnene og komme med en konklusjon til denne oppgaven. Vi vil også bruke denne delen av oppgaven til å reflektere over begrensningene ved denne oppgaven, samt komme med forslag til videre forskning.

Denne oppgaven hadde som mål å undersøke hvilke effekter Klar-for-55 tiltakene for luftfarten har på norske klimamål. Undersøkelsen er basert på fire scenarioer. Et scenario for hvert selvstendig tiltak, samt et scenario for alle tiltakene kombinert. For hvert scenario har vi funnet en utslippsreduksjon som er basert på utslipp- eller prisendringene som følger av tiltakene som inngår i scenarioet. Utslippsreduksjonen bruker vi sammen med BaU-utslippet til å finne utslippstallene til hvert scenario.

Resultatet viser at alle scenarioene bidrar til utslippsreduksjon i luftfartssektoren. Selvstendig fører EU ETS tiltakene til mest utslippsreduksjon, etterfulgt av minstesats. Dette skyldes at EU ETS tiltakene har den sterkeste effekten på karbonprisen i tidsperspektivet vi tar utgangspunkt i. ReFuel Aviation tiltakene har også en god effekt på utslipp, men ettersom tidsperspektivet er betydelig lengre og tiltakene innføres gradvis over denne 30 års perioden, vil effekten de første årene ikke være like markant sammenlignet med de andre scenarioene. Når alle tiltakene kombineres, ser vi en svært god effekt på utslippsreduksjon..

EU ETS og minstesats tiltakene vil direkte bidra til økte karbonpriser. På kort sikt vil økte karbonpriser gjøre bærekraftig drivstoff mer attraktivt. Økte karbonpriser i dag vil også

påvirke forventningene om fremtidige karbonpriser i et langsiktig perspektiv, dette vil kunne gi signal til markedet om å tilpasse seg en grønn fremtid.. ReFuel Aviation tiltakene har en styringseffektiv fremgangsmåte, der det settes krav til andel bærekraftig drivstoff. På grunn av økt etterspørsel etter flyreiser, har tidligere litteratur påpekt at markedsbaserte verktøy totalt sett, har hatt liten effekt på utslipp. Når man inkluderer et “Command-and-control”-tiltak som ReFuel Aviation, vil man kunne se en raskere overgang til bærekraftig drivstoff.

I henhold til teknologisk utvikling, har vi sett på bærekraftig drivstoff, og nullutslippsfly i denne oppgaven. Disse to teknologiene kan bli regnet som nære substitutter. Vi ser derfor for oss en effekt der økte karbonpriser, samt omsetningskrav til bærekraftig drivstoff, fører til en innovasjon og diffusjon i bærekraftig drivstoff. Forventningene til fremtidige karbonpriser og streng klimapolitikk, vil øke etterspørselen også etter nullutslippsfly. Dette er sentralt dersom Norge skal nå sitt mål om å være et lavutslippssamfunn innen 2050.

Selv om flysektoren er en svært utslippsintens sektor, står sektoren for en relativt lav andel av det totale utslippet i Norge. Det er derfor viktig å påpeke at oppnåelsen av norske klimamål, i stor grad er avhengig av andre sektorer enn luftfartssektoren. Luftfartssektoren er imidlertid i en posisjon der det finnes få levedyktige alternativer til fossilt drivstoff. Dette kan tolkes som at sektoren er avhengig av politiske tiltak for å klare å omstille seg til et lavutslippssamfunn. Klar-for-55 tiltakene vil skape etterspørsel i luftfartssektoren etter teknologisk utvikling, samtidig viser det seg at tiltakene har en god effekt på utslipp. Avslutningsvis, vil vi derfor konkludere med at Klar-for-55 pakken har en positiv effekt på norsk luftfartssektoren når det gjelder oppnåelsen av Norges klimamål.

8.1 Forslag til videre forskning

Vi har som nevnt gjennom oppgaven vår hatt begrensninger hvilket har gjort at vi utførte oppgaven slik vi gjorde den. Tidsbegrensning har vært en av de viktigste begrensningene hvor vi lagde og fulgte planen med stramt tidsskjema. Tilgangen på ressurser og informasjon har til tider vært begrenset hvor det kun har vært oss to og har brukt internettet og offentlig informasjon som er tilgjengelig.

Etter hvert som tiltakene i Klar-for-55 blir vedtatt i lovgivning og satt i gang vil det være en mulighet til å kunne gjøre flere analyser, enten det er kun for luftfarten eller at man også vil inkludere tiltak for andre sektorer. Her vil det også være mulighet til å bruke de enkle

funksjonene vi lagde med mer komplekse og større datasett i og med at det da vil være mer data tilgjengelig rundt tiltakene.

Det kan også være en mulighet å gå mer i næringslivsperspektivet for luftfarten, ved å se på hvordan flyselskapene kan bli påvirket av tiltakene. Men vi føler at det er noe som kan bli gjort etter tiltakene er iverksatt for å kunne se fulle effekten.

9 Referanser

Aldy, et al. (2010). "Designing climate mitigation policy." *Journal of Economic Literature* 48(4): 903-934.

Arneberg, H. & Larsen, S. K. (2013, 8. april). Så mye mer forurenses privatflyene. *Nettavisen, Nyheter*. <https://www.nettavisen.no/nyheter/sa-mye-mer-forurenses-privatflyene/s/12-95-3596906>

Ask, A. O (2023, 27. april). EU har reformert ETS, innført «klimatoll», faset ut fossilbilen og gjort skipsfarten grønnere. Energi og klima, *EU-korrespondenten*, <https://energiogklima.no/nyhet/brussel/europaparlamentet-og-eus-ministerrad-avgjør-na-norges-klimapolitikk/>

Blaker, M. (2021, 3. november). Norge har forpliktet seg til enorme utslippskutt. Hva skjer om vi ikke når klimamålene? *Nettavisen – Økonomi*. <https://www.nettavisen.no/okonomi/norge-har-forpliktet-seg-til-enorme-utslippskutt-hvaskjer-om-vi-ikke-nar-klimamalene/s/5-95-281574>

Cappelen, A. W. (2019, 22. november). *Frykten for gratispassasjerene*. NHH Bulletin. <https://www.nhh.no/nhh-bulletin/artikkelarkiv/2019/november/frykten-for-gratispassasjerene/>

CoinMill (u.å.). *The Currency Converter*. Hentet 10. februar 2023 fra https://no.coinmill.com/EUR_NOK.html#EUR=10.75

DeweyWaters (u.å.). *Volume Unit Converter*. Hentet 17. februar 2023 fra <https://www.deweywaters.co.uk/conversion-tool-litres-to-gallons/>

Drivkraft (u.å.). *Hvilke klimaavtaler har vi i Norge?* Drivkraft Norge. Hentet 03. januar 2023 fra <https://www.drivkraftnorge.no/klimabevissthet/overordnede-klimamal/>

EEA (2022a). *Resolution and report on the social dimensions of the fit for 55 package*, (Ref. 21-42). European Economic Area Consultative committee. <https://www.efta.int/sites/default/files/images/22-42-Rev1.39-EEA%20CC%20resolution%20and%20report%20on%20social%20dimension%20of%20the%20fit%20for%2055%20package.pdf>

EEA (2022b). EU Emissions Trading System (ETS) data viewer. EEA. Hentet fra <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>

Enova. (2021). Årsrapport 2021. Enova. Hentet fra <https://2021.enova.no/>

EØS-notatbasen (2021a). *CORSIA – notifikasjon i EU ETS* [Foreløpig posisjonsnotat]. <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2021/aug/corsia-notifikasjon-i-eu-ets/id2878389/>

EØS-notatbasen (2021b). *Justering i EUs kvotesystem for luftfart* [Foreløpig posisjonsnotat]. <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2021/aug/justeringer-i-eus-kvotesystem-for-luftfart/id2878387/>

EØS-notatbasen (2022). *Bærekraftig drivstoff til luftfart – Kommisjonens initiativ* [Foreløpig posisjonsnotat]. <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2020/aug/barekraftig-drivstoff-til-luftfart-kommisjonens-initiativ/id2737181/>

Eurocontrol (2021, 27. oktober). The EU's «Fit for 55» package: what does it mean for aviation?. *Eurocontrol*. <https://www.eurocontrol.int/article/eus-fit-55-package-what-does-it-mean-aviation>

Europalov (u.å. a). *Klar for 55: EUs klimapakke 2021*. Europalov. Hentet 31. mars 2023 fra <https://www.europalov.no/pakke/klar-for-55-eus-klimapakke-2021>

Europalov (u.å. b). *Luftfartskvotedirektivet om innlemming av luftfartssektoren i kvotehandelsystemet med klimagasser: endringsbestemmelser om CO2-kompensasjon*.

Europalov. Hentet 25. januar 2023 fra

<https://www.europalov.no/rettsakt/luftfartskvotedirektivet-om-innlemming-av-luftfartssektoren-i-kvotehandelsystemet-med-klimagasser/id-28142>

European Commission (u.å. a). *The EU Emissions Trading System*. Europakommisjonen. Hentet 11. januar 2023 fra https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en

European Commission (u.å. d). *Allocation to aviation*. Hentet 19. februar 2023 fra https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/allocation-aviation_en

European Council (2022a, 20. oktober). *European Green Deal*. Hentet 26. oktober 2022 fra <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/>

European Council (2022b, 11. november). *Fit for 55*. Hentet 21. oktober 2022 fra <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

European Council (2022c, 29. juli). *Infographic – Fit for 55: how the EU plans to revise energy taxation*. Hentet 26. oktober 2022 fra <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/fit-for-55-energy-taxation/>

European Council (2022d, 14. juli). *Infographic – Fit for 55: increasing the uptake of greener fuels in the aviation and maritime sectors*. Hentet 26. oktober 2022 fra <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/fit-for-55-refueleu-and-fueleu/>

European Council (2022e, 7. desember). ETS aviation: Council and Parliament strike provisional deal to reduce flight emissions [Pressemelding]. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/12/07/ets-aviation-council-and-parliament-strike-provisional-deal-to-reduce-flight-emissions/>

European Council (u.å.). *Timeline – European Green Deal and Fit for 55*. Hentet 31. mars 2023 fra <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/timeline-european-green-deal-and-fit-for-55/>

Fageda, X. og Teixido, J. (2022). Pricing carbon in the aviation sector: Evidence from the European emissions trading system. *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol 111. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102591>

Finansdepartementet (2021a). *Kommisjonens forslag til revisjon av energiskattedirektivet* [Høring]. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing-kommisjonens-forslag-til-revisjon-av-energiskattedirektivet/id2870599/?expand=horingsbrev>

Finansdepartementet (2021b). Grunnlag for Finansdepartementets beregninger av skatte- og avgiftsendringer i statsbudsjettet for 2022 – Beregningskonvensjoner 2022.

Finansdepartementet.

<https://www.regjeringen.no/contentassets/5cbef77c722c4a8ea23d5a035979ddeb/beregningskonvensjoner2022.pdf>

Fischer, C. og Newell, R. G. (2008). Environmental and technology policies for climate mitigation. *Journal of environmental economics and management*, 55:142–162.

Flora, M og Vargiolu. (2017). Price Dynamics in the EU ETS and Evaluation of Its Ability to Boost Emission-Related Investment Decisions. *European Journal of Operational Research* 280. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.026>

FN (2020, 22. november). Parisavtalen. I *FN-Sambandet*. <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>

Fukui, H & Miyoshi, C. (2016). The impact of aviation fuel tax on fuel consumption and carbon emissions: The case of the US airline industry. *Transport research* 50, 234-253. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.015>

Gerlagh, R., R.J.R.K. Heijmans & K.E. Rosendahl (2021). An Endogenous Emission Cap Produces a Green Paradox, *Economic Policy* 36, 485-522. <https://doi.org/10.1093/epolic/eiab011>

HBinary (u.å.). *1 Gigajoule in Aviation Gasoline [UK]*. Hentet 17. februar 2023 fra <https://hextobinary.com/unit/energy/from/gigajoule/to/galaviuk/1>

Herweg, F (2020). Overlapping efforts in the EU Emissions Trading System. *Economics Letters* 193, 109323. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2020.109323>

IATA (u.å.). Jet Fuel Price Monitor. Hentet 10. April 2023, fra <https://www.iata.org/en/publications/economics/fuel-monitor/>

IEA (2022, 26. oktober). Aviation. IEA. Hentet 26. oktober 2022 fra <https://www.iea.org/reports/aviation>

Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997). Environmental regulation and innovation: A panel data study. *Review of Economics and Statistics*, 79(2), 610-619.

Kallbekken, Steffen (2019, 9.oktober). *Togradersmålet*. I *Store norske leksikon* på snl.no. Hentet 16. januar 2023 fra <https://snl.no/togradersm%C3%A5let>

Kang, Y., Liao, S., Jiang, C., & D'Alfonso, T. (2021). Synthetic control methods for policy analysis: Evaluating the effect of the European Emission Trading System on aviation supply. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 96, 102863. doi: 10.1016/j.trd.2021.102863

Klima- og miljødepartementet (2021, 22. oktober). Klimaendringer og norsk klimapolitikk. I *Regjeringen*. <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klimamiljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>

Kopernikus-Projekt Ariadne Postdam-Institut für Klimafolgenforschung (2022). *The EU-ETS price through 2030 and beyond: A closer look at drivers, models and assumptions*.

Kopernikus-Projekt Ariadne Postdam-Institut für Klimafolgenforschung.

https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2023/30003-Ariadne-Documentation_ETSWorkshopBruessel_December2022.pdf

Kristensen, N. B & Thune-Larsen, H. (2022). Effekter av klimatiltak i norsk luftfart (TØI rapport 1878). Transportøkonomisk institutt Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning.

<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=72731>

Lanjouw, J., & Mody, A. (1996). Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology. *Research Policy*, vol. 25 549-571 (4).

Lecuyer, O og Quirion, P. (2012). Can Uncertainty Justify Overlapping Policy Instruments to Mitigate Emissions? *Nota di Lavoro*, 91.2012.

Luftfartstilsynet (2022, 10. mai). *Etablerer grønt luftfartsprogram*. Luftfartstilsynet.

<https://luftfartstilsynet.no/om-oss/nyheter/nyheter-2022/etablerer-gront-luftfartsprogram/>

Meld. St. 10 (2022-2023). Bærekraftig og sikker luftfart – Nasjonal luftfartsstrategi. Det kongelige samferdselsdepartementet.

<https://www.regjeringen.no/contentassets/e1519da991e3439787a8c82add1004db/no/pdfs/stm202220230010000dddpdfs.pdf>

Meld. St. 13 (2020-2021). Klimaplan for 2021-2030. Det kongelige klima- og miljødepartement.

<https://www.regjeringen.no/contentassets/a78ecf5ad2344fa5ae4a394412ef8975/nm-no/pdfs/stm202020210013000dddpdfs.pdf>

Miljødirektoratet (u.å. a). *FNs klimapanel (IPCC)*. Miljødirektoratet. Hentet 23. januar 2023 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/>

Miljødirektoratet (u.å. b). *Klimakvoter: Kvotepliktig luftfart*. Miljødirektoratet. Hentet 19. februar 2023 fra

<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/klimakvoter/kvotepliktig-luftfart/>

Miljødirektoratet. (2022, 04. april). *FNs klimapanel med kraftfull rapport om klimaløsninger.*

Miljødirektoratet. Hentet 04. januar 2023 fra

<https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2022/april-2022/fns-klimapanel-med-kraftfull-rapport-om-klimalosninger/>

Miljødirektoratet. (2023, 13. januar). *Høring av økt krav til biodrivstoff til luftfart.* Hentet 03.

mai fra <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/fagmeldinger/2023/januar-2023/horing-av-okt-omsetningskrav-for-avansert-biodrivstoff-til-luftfart/>

Miljøstatus (2022a, 28. september). *Miljømål 5.2: Norge har under Parisavtalen tatt på seg en forpliktelse til å redusere utslippene av klimagasser med minst 50 prosent og opp mot 55 prosent i 2030 sammenlignet med nivået i 1990.* Miljøstatus.

<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/miljomal-5.2>

Miljøstatus (2022b, 20. juni). *Miljømål 5.3: Norge skal være klimanøytral i 2030.*

Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/miljomal-5.3>

Miljøstatus (2022c, 07. oktober). *Miljømål 5.4: Norge har lovfestet et mål om å bli et lavutslippssamfunn i 2050.* Miljøstatus.

<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/miljomal-5.4>

Novan, K. (2017). Overlapping Environmental Policies and the Impact on Pollution. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* Volume 4, Number S1, Part 2.

<https://doi.org/10.1086/691994>

NTB (2016, 8. juni). Stortinget vil ha klimanøytralt Norge allerede i 2030. *Aftenposten.*

Politikk. <https://www.aftenposten.no/norge/politikk/i/AIQ9j/stortinget-vil-ha-klimanoeytralt-norge-allerede-i-2030>

Pannell, D. J. (1997). Sensitivity analysis of normative economic models: theoretical framework and practical strategies. *Agricultural Economics* 16(2), 139-152.

<https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.1997.tb00449.x>

Perman, R. Ma, Y. Common, M. Maddison, D & Mcgilvray, J. (2011). *Natural resource and environmental economics.* Pearson

Pindyck, R. S, Rubinfeld, D. L. & Synnestvedt, T. (2013). *Introduksjon til mikroøkonomi.*

Pearson

Pizer, W & Popp, D. (2008). Endogenizing technological change: Matching empirical evidence to modeling needs. *Energy economics*, vol 30 2754-2770 (6).

Pizer, W.A. (1997). Prices vs. Quantities Revisited: The Case of Climate Change. Discussion Paper 98-02. Resources for the future.

Prop. 1 LS (2018-2019). *Skatter, avgifter og toll 2019*. Det kongelige finansdepartementet. <https://www.regjeringen.no/contentassets/e9b5f59363e0431c93e2785cb82e9bde/no/pdfs/prp2018201900011s0dddpdfs.pdf>

Prop. 1 LS (2022-2023). *Skatter, avgifter og toll 2023*. Det kongelige finansdepartementet. <https://www.regjeringen.no/contentassets/882fb5c97bf04386b4eb5d1ed898ae7b/no/pdfs/prp2022202300011s0dddpdfs.pdf>

Rafaty, R., Dolphin, G., & Pretis, F. (2021). Carbon Pricing and the Elasticity of CO₂ Emissions. Resources for the future. <https://www.rff.org/publications/working-papers/carbon-pricing-and-the-elasticity-of-co2-emissions/>

Regjeringen (2021, 16. november). EUs klimapakke Klar for 55 (Fit for 55). I *Regjeringen*. <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/eus-klimapakke-klar-for-55/id2887217/>

Regjeringen (2022, 3. november). Nytt norsk klimamål på minst 55 prosent. [Pressemelding]. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nytt-norsk-klimamal-pa-minst-55-prosent/id2944876/>

Særskilt vedlegg til Prop. 1 S (2022-2023). Regjeringens klimastatus- og plan. Klima- og miljødepartementet. https://www.regjeringen.no/contentassets/fad4e2d774cf45ac8ad0e8cbb1ea093f/no/pdfs/kld_regjeringas_klimastatus_og_plan.pdf

Samferdselsdepartementet (2021, 16. august). Luftfart og klima. I *Regjeringen*. <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/luftfart/tiltak-for-a-reducere-klimagassutslipp/id2076453/>

Samferdselsdepartementet (2022, 29. november). Ny luftfartsstrategi planlegges lagt fram. I *Regjeringen*. <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/luftfart/ny-luftfartsstrategi-planlegges-lagt-frem-hosten-2022/id2903987/>

SSB (u.å.) *Priskalkulator*. Hentet 12. april 2023 fra <https://www.ssb.no/kalkulatorer/priskalkulator>

Utenriksdepartementet (2021a, 6. desember). Hva EØS-avtalen omfatter. I *Regjeringen*.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/europapolitikk/eos1/hva-avtalen-omfatter/id685024/>

Utenriksdepartementet (2021b, 8. desember). Slik blir EØS-regelverk til. I *Regjeringen*
<https://www.regjeringen.no/no/tema/europapolitikk/eos1/eos-regelverk/id686837/>

Vogt-Schilb, A. og Hallegatte, S. (2011). When starting with the most expensive option makes sense: Use and misuse of marginal abatement cost curves. Policy Research Working Paper 5803, World Bank.

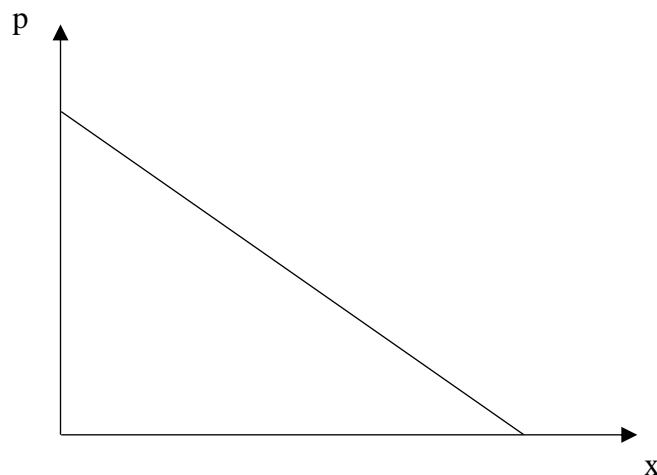
Weitzman, M.L. (1974). Prices vs. Quantities. *Review of Economic Studies* 41(4), 477-491

Vedlegg

Vedlegg 1 – Grunnleggende mikroøkonomi

3.2.2.1

En etterspørsels kurve viser hvor mange enheter (x) kjøperne etterspør ved ulike priser (p). Kurven vil ha en fallende form, som betyr at jo høyere prisen er, jo lavere er etterspørselen. En etterspørsel kurve kan illustreres i figur under.

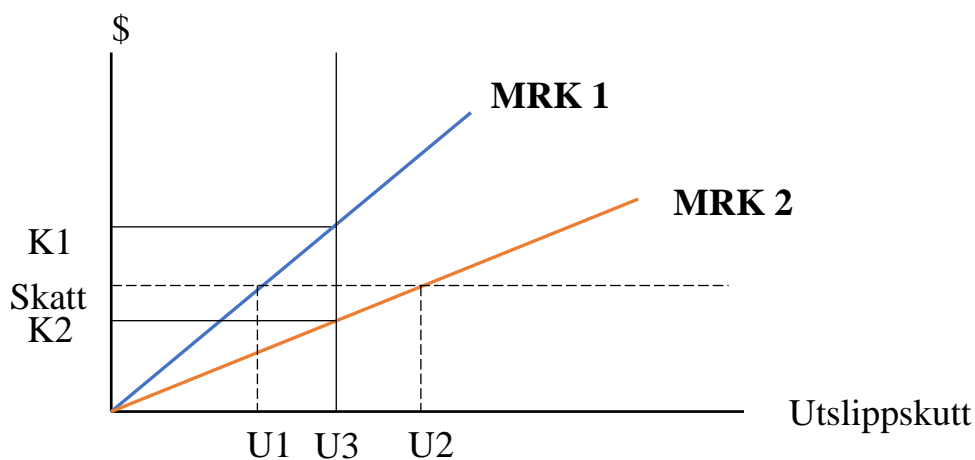


Marginal nytte (grensenytte) er et begrep som brukes for å beskrive hvor mye nytte eller tilfredshet en person får fra å konsumere en ekstra enhet av en vare eller tjeneste. I grafen vil kurven for grensenytte være tilsvarende den av etterspørsel. Disse er like fordi en konsumentens villighet til å betale for en ekstra enhet av en vare (etterspørselskurve) vil være lik den marginale nytten konsumenten får av å konsumere en ekstra enhet (marginal nytte). Figuren

representerer derfor også konsumentens grensenytte. En graf som illustrer etterspørsel etter utslipp, vil derfor også representere den marginale nytten av utslipp.

Den marginale nytten av utslipp er nytten man får av en ekstra enhet med utslipp. Funksjonen for dette vil være motsatt av den marginale renseskostnaden, som er nytten av å kutte en enhet med utslipp. I en modell vil vi derfor kunne speilvende den marginale nytten av utslipp og få den marginale renseskostnaden.

3.2.1



Figur over illustrerer en situasjon der det er en skatt på utslipp samtidig som det er en grense på tillat utslipp. Dette fører til en stor forskjell i MRK for selskap 1 og 2. Selskap 1 har nå en marginal renseskostnad (K1) langt høyere enn selskap 2. I dette tilfelle vil selskapenes MRK være ulik og skatt vil derfor ikke være et kostnadseffektivt tiltak. Vi kan derfor si at en skatt på utslipp, kun er kostnadseffektivt så lenge den marginale renseskostnaden er den samme for alle selskaper.

Vedlegg 2 – Beregninger for Scenario 0: BaU

Fordeling mellom ikke-kvotepliktig og kvotepliktige utslipp av de totale nasjonale utslippene for 2019. De totale nasjonale utslippene ble gitt i delkapittel 5.2 og er 1 230 000 tonn/CO₂-ekvivalenter. Vi gjorde også antagelser på hvor stor andelen til ikke-kvotepliktig vil være i 5.7 på 9 %. Med disse tallene kan vi bruke denne formelen for å finne andelen til ikke-

kvotepliktig: $1\,230\,000 * 9\% = 110\,700 \text{ tonn}/CO_2 - \text{ekvivalenter}$. For kvotepliktig blir det dermed: $1\,230\,000 - 110\,700 = 1\,119\,300 \text{ tonn}/CO_2 - \text{ekvivalenter}$.

For å finne ut hvor mye prisene har steget fra 2022 til 2023, benyttet vi oss av utregningen av en prosentvis endring. I tabellen under ser vi prisene i de forskjellige årene og hvilket tiltak det gjelder.

	2019	2023
Kvotepliktig, CO ₂ -avgift	510	649

Formelen vi har brukt for å regne ut prosentvis endring: $\left(\frac{\text{Pris i seneste året}}{\text{Pris i tidligste året}} - 1 \right) * 100$ og

har fylt denne ut med tallene fra tabellen over, hvilket ga oss disse formlene og svarene:

$\left(\frac{649}{510} - 1 \right) * 100 = 27,25\%$ for kvotepliktig CO₂-avgift. Den totale prisøkningen for CO₂-avgiften er på: $649 \text{ kr} - 510 \text{ kr} = 139 \text{ kr}$. Det betyr en prisøkning hvert år fra 2019 til 2023 på: $\frac{139}{4} = 34,75 \text{ kr}$.

Prisen for BaU vil bli brukt i de andre scenarioene, hvor det vil bli sett på som P_{BaU} for å kunne beregne R. Derfor er det viktig at vi har lagt sammen prisene som blir brukt i BaU, hvilket gir oss dette resultatet: $CO_2 - \text{avgift} + \text{kvotepris} = 649 + 276 = 925$

Vedlegg 3 – Beregninger for Scenario 1: Minstesats

Det fremkommer at den fulle minstesatsen vil være på 10,75 euro/GJ (Eurocontrol, 2021). Vi går ut ifra denne satsen siden vi ser på bruken av fossilt drivstoff. I og med at vi ser på prisene i norske kroner, må vi konvertere fra euro til NOK. Per 10.02.2023 får vi at 10,75 euro = 117,31 NOK, og vil dermed benytte oss av at det vil være 117,31 kr/GJ (CoinMill, u.å.). Som vist under for konverteringen fra GJ til tonn CO₂-ekvivalenter måtte vi på slutten for å få det til 1 tonn, multiplisere det med 5,35. På bakgrunn av dette har vi også bestemt at vi vil gange prisen på 117,31 kr/GJ med 5,35 for å få hva prisen ville vært per tonn CO₂-ekvivalenter. Dermed blir minstesatsen 627,61 kr/tonn CO₂-ekvivalenter.

Det neste vi nå vil gjøre er å konvertere GJ til tonn CO₂, hvilket måtte igjennom noen konverteringer for å få dette til. Vi fant ut at 1 GJ = 6,32 UK gallons for aviation gasoline (UK) (HBinary, u.å.). Det neste vi ville gjøre etter dette var å konvertere tallene fra UK gallons til liter flydrivstoff. Her fant vi ut at 6,32 UK gallons = 28,756 liter flydrivstoff

(DeweyWaters, u.å.). Neste steget vil så være å finne ut hvor mye 1 liter flydrivstoff gir i kg/l CO₂-ekvivalenter. Her fant vi ut at 1 liter flydrivstoff = 2,5 kg CO₂-ekvivalenter (Arneberg & Larsen, 2013). Vi valgte å benytte oss av denne faktoren siden vi er kun interessert i hvor mye 1 liter av drivstoffet gir i kg av CO₂, hvilket vi antar vil være det samme enten det er på rutefly eller privatfly. Siden vi nå har hvor mange liter flydrivstoff og hvor mye kg det gir i CO₂, multipliserer vi disse sammen og får; $28,756 * 2,5 = 71,98 \text{ kg CO}_2\text{utslipp/l}$.

I og med at vi nå har kg/l, benytter vi oss av omregningsfaktoren for flyparafin hvilket ble introdusert i KAJA modellen fra finansdepartementet på 0,0025515 ~ 0,0026 (Finansdepartementet, 2021b, s. 32). Dette gir oss: $0,0026 * 71,98 = 0,186914 \sim 0,187 \text{ tonn CO}_2 - \text{ekvivalenter}$. Vi valgte å avrunde omregningsfaktoren og hvor mye tonn CO₂-ekvivalenter til tre desimaler for å gjøre det mer oversiktlig. I og med at vi ikke har 1 tonn, må vi finne ut hvor mye vi må multiplisere 0,187 med, som vi fant ut ved å ta: $\frac{1}{0,187} = 5,35005404 \sim 5,35$. Dette stemmer siden $0,187 * 5,35 = 1$. På bakgrunn av at vi måtte multiplisere det med 5.35 for å få 1 tonn, føler vi at det blir riktig og multiplisere den konverterte prisen på 117,31 kr/GJ i og med at vi vil finne ut hva prisen er for 1 tonn.

For å finne ut av hvor stor satsen vil være hvert år, brukte vi denne formelen: $\frac{\text{Endelige sats}}{\text{Antall år}} = \frac{627,61 \text{ kr}}{10} = 62,76 \text{ kr}$. Vi delte på 10 år siden det er lengden på overgangsperioden, og at den endelige minstesatsen vil være etter de 10 årene. På bakgrunn av dette vil satsene øke med 62,76 kr hvert år. Dermed blir satsene per år:

År	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10+
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Minstesats, tonn	-	62,76	125,52	188,28	251,05	313,81	376,57	439,33	502,09	564,85	627,61

Vi vil benytte oss av funksjon 1.3 introdusert i delkapittel 4.1.2, hvilket omhandler den

grunnleggende utslippsreduksjons funksjonen: $-E * \frac{P_1 - P_{BaU}}{P_{BaU}} = R \rightarrow (-0,20 *$

$\frac{(Minstesats + P_{BaU}) - P_{BaU}}{P_{BaU}}) = R$. Det første vi vil beregne er endringen i pris, hvilket er

$\frac{(Minstesats + P_{BaU}) - P_{BaU}}{P_{BaU}}$ og gir oss disse resultatene;

Beregninger ΔP	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Pris BaU	925,00	925,00	925,00	925,00	925,00	925,00	925,00	925,00	925,00	925,00	925,00
Pris estimat	925,00	987,76	1 050,52	1 113,28	1 176,05	1 238,81	1 301,57	1 364,33	1 427,09	1 489,85	1 552,61
Endring P	0 %	7 %	14 %	20 %	27 %	34 %	41 %	47 %	54 %	61 %	68 %

Deretter vil vi multiplisere utslippselastisiteten vår E med det vi fikk i endring for prisen,

hvilket gir oss disse R-verdiene for hvert år;

Finne R	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
E	- 0,20	- 0,20	- 0,20	- 0,20	- 0,20	- 0,20	- 0,20	- 0,20	- 0,20	- 0,20	- 0,20
Endring P	-	0,07	0,14	0,20	0,27	0,34	0,41	0,47	0,54	0,61	0,68
R	-	0,014	0,027	0,041	0,054	0,068	0,081	0,095	0,109	0,122	0,136

I kapittel 4.1.2 introduserte vi funksjon 1.5 som vi vil bruke for å gjøre analysen i kapittel 6.1.2. Funksjon 1.5 er slik; $U^M = U^{BaU} * (1 - R)$ hvor vi vil bruke tallene og antagelsene gjort i kapittel 5, hvilket gir oss disse resultatene;

Beregne UM	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
U BaU	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00
R	-	0,014	0,027	0,041	0,054	0,068	0,081	0,095	0,109	0,122	0,136
UM, tonn	1 230 000,00	1 213 308,84	1 196 617,68	1 179 926,51	1 163 235,35	1 146 544,19	1 129 853,03	1 113 161,86	1 096 470,70	1 079 779,54	1 063 088,38
UM, Mt	1,23	1,21	1,20	1,18	1,16	1,15	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06

Vedlegg 4 – Beregninger for Scenario 2: EU ETS

Tallene for prisestimatet i scenario 2 er hentet fra en rapport utført av en tysk forskningsinstitusjon. Dataen er basert på estimater utført av flere ulike analyseorganisasjoner. Vi har valgt å regne ut gjennomsnittet av disse estimatene for å få et mest mulig representativt prisestimat å basere oss på.

Endring i pris finner vi ved å beregne prosentvis endring mellom BaU pris og estimert pris. Dette gjøres ved formelen $\frac{\text{Estimert pris} - \text{BaU pris}}{\text{BaU pris}}$. Endringen i pris i perioden 2025 – 2030 blir da:

Beregninger P	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Pris BaU	925	925	925	925	925	925
Pris estimat	1 557,58	1 658,17	1 760,38	1 847,71	1 935,45	2 091,53
Endring P	68,39 %	79,26 %	90,31 %	99,75 %	109,24 %	126,11 %

Den prosentvise endringen i pris kan multipliseres med E, slik at vi får R verdien for hvert år:

Beregninger R	2025	2026	2027	2028	2029	2030
E	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20
Endring P	0,68	0,79	0,90	1,00	1,09	1,26
R	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25

Utslipet for scenario 2 er gitt ved formel 1.6, $U^{EU ETS} = U^{BaU} * (1 - R)$. Vi multipliserer derfor BaU utslipp med (1-R), noe som gir oss en utslippsverdi slik det kommer frem i tabellen under.

Beregninger U EU ETS	2025	2026	2027	2028	2029	2030
BaU utslipp	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00
U EU ETS, tonn	1 061 768,16	1 035 017,74	1 007 834,61	984 608,77	961 274,88	919 765,89
U EU ETS, Mt	1,06	1,04	1,01	0,98	0,96	0,92

Vedlegg 5 – Beregninger for Scenario 3: ReFuelEU Aviation

I scenario 3 vil vi bruke formel 1.7, gitt ved $U^{RF} = U^{BaU} * (1 - R)$ for å beregne utslippsverdien.

For å beregne R må vi beregne endringen i utslipp for hvert av årene. Vi kan tenke på en økt andel bærekraftig drivstoff som en reduksjon i seg selv, i og med at dette medfører en reduksjon i fossilt drivstoff. Vi kan derfor finne endringen i utslipp ved å summere andelen bærekraftig drivstoff og andelen syntetisk drivstoff. Dette gir oss en positiv verdi, siden

endringen i utslipp vil være negativ sammenlignet med BaU må vi beregne den faktiske endringen i utslipp. Dette kan vi gjøre ved å ta andelen fossilt drivstoff (1-(andel SAF + andel syntetisk), minus BaU andel fossilt drivstoff (100 %) delt på samme BaU verdi. Utregning og resultat er gitt i tabellene under.

Dette gir oss en årlig endring i U og R gitt ved:

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bærekraftig drivstoff (SAF)	2,00 %	5,00 %	20,00 %	32,00 %	38,00 %	63,00 %
Syntetisk drivstoff		0,70 %	5,00 %	8,00 %	11,00 %	28,00 %
Andel fossilt	98,00 %	94,30 %	75,00 %	60,00 %	51,00 %	9,00 %
Endring U	-2,00 %	-5,70 %	-25,00 %	-40,00 %	-49,00 %	-91,00 %
R	0,004	0,0114	0,05	0,08	0,098	0,182

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bærekraftig drivstoff (SAF)	0,02	0,05	0,2	0,32	0,38	0,63
Syntetisk drivstoff	0,007	0,007	0,05	0,08	0,11	0,28
Andel fossilt	=100%-(C3+C4)	=100%-(D3+D4)	=100%-(E3+E4)	=100%-(F3+F4)	=100%-(G3+G4)	=100%-(H3+H4)
Endring U	=(C5-100%)/100%	=(D5-100%)/100%	=(E5-100%)/100%	=(F5-100%)/100%	=(G5-100%)/100%	=(H5-100%)/100%
R	=SK\$2*C6	=SK\$2*D6	=SK\$2*E6	=SK\$2*F6	=SK\$2*G6	=SK\$2*H6

Utslipet kan vi finne ved å bruke formel 1.7:

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bærekraftig drivstoff (SAF)	2,00 %	5,00 %	20,00 %	32,00 %	38,00 %	63,00 %
Syntetisk drivstoff		0,70 %	5,00 %	8,00 %	11,00 %	28,00 %
Andel fossilt	98,00 %	94,30 %	75,00 %	60,00 %	51,00 %	9,00 %
Endring U	-2,00 %	-5,70 %	-25,00 %	-40,00 %	-49,00 %	-91,00 %
R	0,004	0,0114	0,05	0,08	0,098	0,182
U	1 225 080,00	1 215 978,00	1 168 500,00	1 131 600,00	1 109 460,00	1 006 140,00

Vedlegg 6 – Beregninger for Scenario 4: Overlappende tiltak

I scenario 4 må vi først beregne en felles pris endring for minstesats og EU ETS. Vi gjør dette ved å beregne summen av de to prisene, for så å beregne prosentvis endring sammenlignet med BaU.

Beregning ΔP	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
P BAU	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925
P M	925,00	987,76	1 050,52	1 113,28	1 176,05	1 238,81	1 301,57	1 364,33	1 427,09	1 489,85	1 552,61
P EU ETS			1 557,58	1 658,17	1 760,38	1 847,71	1 935,45	2 091,53	2 091,53	2 091,53	2 091,53
Endring P	0,00	0,07	1,82	2,00	2,17	2,34	2,50	2,74	2,80	2,87	2,94

Denne verdien multipliserer vi med elastisiteten og får R^{pris}:

R for overlappende tiltak	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
E	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20
R, pris tiltak	0,00	0,01	0,36	0,40	0,43	0,47	0,50	0,55	0,56	0,57	0,59

Vi har nå en R for minstesats og EU ETS, og en verdi for ReFuelEU. For å beregne en felles utslippsverdi der man tar hensyn til alle tre scenarioene, multipliserer vi BaU utslippet med $(1-R^{rf})(1-R^{pris})$, slik det kommer frem i funksjon 1.8.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
UBAU	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00
RRF			0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,182	0,182	0,182	0,182
UO (M+EU ETS + RF), tonn	1 230 000,00	1 213 308,84	779 256,29	735 988,47	692 289,68	652 532,35	612 667,40	455 566,90	441 913,53	428 260,16	414 606,79
UO, Mt	1,23	1,21	0,78	0,74	0,69	0,65	0,61	0,46	0,44	0,43	0,41

Vedlegg 7 – Beregninger for sensitivitetsanalyse

For å kunne beregne de forskjellige tallene ved en sensitivitetsanalyse har vi valgt å sette visse sensitiviteter vi har lyst til å se på. For sensitivitetsanalyse 1 vil det være -16%, 0% og 73%, mens for sensitivitetsanalyse 2 vil det være -20%, -10%, -5%, 0%, 5%, 10% og 20%. Funksjonen vi generelt bruker for beregningene er; *Opprinnelig tall * (1 + Sensitivitetsprosenten) = Verdi ved sensitiviteten*

Når vi bruker den generelle funksjonen vist til over, gir oss muligheten til å kunne finne ut hvor mange prosent som elastisiteten må øke eller synke med for å få ytterpunktene nevnt i teorien. I tabellen under kan vi se hva dette ble;

Elastisitet			
Sensitivitetsprosent	-17 %	0 %	73 %
E	- 0,166	- 0,20	- 0,346

For å kunne beregne ut hva de nye R-verdiene vil være ved sensitivitetsanalysen med elastisitetsendringer, trenger vi å bruke prisestimatene til hvert scenario. For ReFuel vil vi bruke utslippsestimatet i og med at den påvirker utslippet og ikke prisen. Hva disse estimatene er kan sees i tabellen under;

Prisestimat, scenarioer	
Minstesats	0,47
EU ETS	1,26
ReFuel, Endring U	- 0,057
Overlappende	2,74

Ved bruk av disse og funksjon 1.3 for grunnleggende utslippsreduksjon: $R = -E * \frac{P_2 - P_{BaU}}{P_{BaU}}$.

Beregningene vi får for R-verdiene ved å plote inn de nye E-verdiene og estimatene er;

R			
Elastisiteten	-0,166	-0,20	-0,346
RM	0,079	0,095	0,164
REU ETS	0,210	0,252	0,436
RRF	0,009	0,011	0,020
RO	0,455	0,547	0,947

Vi vil nå se på hvordan disse nye R-verdiene vil påvirke resultatene til hvert scenario nevnt i tabellen. Vi vil benytte oss av den grunnleggende utslippsfunksjonen, funksjon 1.1: $U = U^{BaU} * (1 - R)$ og får disse verdiene til scenarioene.

For å kunne se på påvirkningen på resultatene til minstesats, vil vi benytte oss av funksjon 1.5: $U^M = U^{BaU} * (1 - R)$. Dette gir oss disse resultatene når vi bytter ut R-verdien etter hvilken endring vi ser på:

År: 2030			
Minstesats	-0,166	-0,20	-0,346
UBaU	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00
R	0,079	0,095	0,164
UM, tonn	1 132 907,51	1 113 161,86	1 027 870,03
UM, Mt	1,13	1,11	1,03
Endring, Mt	0,0197	-	0,0853
Endring, tonn	19 745,64	-	85 291,84

Mens for å se påvirkningen på resultatene til EUs kvotemarked, benytter vi oss av funksjon 1.6: $U^{EU ETS} = U^{BaU} * (1 - R)$. Ved å bytte ut R-verdien får vi dette resultatet:

År: 2030			
EU ETS	-0,166	-0,20	-0,346
UBaU	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00
R	0,210	0,252	0,436
UEU ETS, tonn	972 195,46	919 765,89	693 294,99
UEU ETS, Mt	0,97	0,92	0,69
Endring, Mt	0,0524	-	0,2265
Endring, tonn	52 429,56	-	226 470,90

Ved påvirkningen på resultatene til ReFuel Aviation vil vi benytte oss av funksjon 1.7: $U^{RF} = U^{BaU} * (1 - R)$. Utbyggingen av R-verdien gir oss disse resultatene:

År: 2030			
ReFuel Aviation	-0,166	-0,20	-0,346
UBaU	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00
R	0,0095	0,0114	0,0197
URF, tonn	1 218 347,72	1 215 978,00	1 205 741,94
URF, Mt	1,22	1,22	1,21
Endring, Mt	0,0024	-	0,0102
Endring, tonn	2 369,72	-	10 236,06

Og til slutt for å se påvirkningen på resultatene til overlappende tiltak, vil vi bruke funksjon

$$1.8: U_o = U^{BaU} * (1 - R^{RF}) * (1 - R^{Pris}):$$

År: 2030			
Overlappende tiltak	-0,166	-0,20	-0,346
UBaU	1 230 000,00	1 230 000,00	1 230 000,00
R, pristiltak	0,455	0,547	0,947
RRF	0,009	0,011	0,020
UO, tonn	664 323,37	550 578,78	64 291,55
UO, Mt	0,66	0,55	0,06
Endring, Mt	0,1137	-	0,4863
Endring, tonn	113 744,59	-	486 287,23

Vedlegg 8 – Beregninger for diskusjon

For å kunne se på hvor mye scenarioene faktisk har redusert i forhold til BaU-scenariot valgte vi å benytte oss av denne generelle funksjonen: $U^{Reduksjon} = U^{Scenario} - U^{BaU}$. Vi ville også se hvor mye det var i prosent og brukte dermed denne generelle funksjonen:

$$U^{Reduksjon} = 1 - \left(\frac{U^{BaU}}{U^{tiltak}}\right).$$

For minstesatsen fikk vi disse reduksjonene:

Minstesats	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
BaU	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000
Minstesats	1 230 000	1 213 309	1 196 618	1 179 927	1 163 235	1 146 544	1 129 853	1 113 162	1 096 471	1 079 780	1 063 088
Endring	-	- 16 691	- 33 382	- 50 073	- 66 765	- 83 456	- 100 147	- 116 838	- 133 529	- 150 220	- 166 912
%-endring	100,0%	98,6%	97,3%	95,9%	94,6%	93,2%	91,9%	90,5%	89,1%	87,8%	86,4%
Reduksjon	0,0%	1,4%	2,7%	4,1%	5,4%	6,8%	8,1%	9,5%	10,9%	12,2%	13,6%

Mens for EU ETS fikk vi disse:

EU ETS	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	BaU	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000
EU ETS	1 061 768	1 035 018	1 007 835	984 609	961 275	919 766
Endring	- 168 232	- 194 982	- 222 165	- 245 391	- 268 725	- 310 234
%-endring	86,3 %	84,1 %	81,9 %	80,0 %	78,2 %	74,8 %
Reduksjon	13,7 %	15,9 %	18,1 %	20,0 %	21,8 %	25,2 %

For ReFuel fikk vi disse reduksjonene:

ReFuel	2025	2030	2035	2040	2045	2050
	BaU	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000
ReFuel	1 225 080	1 215 978	1 168 500	1 131 600	1 109 460	1 006 140
Endring	- 4 920	- 14 022	- 61 500	- 98 400	- 120 540	- 223 860
%-endring	99,6 %	98,9 %	95,0 %	92,0 %	90,2 %	81,8 %
Reduksjon	0,4 %	1,1 %	5,0 %	8,0 %	9,8 %	18,2 %

Og til slutt fikk vi disse reduksjonene for overlappende tiltak:

Overlappende tiltak	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	BaU	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000	1 230 000
Overlappende tiltak	1 230 000	1 213 309	779 256	735 988	692 290	652 532	612 667	455 567	441 914	428 260	414 607
Endring	-	- 16 691	- 450 744	- 494 012	- 537 710	- 577 468	- 617 333	- 774 433	- 788 086	- 801 740	- 815 393
%-endring	100,0 %	98,6 %	63,4 %	59,8 %	56,3 %	53,1 %	49,8 %	37,0 %	35,9 %	34,8 %	33,7 %
Reduksjon	0,0 %	1,4 %	36,6 %	40,2 %	43,7 %	46,9 %	50,2 %	63,0 %	64,1 %	65,2 %	66,3 %

Utslippsreduksjon hvis vi ser på tiltakene hver for seg og legger prosentene sammen:

2030	2050
35,9 %	57,0 %

I 2050, har vi antatt at tiltakene holder seg fast fra 2030 mot 2050, hvis vi ikke har egne tall for 2050.

For å kunne sammenligne hvordan luftfarten ligger an i forhold til klimamålene, har vi sett det nødvendig å finne ut hva utslippene fra luftfarten var på 1990-tallet. Vi satte dette sammen i en tabell med utslippet fra BaU-scenariet og brukte reduksjonsprosentene for å finne ut utslippet i både 2030 og 2050 vist under:

Luftfart	1990	2023	2030	2050
Tonn, CO2-ekvivalenter	1 000 000	1 230 000		
Scenarioene hver for seg				
Tonn, CO2-ekvivalenter			788 905,76	528 994,27
Reduksjon			35,9 %	57,0 %
Overlappende tiltak				
Tonn, CO2-ekvivalenter			455 566,90	414 606,79
Reduksjon			63,0 %	66,3 %

Deretter brukte vi utslippene i tonn CO₂-ekvivalenter for å gjøre sammenligninger for 1990 mot 2030 og 2050, hvor resultatene kan sees i tabellen under:

Scenarioene hver for seg	
1990 sammenlignet 2023	18,7 %
1990 sammenlignet 2030	-21,1 %
1990 sammenlignet 2050	-47,1 %
Overlappende tiltak	
1990 sammenlignet 2023	18,7 %
1990 sammenlignet 2030	-54,4 %
1990 sammenlignet 2050	-58,5 %



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway