



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2020 30 stp**  
Handelshøyskolen

## **En analyse av den “norske modellen” for håndtering av plastemballasje**

An Analysis of the “Norwegian Model” for  
Reprocessing of Plastic Waste

**Øystein Vestvatn og Frederic Tjelta**  
Økonomisk styring

## Forord

Masteroppgaven har vært en avsluttende del av vårt studie i økonomi og administrasjon ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

Oppgaven er en ide etter gjentatte medieoppslag om konsekvensene av plast. I tillegg til at næringslivet virker å være i endring med økt fokus på “Corporate Social Responsibility” (CSR), som kan påvirke bedrifter sin strategiske retning med tanke på miljø og bærekraft (Midttun, 2007). I 2018 innførte Avfall Sør AS innsamling av plastemballasje hos husholdning i Kristiansand og Vennessla kommune (Pedersen, 2019). Vi ville dermed undersøke beslutningsgrunnlaget om å materialgjenvinne plastemballasje hos europeiske anlegg, fremfor å anvende et lokalt energigjenvinningsanlegg i Kristiansand og Vennessla kommune.

Det har vært en lærerik prosess, hvor vi har fått kombinert økonomiske modeller ved vårt studie med NMBU sin miljø- og bærekraftsprofil. Prosessen har gitt oss ytterligere innsikt i miljøutfordringene verden står ovenfor, og potensielle gevinster med klimatiltak som resirkulering og ombruk av avfall.

Vil rette en stor takk til vår veileder Jens Bengtsson for faglige diskusjoner og veiledning i vårt arbeid med masteroppgaven. Vi vil også rette en stor takk til Avfall Sør AS og spesielt Lars Pedersen for gode faglige diskusjoner, samt svært behjelpelig med bakgrunnsinformasjon og datainnsamling. Videre vil vi takke Fortum som tok seg tid til et intervju som ga oss ytterligere informasjon og innsikt i resirkulering av plastemballasje.

Ås, mai 2020

Øystein Vestvatn og Frederic Tjelta

---

## Sammendrag

I denne masteroppgaven analyseres forsyningskjeden for håndtering av brukt plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune for tidsperioden 2021 til 2030.

Oppgaven identifiserer og vurderer to alternativer til dagens løsning.

- 0 Dagens løsning innebærer materialgjenvinning av plastemballasje i Europa, i hovedsak hos Umweltdienste Kedenburg i Tyskland.
- 1 Materialgjenvinning av plastemballasje på det planlagte anlegget til Fortum på Tomter i Indre Østfold kommune.
- 2 Energigjenvinning av plastemballasje lokalt hos Returkraft AS på Dalane i Kristiansand kommune.

Alternativene er vurdert etter effektene av inntekt, kostnad og miljøkonsekvens. Oppgaven vurderer også miljøkonsekvenser som ikke kan verdsettes i markedet. Analysen konkluderer med -28,4 millioner kroner for alternativ 0 og -23,3 millioner kroner for alternativ 1 i negativ netto nåverdi, hvor alternativ 2 i motsetning har 1,2 millioner kroner i positiv netto nåverdi for tidsperioden 2021 til 2030. Alternativ 0 utelukkes som anbefalt alternativ, fordi alternativet har lavest netto nåverdi og tilnærmet lik vurdering for ikke-prissatte miljøkonsekvenser som alternativ 1. Alternativ 1 og alternativ 2 har usikkerhetsmomenter som kan både forbedre og forverre inntekter, kostnader og miljøkonsekvenser. Likevel med utgangspunkt i sensitivitetsanalysen er det kun alternativ 2 som generer positiv netto nåverdi ved et nøytralt og optimistisk scenario.

Alternativ 1 er anbefalt alternativ med begrunnelse om en forsyningskjede med mindre miljøkonsekvenser sammenlignet med alternativ 2. Det er knyttet usikkerhet til fremtidige kostnader og konsekvenser ved miljøfaktorene, og miljøkonsekvensene vektlegges derfor i stor grad ved vurdering av alternativene. I tillegg oppfyller alternativ 1 i større grad nasjonale-, regionale- og lokale mål sammenlignet med alternativ 2.

## Summary

This master thesis analyses the supply chain for reprocessing of household plastic waste in Kristiansand and Vennesla municipality for the time period 2021 to 2030. The thesis considers two alternatives to the current solution.

- 0 The current solution involves reprocessing of plastic waste in Europe, mainly at Umweltdienste Kedenburg in Germany.
- 1 Reprocessing of plastic waste at Fortum's planned facility at Tomter in Indre Østfold municipality.
- 2 Energy recovery of plastic waste at Dalane in Kristiansand municipality

The alternatives are rated according to the effects of income, cost and environmental impact. The thesis also consider environmental impacts that can not be valued in the market. The analysis results in NOK – 28,4 million for alternative 0 and NOK -23,3 million for alternative 1 in negative net present value, while alternative 2 has NOK 1,2 million in positive net present value for the time period 2021 to 2030. Alternative 0 is not the recommended alternative because the alternative has the lowest net present value and approximately equal assessment for non-priced environmental impacts as alternative 1. Alternative 1 and alternative 2 have uncertainties that can both improve and worsen income, cost and environmental consequences. Nevertheless, based on the sensitivity analysis, only alternative 2 generates positive net present value with a neutral and optimistic scenario.

Alternative 1 is the recommended alternative because this supply chain has less environmental consequences, compared to alternative 2. The environmental impact is largely emphasized when recommending the alternative, because there is uncertainty for future cost and consequences of environmental factors. In addition, alternative 1 achieves national-, regional- and local goals to a greater extent compared to alternative 2.

# Innholdsfortegnelse

<b>1. Introduksjon</b> .....	9
1.1 Hvorfor aktuelt.....	9
1.2 Beskrivelse av case og problemstilling.....	10
1.3 Oppgavens strukturelle oppbygning .....	11
<b>2. Bakgrunn</b> .....	12
2.1 Sirkulær økonomi og avfallspyramiden.....	12
2.2 Plastemballasje.....	13
2.3 Kildesortering .....	14
2.4 Lovverk og krav .....	15
2.5 Historiske løsninger og utvikling.....	16
2.6 Dagens løsning for plastemballasje i Kristiansand og Vennesla kommune.....	17
2.7 Kritikk av dagens løsning .....	18
<b>3. Avgrensning av oppgave</b> .....	19
<b>4. Metode</b> .....	20
4.1 Rammeverk verdivurdering forsyningskjeder.....	20
4.2 Rammeverk samfunnsøkonomisk analyse .....	22
4.3 Semistrukturert intervju .....	23
4.4 Nytte-kostnadsanalyse .....	24
4.5 Ikke-prissatt metode.....	25
4.6 Beskrivelse av faktorer i analyse .....	27
4.6.1 Prissetting.....	28
4.6.2 Prissatte miljøfaktorer .....	29
4.6.3 Ikke-prissatte faktorer .....	32
4.7 Datagrunnlag.....	32
4.7.1 Litteraturens kvalitet .....	34
4.7.2 Justering av datagrunnlag.....	35
4.7.3 Feilkilder .....	36
<b>5. Teori</b> .....	36
5.1 Tidligere forskning innenfor resirkulering av plastemballasje .....	36
5.2 Finansiell teori .....	38
5.2.1 Netto nåverdi (NNV) .....	38
5.2.2 Føre-var-prinsippet.....	39
5.2.3 Break-even-analyse.....	39
<b>6. Analyse</b> .....	39

6.1	Behovsanalyse.....	40
6.1.1	Mål .....	41
6.2	Utvikling av alternativer .....	43
6.2.1	Alternativ 0: Materialgjenvinning Umweltdienste Kedenburg.....	44
6.2.2	Alternativ 1: Materialgjenvinning Fortum .....	44
6.2.3	Alternativ 2: Energigjenvinning Returkraft .....	45
6.3	Prognoser .....	46
6.3.1	Utvikling inntekter .....	47
6.3.2	Utvikling kostnader.....	50
6.3.3	Utvikling miljøfaktorer .....	53
6.4	Diskonteringsrente .....	54
6.5	Resultat analyse .....	55
6.5.1	Nytte-kostnadsanalyse for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2.....	55
6.5.2	Resultat ikke-prissatt metode.....	59
6.5.3	Sammenstilling av samfunnsøkonomisk analyse.....	63
6.5.4	Måloppnåelse for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2 .....	65
6.5.5	Break-even-analyse.....	67
6.5.6	Usikkerhetsanalyse.....	68
6.5.7	Sensitivitetsanalyse .....	73
6.5.8	Sammenstilling av alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2.....	78
<b>7.</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>79</b>
7.1	Markedets størrelse .....	79
7.2	Alternativ 0 “falsk” grønn? .....	80
7.3	Vurdering av alternativ 1 og alternativ 2 .....	81
7.4	Konflikterende måloppnåelse .....	84
7.5	Forbedringspotensial for forsyningskjeden.....	85
7.6	Myndigheter sin rolle.....	88
<b>8.</b>	<b>Konklusjon og anbefaling</b> .....	<b>89</b>
<b>9.</b>	<b>Referanseliste</b> .....	<b>93</b>
<b>10.</b>	<b>Vedlegg</b> .....	<b>98</b>

# Oversikt over tabeller og figurer

## Tabeller

TABELL 1: SKALA OG VEILEDNING FOR KONSEKVENSVURDERING AV DELOMRÅDER. ....	27
TABELL 2: KOSTNADER PER TONN CO <sub>2</sub> -EKVIVALENTER I TIDSPERIODEN 2021 TIL 2030. ....	29
TABELL 3: KRITERIER FOR INNDELING AV STØYSONER FOR VURDERING UTENDØRS. ALLE TALL I DB, INNFALLENDE LYDTRYKK I 4 METERS HØYDE. ....	30
TABELL 4: DEFINISJON AV GULE OG RØDE SONER. ....	30
TABELL 5: OVERSIKT OVER REGELVERK FOR LOKAL FORURENSING AV PM <sub>10</sub> og NO <sub>2</sub> . ....	31
TABELL 6: SKADEKOSTNAD AV NO <sub>2</sub> UTSLIPP (KR/KG) ....	31
TABELL 7: SKADEKOSTNAD AV PM <sub>10</sub> UTSLIPP (KR/KG). ....	32
TABELL 8: INFORMASJONGRUNNLAG FRA PRIMÆRE OG SEKUNDÆRE KILDER ....	33
TABELL 9: VURDERING AV INFORMASJONSKILDER SIN RELIABILITET OG VALIDITET. ....	34
TABELL 10: OVERSIKT OVER TILTAKSUTLØSENDE, VIKTIGE OG MINDRE VIKTIGE BEHOV. ....	41
TABELL 11: OVERSIKT OVER TILTAKSSPESIFIKKE MÅL, VIKTIGE SAMFUNNSMÅL OG LOKALE MÅL. HER I RANGERT REKKEFØLGE FRA A TIL J. ....	43
TABELL 12: SAMMENSTILLING AV INNTEKTER OG PRISSATTE KONSEKVENSER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1, ALTERNATIV 2 (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). ....	55
TABELL 13: SAMMENSTILLING AV INNTEKTER OG KOSTNADER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1, ALTERNATIV 2, (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). .	55
TABELL 14: SAMMENSTILLING AV KONSEKVENSBASERT PÅ VURDERING AV VERDI OG PÅVIRKNING. 61	
TABELL 15: RANGERINGSRADAR FOR IKKE-PRISSATTE KONSEKVENSER. ....	62
TABELL 16: RANGERINGSRADAR FOR HENHOLDSVIS PRISSATTE OG IKKE-PRISSATTE KONSEKVENSER. KONSEKVENSANALYSE. (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). ....	65
TABELL 17: VURDERING AV HELT, DELVIS ELLER IKKE OPPFYLLELSE AV MÅLSETTING FOR ALTERNATIV 1 OG ALTERNATIV 2. ....	66
TABELL 18: RANGERINGSRADAR FOR HENHOLDSVIS PRISSATTE OG IKKE-PRISSATTE KONSEKVENSER (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). ....	78
TABELL 19: VURDERING AV TILTAKSSPESIFIKKE MÅL, VIKTIGE SAMFUNNSMÅL OG LOKALE MÅL. ....	84
TABELL 20: SAMMENSTILLING AV INNTEKTER, KOSTNADER OG MILJØKONSEKVENSER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1 OG ALTERNATIV 2 (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). ....	89
TABELL 21: SAMMENSTILLING AV INNTEKTER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1 OG ALTERNATIV 2 (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). ....	90

TABELL 22: SAMMENSTILLING AV KOSTNADER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1 OG ALTERNATIV 2 (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030).....	90
TABELL 23: SAMMENSTILLING AV PRISSATTE MILJØKONSEKVENSER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1 OG ALTERNATIV 2 (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). .....	91



## Figurer

FIGUR 1. AVFALLSPYRAMIDEN ILLUSTRERER PRIORITERINGENE I NORSK AVFALLSPOLITIKK .....	13
FIGUR 2: FORSYNINGSKJEDE FOR DAGENS LØSNING.....	18
FIGUR 3: KVALITATIV OG KVANTITATIV PROSESS.....	22
FIGUR 4: SKALA FOR VURDERING AV VERDI.....	25
FIGUR 5: GRUNNLAG FOR VERDISSETTING .....	25
FIGUR 6: SKALA FOR VURDERING AV PÅVIRKNING. ....	26
FIGUR 7: KONSEKVENSVIFTE. VURDERING AV KONSEKVENNS MED GRAD AV VERDI I X-AKSE OG GRAD AV PÅVIRKNING I Y-AKSE.....	26
FIGUR 8: FORSYNINGSKJEDE ALTERNATIV 0 .....	44
FIGUR 9: FORSYNINGSKJEDE ALTERNATIV 1 .....	45
FIGUR 10: FORSYNINGSKJEDE ALTERNATIV 2 .....	45
FIGUR 11: UTVIKLING MENGDE PLASTEMBALLASJE FRA 2021 TIL 2030.....	47
FIGUR 12: UTVIKLING KATEGORI INNTEKTER FRA 2021 TIL 2030.....	50
FIGUR 13: UTVIKLING KATEGORI KOSTNADER FRA 2021 TIL 2030. ....	53
FIGUR 14: SAMMENSTILLING AV INNTEKTER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1, ALTERNATIV 2, (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030).....	56
FIGUR 15: SAMMENSTILLING AV PRISSATTE KONSEKVENSER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1, ALTERNATIV 2, (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). .	57
FIGUR 16: SAMMENSTILLING AV PRISSATTE MILJØKONSEKVENSER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1, ALTERNATIV 2, (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). .....	58
FIGUR 17: KONSEKVENSVIFTE. VURDERING AV KONSEKVENNS MED GRAD AV VERDI I X-AKSE OG MED GRAD AV PÅVIRKNING I Y-AKSE.....	62
FIGUR 18: SAMMENSTILLING AV ALTERNATIVENE SIN SAMLEDE PRISSATTE OG IKKE-PRISSATTE KONSEKVENSER I ET AKSEDIAGRAM. (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). ....	64
FIGUR 19: INNTEKTER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1 OG ALTERNATIV 2 VED PESSIMISTISK, NØYTRALT OG OPTIMISTISK SCENARIO (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT). .....	74
FIGUR 20: KOSTNADER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1 OG ALTERNATIV 2 VED PESSIMISTISK, NØYTRALT OG OPTIMISTISK SCENARIO (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030). ....	75
FIGUR 21: KOSTNADER FOR PRISSATTE MILJØFAKTORER FOR ALTERNATIV 0, ALTERNATIV 1 OG ALTERNATIV 2 VED PESSIMISTISK, NØYTRALT OG OPTIMISTISK SCENARIO (NÅVERDI I KR, KALKULASJONSRENTE 7 PROSENT, TIDSPERIODE 2021 - 2030).....	77

# 1. Introduksjon

Mennesker er en stor kilde til utslipp av drivhusgasser ved bruk av eksempelvis kull, gass og olje. Drivhusgasser som metan ( $CH_4$ ) og karbondioksid ( $CO_2$ ) er med på å forsterke drivhuseffekten, og medfører at klimaet er i endring. Endringer som økt temperatur, høyere havnivåer, ismelting og mer ekstremvær er konsekvenser ved menneskeskapte klimaendringer (FN-Sambandet, 2019). Plastemballasje har blitt et av symbolene på klimakrisen i nyere tid, her med tanke på mikroplast og konsekvensene det påfører omgivelsene (Miljødirektoratet, 2019). Bruksområdet til plastemballasje er hovedsakelig å beskytte produktet, samt medføre mersalg. Plastemballasje er et populært produkt blant produsenter av husholdningsvarer grunnet plastemballasje sine egenskaper, i tillegg til pris og egenvekt. Det er derfor stor tilførsel og bruk av plastemballasje blant næring og husholdning (Bama, u.å.). Denne oppgaven fokuserer på allerede eksisterende plastemballasje i markedet, og en forsvarlig håndtering av plastemballasje fra husholdning i Norge. Dagens løsning for håndtering av brukt plastemballasje fra husholdning er todelt. For det første vil sortert plastemballasje behandles ved europeiske anlegg for materialgjenvinning. For det andre vil usortert plastemballasje behandles som restavfall og energigjenvinnes lokalt i Norge.

## 1.1 Hvorfor aktuelt

Generasjons Z er en oppvoksende miljøbevisst generasjon, som ønsker å påvirke omgivelsene sine til å ta “grønne” valg (Lorentzen & Sigurdsen, 2020). Avfall kan være en medvirkende faktor for redusert miljøpåvirkning, her ved utnyttelse av avfallsressurser i tiltak som kildesortering og resirkulering. Resirkulering av avfall begrenser bruken av nye naturressurser, i tillegg til at det krever mindre energi å produsere nye varer fra resirkulert materiale sammenlignet med produksjon fra nye naturressurser (Aadland, u.å.-a).

I 2018 ble det norske husholdningsmarkedet tilført 108 681 tonn plastemballasje på landsbasis, hvorav kun 21 prosent ble materialgjenvunnet (Deloitte, 2019). For det første har innsamlet plastemballasje lav kvalitet, som i denne sammenheng betyr blandingsplast og andre urenheter som hardplast og restavfall. For det andre er det mangelfull kapasitet for håndtering av innsamlet mengde plastemballasje ved norske og europeiske anlegg for materialgjenvinning (Selmer-Anderssen, 2019). Som en konsekvens har plastemballasje fra Europa blitt sporet til asiatiske land med mangelfull håndtering av plastemballasje. Flere av

disse asiatiske landene har nå stengt grensene for import av plastemballasje, som har lagt et større press på de vestlige landene for å opprette en forsvarlig håndtering av plastemballasje. I årene som kommer vil det bli lagt ytterligere press på produsenter og bedrifter til å kutte bruken av unødvendig plastemballasje, og øke bruken av resirkulert plast i emballasje og produkter (Aadland, u.å.-a).

Norge har som medlem av EØS forpliktet seg til EUs avfallsdirektiv og Parisavtalen. Det innebærer blant annet krav om en høyere grad av materialgjenvunnet plastemballasje, samt å iverksette tiltak for å nå målene i Parisavtalen. Formålet med Parisavtalen er å redusere temperaturøkningen til 2 grader. Landene forplikter seg til å ha en plan for å redusere eget klimautslipp, og plastemballasje kan dermed bli en medvirkende faktor for å nå Norges sitt mål om redusert klimautslipp (FN-Sambandet, 2020).

## **1.2 Beskrivelse av case og problemstilling**

Masteroppgaven tar utgangspunkt i nasjonale utfordringer og ønsket målsetting for resirkulert plastemballasje. Tilførselen av plastemballasje til markedet har økt i tråd med økt kjøpekraft hos forbrukerne, og det er derfor i nasjonen sin interesse å ha en forsvarlig håndtering av plastemballasje (Jortveit, 2018a). Norge har forpliktet seg gjennom EUs rammedirektiv til å øke mengden materialgjenvunnet plastemballasje, med mål om 55 prosent materialgjenvunnet plastemballasje innen 2030. Til sammenligning materialgjenvinnes kun 21 prosent av plastemballasjen fra husholdning og 34 prosent av total mengde plastemballasje per 2017 på nasjonalt nivå. Som en konsekvens ønsker Norge å øke kapasiteten for håndtering av plastemballasje fra husholdning med tanke på andel materialgjenvunnet plastemballasje ved norske og europeiske anlegg (Deloitte, 2019). Oppgaven tar utgangspunkt i husholdningsavfall fra Kristiansand og Vennessla kommune. Målsettingene på lokalt nivå blir å ha en håndtering av plastemballasjen fra husholdning som bidrar til å løse de nasjonale utfordringene. I tillegg ønsker det lokale renovasjonsselskapet Avfall Sør å være et “benchmark” innen lønnsomhet og miljøavtrykk for renovasjonsbransjen (Pedersen, 2019). Det er dermed hensiktsmessig å ha en lønnsom forsyningskjede, med lavest mulig miljøavtrykk. Analysen vil inkludere forsyningskjeden sine inntekter, kostnader og miljøpåvirkning. Dagens løsning er referansealternativet som vil vurderes opp mot materialgjenvinning i Norge, og energigjenvinning lokalt i Kristiansand kommune. Oppgaven

vil dermed redegjøre for alternative løsninger for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune. Avslutningsvis vil oppgaven vurdere og sammenligne alternativene for å kunne konkludere med et anbefalt alternativ.

Masteroppgaven vil ha følgende problemstilling:

- Hvilke økonomiske og miljømessige effekter kan identifiseres ved nåværende forsyningskjede for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune?

For å underbygge problemstillingen har vi følgende forskningsspørsmål å ta stilling til:

- Eksisterer det alternative løsninger for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune, og hvilke økonomiske og miljømessige effekter kan identifiseres ved alternativene?

Gjennom å besvare disse spørsmålene vil vi komme fram til et resultat som beskriver hvilket alternativ som er optimalt.

### **1.3 Oppgavens strukturelle oppbygning**

Masteroppgaven vil omhandle 10 kapitler, hvor kapittel 1 og kapittel 2 inkluderer introduksjon og bakgrunn om temaet plastemballasje. Kapittel 3 er avgrensning for å begrense kompleksiteten og omfang i oppgaven. Kapittel 4 er metodekapittel hvor rammeverk og aktuell metode presenteres. I tillegg vil metodekapittelet presentere forutsetningene for valg av metode, samt hva en kan forvente fra analysene. Videre vil kapittel 5 omhandle aktuell teori som grunnlag for videre analyse, det innebærer tidligere studier innenfor resirkulering av plastemballasje og finansiell teori for oppgaven. I kapittel 6 vil analysen og resultat bli presentert og kategoriseres for videre drøftelse. Kapittel 7 vil drøfte resultatene fra analyse og vurdere lønnsomhet opp mot ikke-prissatte faktorer. Videre vil kapittel 8 oppsummere og anbefale alternativ for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune. Avslutningsvis vil kapittel 9 og kapittel 10 inkludere referanseliste og vedlegg.

## 2. Bakgrunn

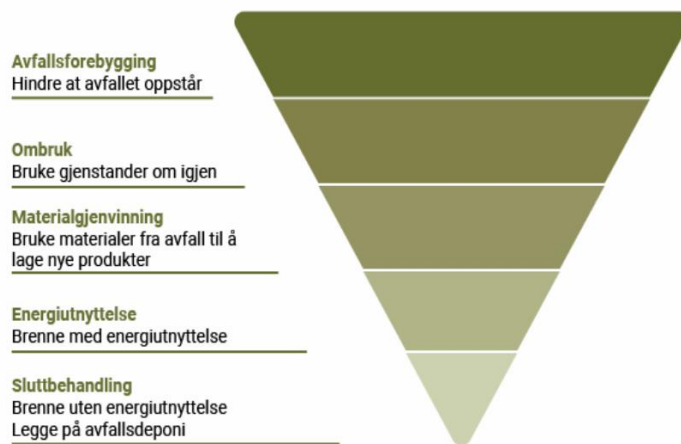
Dette kapittelet vil redegjøre for empirigrunnlaget til forsyningskjeden for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennessla kommune. Det inkluderer momenter som beskrivelse av plastemballasje, aktuelle regelverk, markedet og utfordringer i bransjen.

### 2.1 Sirkulær økonomi og avfallspyramiden

Målet med den sirkulære økonomien er at minst mulig skal kastes som avfall, men holdes i et kretsløp der stadig resirkulering fører til mindre behov for å ta ut nye råvarer. På den måten vil ressurser få en høyere utnyttelse (KS, 2018). Dette er i motsetning til den lineære økonomien som er basert på å utvinne, produsere, konsumere og til slutt energigjenvinne eller deponere avfall. Det vil i fremtiden potensielt bli ressursknapphet på flere materialer og grunnstoff i takt med befolkningsvekst, økt forbruk og økt industrialisering (sortere.no, u.å). Som en konsekvens har avfallsindustrien sett på mulighetene for gjenbruk og økt utnyttelse av allerede eksisterende ressurser. Den sirkulære økonomien kan gjennomføres på flere forskjellige måter som blant annet gjenbruk, forlengelse av produkters levetid, reparasjon og materialgjenvinning.

Avfallspyramiden i figur 1 illustrerer prioriteringene i norsk avfallspolitikk og EUs rammedirektiv for avfall. Den skal leses fra øverst til nederst og målet er at avfallet skal behandles så nær toppen som mulig. Øverst i pyramiden finner vi avfallsreduksjon som går ut på å redusere avfallsmengdene og sikre at veksten i avfallsmengdene er lavere enn den økonomiske veksten (Miljødirektoratet, u.å.-a). Avfallsreduksjon har høyest prioritet i pyramiden, eksempelvis kastet hver nordmann 86 prosent mer avfall i 2013 enn i 1992 (Statistisk sentralbyrå, 2014). En sirkulær økonomi fokuserer på nivå to og tre i pyramiden som er ombruk og materialgjenvinning. Ombruk handler om å bruke tingene om igjen framfor å kaste dem, som gjennom gjenbruk og reparasjoner. Materialgjenvinning betyr å gjenvinne avfallet slik at de ulike materialene kan brukes som råvarer i produksjonen av nye produkter (sortere.no, u.å). Nivå fire i pyramiden er energiutnyttelse, og dette er når avfallet blir brent og varmen blir utnyttet til å skape varme og strøm. Energiutnyttelse av avfall kan dermed erstatte bruk av elektrisitet, olje og gass til lys og varme. Det nederste nivået i avfallspyramiden er deponering som tidligere var den vanligste formen for å kvitte seg med avfall i Norge (Miljødirektoratet, u.å.-a).

Figur 1. Avfallspyramiden illustrerer prioriteringene i norsk avfallspolitik.



Kilde: Miljødirektoratet (u.å.). Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/avfall/>. (lest 05.05.2020)

## 2.2 Plastemballasje

Plastemballasje har de siste årene blitt forbundet med klimakrisen og de enorme utfordringene det medfører. Et av hovedproblemene med plast som materiale er at de ikke brytes naturlig ned i naturen, eksempelvis har en plastflaske en nedbrytingstid på 450 år (Norsirk, u. å.). I tillegg til lang nedbrytingstid havner om lag 8 til 12 millioner tonn plast i havet hvert år (Miljødirektoratet, 2019). Det medfører problemer for det marine livet, for eksempel viser en undersøkelse forekomster av plast i magesekken til om lag ni av ti havhester i Nordsjøen (WWF, u.å.-a). Plast brytes ned i mikro- og nanoplast, som medfører at også mennesker får i seg plast fra luft, mat og drikke tilsvarende mengden av et kredittkort i uken (WWF, u. å.-b). Det betyr at konsekvensene av plast og plastemballasje er mange, likevel har plastemballasje en rekke viktige funksjoner, spesielt innen matvarebransjen.

For det første skal plastemballasje beskytte varen, samt øke holdbarheten. Husholdninger kaster omkring 230 000 tonn mat hvert år, og det er her plastemballasje har en viktig funksjon (Naturvernforbundet, u.å.-b). Plastemballasje kan være en medvirkende årsak til økt holdbarhet for matvarene, og dermed øker også sannsynligheten for at matvarene blir spist opp. Matsvinn står for om lag 8 prosent av globalt klimautslipp, som tilsvarer rundt 6 ganger mer utslipp av karbondioksid enn produksjon av plastemballasje (Aadland, u.å.-b). For det andre har plastemballasjen en funksjon utover produktet sin kvalitet, nemlig økt salg. En innbydende etikett med informasjon om produktet kan gi økt betalingsvillighet og oppmerksomhet rundt produktet. Videre er plastemballasje billig å produsere og med lav

egenvekt. Plastemballasje er et etterspurt produkt for produsenter av husholdningsvarer, og det gjør transport av produkter billigere enn andre alternativer som for eksempel metallemballasje (Aadland, u.å.-b).

Plastemballasje regnes som plastflasker, plastposer, plastbegre, blomsterpotter, plastbrett for matvarer og plastemballasje til for eksempel elektroniske artikler. Produkter som potetgull- og kaffeposer inneholder ofte en aluminiumsfolie på innsiden, og kan derfor ikke betegnes som plastemballasje. Videre skal produkter som inneholder farlig avfall ikke behandles som plastemballasje, og må behandles annerledes for å ta vare på miljøet. Avslutningsvis skal plastprodukter som ikke brukes som emballasje, behandles som restavfall. Dette er for eksempel plastleker, hageslanger og plastmøbler (sortere.no, u.å.).

Plast kan deles inn i to hovedkategorier som er termoplast og herdeplast. Termoplast er en fellesbetegnelse for plasttyper som kjennetegnes ved at de kan varmes opp og omformes til nye plastprodukter. Dette er i motsetning til herdeplast som herdes ved oppvarming og som dermed ikke kan brukes til nye plastprodukter. Termoplast utgjør 85 prosent av den totale etterspørselen etter plast i EU, og det er i denne kategorien plastemballasje inngår. Det finnes en rekke forskjellige typer termoplast som brukes som plastemballasje, eksempelvis LDPE-folie, PET, PP, HDPE, EPS, PS og laminater (folie). Etterspørselen varierer for de ulike plasttypene, der det er en jevn etterspørsel etter LDPE, HDPE og PP mens markedet for PS, EPS og laminater er begrenset per 2020. I Norge og resten av de nordiske landene er etterspørsel for resirkulert plast lav, som medfører at majoriteten av resirkulert plast vil omsettes på det europeiske markedet. Av den totale etterspørselen etter plast i 2014, var kun 4,1 prosent resirkulert plast (Deloitte, 2019).

### **2.3 Kildesortering**

Som nevnt i kapittel 2.1 er det ønskelig å gjenvinne avfallet så mange ganger som mulig for å utnytte verdiene i materialet. Her blir kildesortering en naturlig og ønskelig løsning. Bruk av kildesortering kan føre til en økt utnyttelse av verdiene som eksisterer i avfallet, og disse verdiene kan utnyttes som råvarer til å lage nye produkter.

Kildesortering av plastemballasje lar seg ikke gjennomføre dersom plasten inneholder urenheter, og må dermed behandles som restavfall. Urenheter i plastemballasje er et vanlig problem ved materialgjenvinning, noe som fører til fordyrende mellomledd slik som sortering og transport. Videre har kildesortering et forbedringspotensial, der det for eksempel har blitt registrert om lag 13 prosent plastemballasje i restavfallet fra husholdning (RfD, 2019).

## 2.4 Lovverk og krav

Denne oppgaven tar utgangspunkt i gjeldende lovverk for innsamling av plastemballasje for husholdning. Norge som medlem av EØS må forholde seg til kravene fra EUs rammedirektiv, hvor vedtak fattet av EUs rammedirektiv vil bli implementert i det norske lovverket i løpet av de to påfølgende årene. Målsettingen til EUs rammedirektiv er å øke graden av ombruk og materialgjenvinning, med krav til separat utsortering av avfall. Først og fremst har Norge forpliktet seg til 50 prosent materialgjenvinning av plastemballasje i 2025, og 55 prosent innen 2030 (Wilsgaard, 2018).

Når det gjelder dagens lovverk er det hovedsakelig forurensningsloven og avfallsforskriften som påvirker norsk husholdning. De er som følger:

*“Denne lov har til formål å verne det ytre miljø mot forurensning og å redusere eksisterende forurensning, å redusere mengden av avfall og å fremme en bedre behandling av avfall. Loven skal sikre en forsvarlig miljøkvalitet, slik at forurensninger og avfall ikke fører til helseskade, går ut over trivselen eller skader naturens evne til produksjon og selyfornyelse.”* (Forurensningsloven, §1).

*“Formålet med dette kapitlet er å redusere de miljøproblemer emballasje forårsaker når den brukes, øke ombruk og materialgjenvinning og redusere miljøproblemer fra emballasjeavfall. Dette skal skje gjennom å redusere mengden emballasje, gjennom optimering av emballasjen og ved å sikre at brukt emballasje og emballasjeavfall blir samlet inn, ombrukt og materialgjenvunnet.”* (Avfallsforskriften, §1).

Nylig foreslo den norske regjering endringer i Baselkonvensjonen hvor 187 land har forpliktet seg, og vedtatte endringer fra januar 2020 innebærer krav til sporbarhet og faktisk



gjenvunnet plastemballasje (Bratland, 2019). Vedtatte endringer medfører økt bevissthet rundt hvor plastemballasjen befinner seg, og andelen faktisk materialgjenvunnet plastemballasje. Eksempelvis resulterer endringene i at plastemballasje ikke kan sendes til mottakerland med en uforsvarlig avfallshåndtering.

Når det gjelder avfallsbehandling på et mer desentralisert nivå, har hver enkelt kommune stor valgfrihet for avfallshåndtering. Det er forskjellige løsninger blant norske kommuner for innsamling og lagring av plastemballasje. Likevel har 393 av 429 kommuner en avtale med Grønt Punkt Norge, som tilsvarer 96 prosent av landets befolkning (Deloitte, 2019). Merk at det er tall fra 2019, og dermed før kommunereformen om kommunesammenslåing.

Med tanke på inntektsgrunnlaget er det lovfestet at plastprodusenter som tilfører markedet minimum 1 000 kilogram plastemballasje må dekke kostnadene for håndtering av plastemballasjen. Produsentansvaret har som formål å sikre finansiering av en forsvarlig håndtering av plastemballasje, med virkemidler som reduserer miljøproblemene ved plastemballasje (Avfallsforskriften, §5).

## **2.5 Historiske løsninger og utvikling**

Avfall ble tidligere betegnet som søppel og kastet for å ikke oppta plass eller skape lukt. “Ute av syne, ute av sinn” var en vanlig mentalitet, hvor løsninger som deponi og dumping i sjøen var vanlige metoder for å bli kvitt avfall. I tillegg hadde renovasjonsbilene som hentet avfall hos husholdning kun ett avfallskammer, som medførte liten grad av kildesortering. På begynnelsen av 70-tallet var Norge i et økonomisk skifte hvor befolkningen fikk økt kjøpekraft, og som en konsekvens av økt levestandard, økte også mengden avfall. Det medførte fulle deponier og problemer tilknyttet lukt, plassmangel og nedbrytningstid (Aadland, u.å.-a).

I 1983 kom forurensningsloven med formål om å redusere bruken av deponi og øke utnyttelsen av avfall, og ved starten av 1990-tallet eksisterte det over 500 deponier i Norge (Grundt, 2015). Den norske befolkning ble anbefalt å sortere i flere avfallstyper, eksempelvis innførte Kristiansand kommune henteordning for papp og papir hos husholdning i 1990 (Pedersen, 2019). Videre ble det i 1999 innført en deponi- og forbrenningsavgift, med

formålet om å øke materialgjenvinningen av avfall. Og i 2009 ble det innført forbud mot deponering av nedbrytbart avfall som papir, treverk, tekstiler og mat. Forbudet medførte at deponering av restavfall ble forbudt, hvor også plastemballasje inngår (Grundt, 2015). Selskaper som Grønt Punkt Norge og Avfall Sør har et ønske om at befolkningen ser på avfallet som en ressurs i motsetning til søppel (Pedersen, 2019).

## **2.6 Dagens løsning for plastemballasje i Kristiansand og Vennessla kommune**

Avfall Sør er ansvarlig for innsamling, lagring, pakking og lasting av plastemballasje, her med bidrag fra underleverandørene Norsk Gjenvinning Renovasjon og Franzefoss Gjenvinning Sør. To underleverandører for gjenvinnings- og miljøtjenester (Franzefoss, u.å.; NG, u.å.). I Kristiansand og Vennessla kommune starter prosessen med at husholdning vasker og kildesorterer egen plastemballasje. Deretter hentes plastemballasjen enten hjemme hos husholdning hver fjerde uke av Norsk Gjenvinning Renovasjon eller på et av fire gjenvinningsanlegg i Kristiansand og Vennessla kommune. Plastemballasjen blir fraktet til Franzefoss Gjenvinning Sør sitt anlegg på Mjåvann for lagring, før plastemballasjen blir presset sammen i klosser på om lag 450 kilogram (Pedersen, 2019). Videre har Grønt Punkt Norge ansvar for transport, ettersortering og materialgjenvinning. På Mjåvann lastes klossene med plastemballasje over på lastebiler fra Bring, som er en underleverandør for Grønt Punkt Norge. Deretter blir plastemballasjen fraktet til ettersortering og materialgjenvinning hos Umweltdienste Kedenburg (Nordby, 2020). Analysen forutsetter at Grønt Punkt Norge benytter semitrailer for langtransport mellom Mjåvann og Kedenburg.

I 2018 leverte Avfall Sør om lag 900 tonn plastemballasje til materialgjenvinning. Grønt Punkt Norge anvender flere anlegg for ettersortering og materialgjenvinning, og i 2018 ble om lag 79 prosent av plastemballasje fra husholdning sendt til Tyskland. Den største andelen ble transportert til sorteringsanlegget Umweltdienste Kedenburg (Pedersen, 2019). Når platen ankommer ettersorteringsanlegget i Tyskland blir den sortert i 3 ulike kvaliteter, PP, LDPE og HDPE (Moen & Kjølstad, 2020). Videre blir urenheter, blandingsplast og plasttyper med lav etterspørsel sendt til forbrenning for energiutnyttelse. Materialgjenvinning har krav til en sorteringsgrad og renhet på mellom 94 og 96 prosent (Deloitte, 2019).

Anlegget for materialgjenvinning forvandler plastemballasjen til plastgranulat som brukes som råstoff i produksjon av nye plastprodukter.

Figur 2: Forsyningskjede for dagens løsning.



## 2.7 Kritikk av dagens løsning

Plastemballasje fra norsk husholdning holder en høy kvalitet og er dermed en relativt etterspurt råvare (Aadland, u.å.-b). Likevel er det store mengder norsk plastemballasje som må energigjenvinnes, det kan skyldes urenheter eller feilsortering eksempelvis chipsposer og barneleker. Problemet blir at anleggsmaskinene ikke gjenkjenner produktet eller godtar kvaliteten på plastemballasjen, og behandler det som restavfall. En undersøkelse av sorteringsanlegget til Swerec som er en underleverandør av Grønt Punkt Norge, indikerer feilrapportering av gjenvinningsgrad. Swerec rapporterte om en gjenvinningsgrad på 80 prosent, men ved nærmere undersøkelser viser det seg at kun 32 prosent ble materialgjenvunnet. Den resterende mengden plastemballasje ble i stor grad brent ved sementfabrikker. Videre blir plastemballasje fra eksempelvis Tyskland funnet i land som Malaysia. På grunn av få krav til dokumentasjon av uavhengige aktører har tilfeller som eksport av plastemballasje til land med mangelfull avfallshåndtering vært mulig. Fra 2020 trer en ny lovendring i kraft som nevnt i kapittel 2.4, hvor det stilles strengere krav til sporbarhet og faktisk gjenvunnet plastemballasje (Selmer-Anderssen, 2019).

Lokal oppsamling av plastemballasje begynner å skape misnøye blant enkelte norske aktører på grunn av mangelfull lagringskapasitet. I tillegg mener enkelte norske aktører at en pris på 2 000 kroner per tonn materialgjenvunnet plastemballasje nærmer seg en smertegrense for hva en kan akseptere (Selmer-Anderssen, 2019).

I 2018 valgte Kina å innføre et importforbud av ukritisk plastavfall som betyr at de kun godtar husholdningsplast med 0,5 prosent forurensning eller mindre. I praksis medførte dette importstopp av plastemballasje fra Europa. Kina har siden 1992 importert hele 45 prosent av

verdens innsamlede og sorterte plastavfall, og et importforbud betyr at verden som helhet må finne andre løsninger for denne mengden plastavfall. Som en konsekvens ble det en økt eksport til andre asiatiske land, men disse landene har i stor grad begrenset kapasitet og mangelfull avfallshåndtering. Det kan også tyde på at flere asiatiske land følger etter med å innføre et slikt forbud. Alternativene som omtales og diskuteres i flere vestlige land er å energigjenvinne eller dumpe plastavfallet, eksempelvis vurderte delstaten Oregon i USA å åpne opp for deponering av plastavfall i 2018 (Iversen, 2018).

### **3. Avgrensning**

Plast er så mangt, og denne oppgaven vil omhandle plastemballasje og i hovedsak plastemballasje fra husholdning. Plastemballasje fra næring, landbruksplast og avgiftspliktig drikkevareemballasje utelukkes fra videre analyse. Husholdningsplast er den kategorien med prosentvis lavest andel materialgjenvinning av nevnte kategorier (Deloitte, 2019).

Avfallspyramiden er grunnlag for håndtering av avfall og består av fem deler, der masteroppgaven vil omhandle energi- og materialgjenvinning. Fokusområdet blir håndtering av brukt plastemballasje fra husholdning og utelukker dermed tilførselen til markedet, samt alternativ bruk av plastemballasje. Oppgaven vil ta utgangspunkt i plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune, på grunn av tilgjengelig datagrunnlag og tidsomfang i masteroppgaven.

Norge har forpliktet seg til EUs rammedirektiv med mål om 55 prosent materialgjenvinning innen 2030 (Deloitte, 2019). Analyseperioden blir derfor fra 2021 til 2030 for å kunne beregne fremtidig nytte og kostnad frem mot målene for 2030. Analysen utelukker de ikke-prissatte faktorene naturmangfold, kulturarv, friluftsliv, landskapsbilde og budsjettkonsekvenser for det offentlige (Brembu et al., 2018). I motsetning til standard konsekvensanalyser for veg- og transportprosjekter vil oppgaven omhandle konsekvenser for forsyningskjeden. Faktorene naturmangfold, kulturarv, friluftsliv og landskapsbilde utelukkes fordi forsyningskjedene i hovedsak opptrer på allerede eksisterende infrastruktur som lagringsplasser, vei og anlegg. Eneste påvirkning vil i hovedsak være utbygging av nytt materialgjenvinningsanlegg for Fortum på Tomter i Indre Østfold kommune (Finstad, 2020). Faktoren budsjettkonsekvenser for det offentlige utelukkes fordi analysen er av forsyningskjeden og ikke en ren samfunnsøkonomisk analyse, i tillegg til begrensninger i

tilgjengelig informasjon og datagrunnlag. Konsekvens for faktorene naturmangfold og landskapsbilde ville vært interessant å undersøke ved utbygging av nytt anlegg i Norge, men på grunn av manglende ekspertise og datagrunnlag utelukkes faktorene for videre analyse. De nevnte faktorene utelukkes derfor for å begrense masteroppgaven sitt omfang og kompleksitet.

Videre utelukker oppgaven investeringskostnader, restverdi og antatt levetid for anleggene. Oppgaven tar utgangspunkt i å analysere forsyningskjeden sin verdi, og ikke verdien for et firma, eksempelvis Fortum. Anleggene som vurderes i analysen har forskjellig bruksområde og kapasitet for behandling av mengde, og anleggene er dermed ikke direkte sammenlignbare. Dermed avgrenses masteroppgaven til å vurdere forsyningskjeden sine kostnader ved bruk av anleggene, og utelukker derfor eksempelvis Fortum sine investeringer i teknologi, bygningsmasse, maskinpark og vedlikehold. Analysen forutsetter at disse kostnadene er fordelt utover prisen per kilogram plastemballasje som forsyningskjeden må betale. Avslutningsvis forutsetter analysen at Fortum sitt nye anlegg på Tomter er ferdigstilt januar 2021.

## **4. Metode**

I dette kapittelet skal metodisk tilnærming for oppgaven beskrives. Masteroppgaven har både en kvalitativ og kvantitativ tilnærming for å vurdere alternativene for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennessla kommune. Analysen vil identifisere og gjøre rede for prissatte og ikke-prissatte konsekvenser ved forsyningskjedene. Skal her gjøre rede for rammeverk, metodevalg og innsamling av datagrunnlaget.

### **4.1 Rammeverk verdivurdering forsyningskjeder**

Håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennessla kommune inngår i en forsyningskjede som i hovedtrekk består av innsamling, lagring, transport, ettersortering og materialgjenvinning. Analysen vil vurdere økonomiske og ikke-økonomiske faktorer ved en forsyningskjede, med utgangspunkt i forsyningskjeden sin strategiske og operasjonelle betydning. Deretter vurdere lønnsomheten i forsyningskjeden ved endringer i salgsinntekter og kostnader. Det eksisterer to modeller for å vurdere verdien av en forsyningskjede, hvor

den første tilnærmingen vurderer verdien av forsyningskjeden basert på en kvalitativ tilnærming ved bruk av induksjon. Induksjon er i denne sammenheng å trekke slutninger på bakgrunn av erfaringer og observasjoner, her inkludert muligheter og trusler ved en forsyningskjede (Brandenburg, 2013).

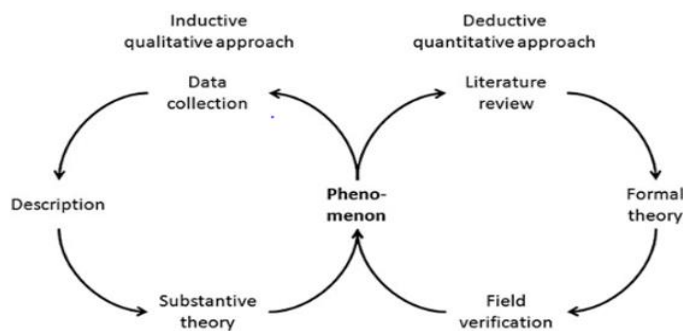
Induksjonsmodellen består av 4 steg, hvor steg 1 er å undersøke et fenomen. I denne oppgaven gjelder det en beskrivelse av dagens forsyningskjede og fremtidige muligheter for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennessla kommune. Steg 2 er datainnsamling og spesifisering av en matematisk modell om fenomenet som skal undersøkes. Videre er steg 3 å beskrive innsamlet datagrunnlag, inkludert gjennomførelse av matematiske og numeriske analyser. Analysen undersøker kompleksiteten i forsyningskjeden ved å ta hensyn til usikkerhet og dynamikk. For å vurdere forsyningskjeden mer spesifikk er elementer som aktiviteter og komponenter sentrale. Med aktiviteter menes en forsyningskjede sitt nettverk, hvor en vurderer hvordan interne og eksterne relasjoner påvirker fysiske og økonomiske strømmer. Komponenter er i denne sammenheng en forsyningskjede sine operasjoner og systemer, samt samarbeidet mellom leddene i forsyningskjeden. For å vurdere en forsyningskjede må en vurdere effekter fra forsyningskjeden sin planlegging, kontroll og utførelse av operasjoner i forsyningskjedene. Her blir vurderingsmomentene lønnsomhet og tilført verdi til en forsyningskjede. En vurdering av tiltak i forsyningskjedene kan ha motsigende effekter på kort og lang sikt, og det blir derfor en helhetsvurdering av alternativene. Steg 1 til 3 skal resultere i steg 4, en teori om fenomenet (Brandenburg, 2013).

For å komplementere induksjonsmodellen, baseres oppgaven på en kvantitativ tilnærming ved bruk av deduksjon. Deduksjon er i hovedsak å trekke en slutning fra et allment tilfelle til et enkelt tilfelle. I motsetning til induksjonsmetoden vil deduksjonsmetoden undersøke aktuell litteratur om fenomenet, for å komme frem til en teori. Teori vil bli vurdert etter fremtidig måloppnåelse, som i denne sammenheng er prissatte og ikke-prissatte faktorer innenfor lønnsomhet og miljøpåvirkning (Brandenburg, 2013).

I motsetning til en klassisk modell vil oppgaven ta utgangspunkt i å vurdere hvilken forsyningskjede som har høyest verdi, og ikke vurdere forsyningskjeden sin påvirkning på aksjeverdien for et enkelt selskap. Verdi kan defineres som muligheten for å generere positive kontantstrømmer. Verdipåvirkning blir i denne sammenheng fremtidige kontantstrømmer for driverne inntekt, driftskostnader og faste kostnader. Inntekt er i hovedsak salgsvolum, men

det kan være utfordrende å vurdere korrelasjonen mellom økt salg og valg av forsyningskjede. På den ene siden kan forsyningskjeden øke tilgjengeligheten til produktet og redusere ledetiden. På den andre siden kan det være eksterne faktorer som økt etterspørsel og mangel på substitutter som påvirker salgsvolumet. Driftskostnader er i denne sammenheng materialkostnader, administrasjonskostnader og kostnader i forbindelse med å få flere selskaper til å fungere sammen. Det kan for eksempel være avhengighet av en underleverandører og dermed en flaskehals i systemet (Brandenburg, 2013).

Figur 3: Kvalitativ og kvantitativ prosess.



Kilde: Brandenburg, M (2013). *Quantitative Models for Value-Based Supply Chain Management*. 1. Utg. Berlin: Springer.

## 4.2 Rammeverk samfunnsøkonomisk analyse

For å beskrive samfunnsøkonomiske effekter for håndtering av plastemballasje fra husholdning er det tatt utgangspunkt i konsekvensanalyse. Konsekvensanalyse anvendes som et oppsett på samfunnsøkonomisk analyse og sammenligning av ulike alternative forsyningskjeder i oppgaven. Først og fremst skal det identifiseres hvilke problem som skal løses og hvilke krav som stilles til måloppnåelse. Rammeverket skal deretter beskrive dagens løsning for håndtering av plastemballasje fra husholdning. Konsekvensanalyser omhandler i denne sammenheng utredning av alternative forsyningskjeder og vurderingsgrunnlaget. Neste fase blir å verdsette virkningene ved hvert alternativ, her både prissatte og ikke-prissatte faktorer. Konsekvensanalysen vil danne grunnlag for anbefaling av alternativ, her ved å redegjøre for relevante konsekvenser. Rammeverket tar utgangspunkt i at nytte og kostnader inntreffer på ulike tidspunkter, og i hensyntar analyseperiode og kalkulasjonsrente for å gjøre alternativene sammenlignbare. I tillegg vil rammeverket redegjøre for gjeldende regelverk, som er grunnlag for aktuelle aktører i forsyningskjeden. Videre vil rammeverket ta utgangspunkt i finansiering av alternativene og undersøke betalingsvillighet. Analysen vil redegjøre for usikkerhetsmomentene og analysere hvilket alternativ som er mest lønnsomt fra

et nytte-kostnadsperspektiv. Konsekvensanalysen skal utarbeide et beslutningsgrunnlag for valg av alternativ, her ved å beskrive potensiell nytte og konsekvenser for å kunne vurdere alternativene opp mot hverandre. Med utgangspunkt i analysen vil en vurdere alternativene sin måloppnåelse, for deretter å komme frem til en anbefaling av forsyningskjede. Enkelte deler hvor rammeverket strider med samfunnsøkonomisk analyse, vil alternativ analyse komme til anvendelse (Brembu et al., 2018; Rundskriv R-109/14).

### **4.3 Semistrukturert intervju**

Grunnlag for kvalitativ analyse er å beskrive virkeligheten ut fra intervju og skildringer i bransjen. En kvalitativ analyse i form av intervju sammen med en kvantitativ analyse vil begrunne bakgrunnstallene og gi bedre prognoser for fremtiden. Avfallshåndtering er et komplekst problem med fokusområder som fleksibilitet, miljøfaktorer og lønnsomhet. Analysen inneholder intervju med Lisa Moen og Cato Kjølstad, begge ansatt i Fortum. Lisa Moen er Product Line Manager og er ansvarlig for planlegging av et nytt materialgjenvinningsanlegg på Tomter i Indre Østfold kommune, mens Cato Kjølstad er Head of Public Affairs hos Fortum. Valg av intervjuobjekter er med tanke på deres kunnskap innenfor både material- og energigjenvinning. Intervjuet ble gjennomført 7 februar 2020 og hadde en varighet på om lag to timer. Hensikten med den kvalitative analysen er premisser og ytterligere bakgrunnsinformasjon for den kvantitative analysen.

Intervjuguiden er delt inn i bakgrunn, målsetting, kjøper, konkurransesituasjon, eget anlegg, miljøfaktoren og energigjenvinning. Spørsmålene er derfor en blanding av eksterne og interne forhold som gir analysen et innblikk i bakgrunnen til bransjen og forutsetninger for kvantitativ analyse. Intervjuet følger et semistrukturert oppsett, hvor formålet er å få intervjuobjektet sine egne tanker og meninger. En strukturform som åpner for å stille oppfølgings- og avklarings spørsmål, i tillegg kan intervjuobjektet opplyse om sentrale elementer som intervjuer ikke har vurdert (Silverman, 2014). En svakhet ved analysen er at intervjuet ikke gir et nyansert bilde av bransjen ettersom det kun er intervju av en aktør, men gir likevel en indikasjon på muligheter og trusler i bransjen. Personopplysninger og lagring av data er i henhold til retningslinjene fra Norsk senter for forskningsdata lagt ved i kapittel 10.



## 4.4 Nytte-kostnadsanalyse

En nytte-kostnadsanalyse vil prissette positive og negative effekter ved alternativene. Nyttefaktorene innebærer potensielle inntekter og positive eksternaliteter, mens kostnadssiden er kostnadene og ulempene forbundet med alternativene. Formålet er å vise nytten og kostnadene for hvert alternativ i forhold til referansealternativet, slik at det blir et bedre beslutningsgrunnlag. Analysen vil undersøke om nytten ved alternativet er større enn kostnadene, og velger i utgangspunktet det alternativet med størst netto nåverdi. I denne analysen skal en hensynta prissatte og ikke-prissatte faktorer, hvor markedspriser er brukt så langt det lar seg gjennomføre. I motsetning til en lønnsomhetsanalyse vil analysen inneholde nytte og kostnad for faktorer som ikke har en bestemt markedspris, her er lokal luftforurensing et eksempel (Brembu et al., 2018).

Faktorer som miljøeffekter er vanskelig å prissette i markedet ettersom det er usikkerhet tilknyttet verdsetting av nytte og kostnad. Miljøfaktorene støy, lokal luftforurensing og klimautslipp er faktorer som lar seg prissette. Miljøfaktoren naturressurser er en faktor som ikke lar seg prissette og skal dermed vurderes etter faktoren sin verdi og påvirkning (Brembu et al., 2018).

En nytte- kostnadsanalyse benyttes for å undersøke om et prosjekt er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Et prosjekt er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom befolkningen til sammen er villig til å betale minst like mye som tiltaket faktisk koster. Ulempen med en nytte-kostnadsanalyse oppstår når virkninger ikke lar seg måle i kroner på en faglig forsvarlig måte. Nytte-kostnadsanalysen er tredelt, hvor inntekter  $I$  inkluderer inntekt fra salg av plastgranulat, salg av fjernvarme, renovasjonsgebyr og produsentansvar. Kostnader  $K$  inkluderer kostnader for innsamling, lagring, pakking, lasting, langtransport, ettersortering, material- og energigjenvinning. Kostnader for miljøfaktorer  $M$  inkluderer kostnader for klimautslipp, støy og lokal luftforurensing (Brembu et al., 2018).

*Formel 1: Nyttekostnad.  $I$  inntekter,  $K$  kostnader,  $M$  miljøfaktorer.*

$$\text{Nyttekostnad} = I - K - M$$

*Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: [https://www.vegvesen.no/ attachment/704540/](https://www.vegvesen.no/attachment/704540/) (lest 08.05.2020)*

## 4.5 Ikke-prissatt metode

Analyse av ikke prissatte faktorer vil systematisk og helhetlig analysere konsekvensene ved faktorene og består av to trinn. Trinn 1 vurderer faktoren sin verdi, påvirkning og konsekvens. Verdi er en vurdering av hvor stor betydning faktoren har i et nasjonalt perspektiv og vil vurderes etter en femdelte skala illustrert i figur 4. I denne oppgaven vil verdi baseres på miljømessig verdi, og dermed utelukkes eksempelvis sysselsetting og økonomisk verdi (Brembu et al., 2018).

Figur 4: Skala for vurdering av verdi.



Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). *Konsekvensanalyser*. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Figur 5: Grunnlag for verdisseting.

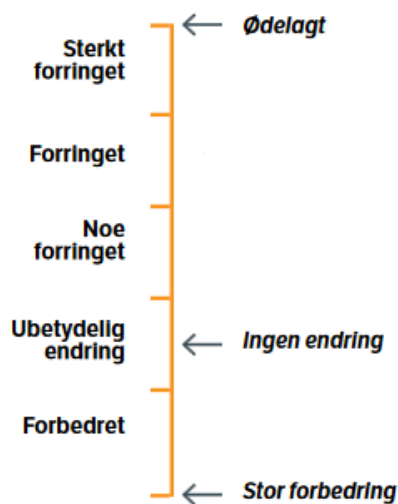
Verdi	Forklaring
Uten betydning	Uten betydning for naturressurser.
Noe	Lokal betydning for naturressurser. Brukefrekvensen har betydning for få personer. Få faglige kvaliteter
Middels	Lokal og regional betydning for naturressurser. Brukerfrekvens har betydning for flere personer. Gode faglige kvaliteter.
Stor	Regional og nasjonal betydning for naturressurser. Brukerfrekvensen har betydning for mange personer. Særlig gode faglige kvaliteter.
Svært stor	Nasjonal og internasjonal betydning for naturressurser. Brukerfrekvens har betydning for svært mange personer. Unike faglige kvaliteter.

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). *Konsekvensanalyser*. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Med påvirkning menes en vurdering av hvordan faktoren påvirker naturressursen som følge av en endring i forsyningskjeden, der påvirkning vurderes i forhold til referansealternativet.

Faktoren sin påvirkning vil vurderes etter en femdelte skala illustrert i figur 6. Ingen endring utgjør nullpunktet på skalaen slik at ubetydelig endring utgjør påvirkning nær null (Brembu et al., 2018).

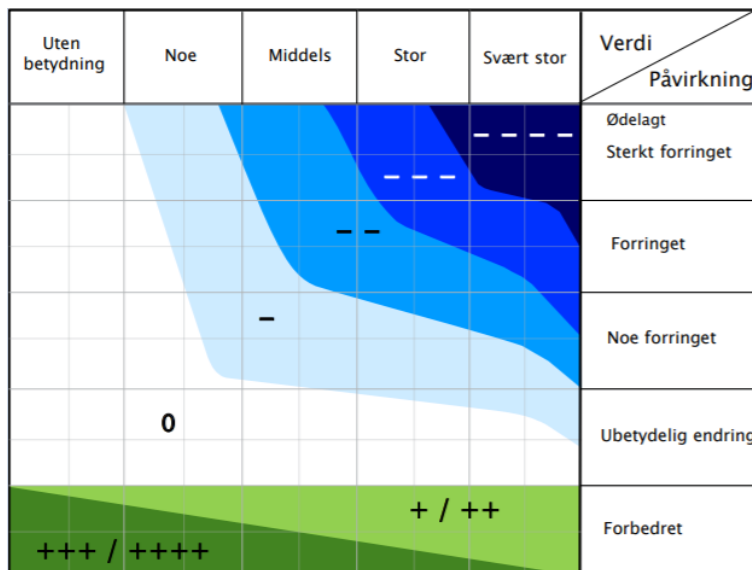
Figur 6: Skala for vurdering av påvirkning.



Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Til slutt vil konsekvens framkomme ved sammenstilling av verdi og påvirkning, der konsekvensen er en vurdering av om endringen i forsyningskjeden vil medføre bedring eller forringelse av den aktuelle faktoren. I konsekvensviften i figur 7 illustrerer x-aksen verdiskalaen, mens y-aksen illustrerer påvirkningsskalaen (Brembu et al., 2018).

Figur 7: Konsekvensvifte. Vurdering av konsekvens med grad av verdi i x-akse og grad av påvirkning i y-akse.



Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Innholdet i konsekvensviften for den ikke-prissatte faktoren har følgende vurdering illustrert i tabell 1.

Tabell 1: Skala og veiledning for konsekvensvurdering av delområder.

Skala	Konsekvensgrad	Forklaring
----	4 minus (----)	Den mest alvorlige miljøskaden som kan oppnås for delområdet. Gjelder kun for delområder med stor eller svært stor verdi
---	3 minus (---)	Alvorlig miljøskade for delområdet
--	2 minus (--)	Betydelig miljøskade for delområdet
-	1 minus (-)	Noe miljøskade for delområdet
0	Ingen/ubetydelig (0)	Ubetydelig miljøskade for delområdet
+ / ++	1 pluss (+) 2 pluss (++)	Miljøgevinst for delområdet: Noe forbedring (+), betydelig miljøforbedring (++)
+++ / ++++	3 pluss (+++) 4 pluss (++++)	Benyttes i hovedsak der delområder med ubetydelig eller noe verdi får en svært stor verdiøkning som følge av tiltaket.

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). *Konsekvensanalyser*. 2. utg. Tilgjengelig fra: [https://www.vegvesen.no/ attachment/704540/](https://www.vegvesen.no/attachment/704540/) (lest 08.05.2020)

I trinn 2 vil prosessen som er gjennomgått over bli gjennomført for alle alternativene i oppgaven. Deretter vil alternativene bli vurdert opp mot referansealternativet som er dagens løsning. Gjennomførelsen av trinn 2 vil resultere i samlet vurdering av de ulike alternativene, og sammenligning med referansealternativet. Avslutningsvis gjøres en vurdering av hvilket alternativ som er minst skadelig for miljøet basert på de ikke-prissatte faktorene (Brembu et al., 2018).

## 4.6 Beskrivelse av faktorer i analyse

Kapittelet vil redegjøre for faktorene til anvendelse i analyse. Delkapittel prissetting inkluderer forutsetninger for prissatte faktorer som betalingsvillighet, bruttokostnadsberegning, eksterne kostnader, faste priser og analyseperiode. Delkapittel prissatte miljøfaktorer vil redegjøre for vurderingskriterier av faktorene sin påvirkningsgrad på influensområdet. Det for å avgrense omfanget av forsyningskjeden og redegjøre for konsekvenser for hvert alternativ. Metoden vil hensynta kostnad og risiko som samfunnet utsettes for, som klassiske nytte-kostnadsanalyser eller lønnsomhetsanalyser ellers ville

undervurdert (Oslo Economics, 2014). Påvirkningsgrad og konsekvens ved miljøfaktorene klimagassutslipp, naturressurser, støy og lokal luftforurensing vil potensielt komme frem i tid. Det eksisterer ingen komplett modell for konsekvensene av menneskeskapt klimapåvirkning, eksempelvis hvordan jordsystemet som helhet henger sammen, eller mennesker og dyr sin tilpasningsdyktighet (NOU 2018: 17).

#### **4.6.1 Prissetting**

##### **Betalingsvillighet**

Analysen tar utgangspunkt i goder som omsettes i markedet, samt goder som ikke omsettes på det åpne markedet. For goder som omsettes på det åpne markedet, er markedspris utgangspunkt for videre analyse. Det betyr at betalingsvilligheten er høyere enn markedsprisen ettersom kjøper får en høyere nytte enn kostnaden ved varen. Goder som ikke har markedspris skal vurderes etter beste alternative anvendelse (Rundskriv R-109/14). Slike goder er i denne sammenheng klimautslipp, støy og lokal luftforurensing. Rammeverket tar utgangspunkt i verdsettelse av godene ved spørreundersøkelse som avslører befolkningen sin betalingsvillighet, hvor rammeverket tar hensyn til at betalingsvilligheten kan variere fra person til person, gruppe til gruppe, i tillegg til geografiske forskjeller. Rammeverket tar dermed utgangspunkt i gjennomsnittlig betalingsvillighet, med enkelte forskjeller for varer hvor det ikke eksisterer markedspriser (Brembu et al., 2018).

##### **Bruttokostnadsberegning**

I denne analysen vil både nytte og kostnader blir beregnet for forsyningskjeden. Hovedgruppene som er involvert i forsyningskjeden er operatører, det offentlige, forbrukere og samfunnet for øvrig.

##### **Eksterne kostnader**

Eksterne kostnader er eksempelvis de kostnader den enkelte operatør påfører omgivelsene ved endringer i forsyningskjeden. Det betyr at omgivelsene som påføres disse kostnadene ikke kompenseres, slike påvirkninger er i denne sammenheng klimautslipp, støy og lokal luftforurensing. Likevel er deler av disse kostnadene regulert gjennom skatter og avgifter, som betyr at enkelte konsekvenser blir tatt hensyn til.

## 4.6.2 Prissatte miljøfaktorer

### Klimagassutslipp

I denne analysen er det hovedsakelig klimagasser som karbondioksid ( $CO_2$ ), lystgass ( $N_2O$ ) og metan ( $CH_4$ ) som skal vurderes og som omgjøres til  $CO_2$ -ekvivalenter for videre analyse.  $CO_2$ -ekvivalenter er omgjørelse av klimagasser til  $CO_2$ -ekvivalenter i forhold til klimagassene sin påvirkning på drivhuseffekten sammenlignet med et tonn karbondioksid over et spesifisert tidsrom (SSB, u.å.). Som nevnt i kapittel 1.1 har Norge forpliktet seg til å redusere utslipp av klimagasser, og derfor er klimagassutslipp en sentral faktor for vurdering av forsyningskjeden. Eksempelvis bidro all transport i Norge for om lag 19 prosent av totale klimautslipp i 2015, og tendensen har vært økende siden 1990. Enhetsprisen for et tonn  $CO_2$ -ekvivalenter tar utgangspunkt i beregningen EFFEKT, som tar hensyn til utslipp ved beslag av areal, bygging, transport, drift- og vedlikehold (Brembu et al., 2018).

Tabell 2: Kostnader per tonn  $CO_2$ -ekvivalenter i tidsperioden 2021 til 2030.

Årstall	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kr/tonn $CO_2$ -ekvivalenter	380	437	493	550	606	663	719	776	832	889	945

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Kostnader per tonn  $CO_2$ -ekvivalenter tar utgangspunkt i priser for 2020 og 2030, og hvor kostnadene for årene 2021 til 2029 er differansen mellom 2020 til 2030 fordelt med en lineær økning på om lag 57 kroner.

### Støy

Støy regnes som et lokalt miljøproblem, i denne sammenheng i forbindelse med transport og anleggsvirksomhet. Høye støynivåer kan skape mistriksel, forstyrre tale og generelt oppleves som plage (Brembu et al., 2018). Analysen vil ta utgangspunkt i støy ved bolig og privat område, og dermed utelukke støy i offentlige parker og lignende. Det er ikke anbefalt med et støynivå over 55 dB, hvor dette kan skape ubehag. Endringer i støy enten opp eller ned har en pris på 326 kroner per dB, per person, per år (2016-kr). Mengde støy blir beregnet i forhold til støy i referansealternativet. Støyberegningene tar utgangspunkt i støyretningslinjene og er grunnlag for videre analyse for prissatte konsekvenser og måloppnåelse (Miljødirektoratet, 2014).

Tabell 3: Kriterier for inndeling av støysoner for vurdering utendørs. Alle tall i dB, innfallende lydtrykk i 4 meters høyde.

Støykilde	Gul støysoner		Rød støysoner	
	Over døgnet	Natt kl. 23-07	Over døgnet	Natt kl. 23-07
Anlegg	$L_{den}^1$ 55 dB	$L_{5AF}$ 270 dB	$L_{den}$ 65 dB	$L_{5AF}$ 85 dB
Vei	$L_{den}$ 55 dB	$L_{5AF}$ 70 dB	$L_{den}$ 65 dB	$L_{5AF}$ 85 dB

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

## Lokal luftforurensing

Luftforurensing regnes som et lokalt miljøproblem og innebærer i denne analysen svevestøv  $PM_{10}$  og nitrogendioksid  $NO_2$ . Svevestøv og nitrogendioksid kan utvikle seg til å bli et problem for folkehelsen, hvor flere norske byer har problemer med høye verdier. Utsatte grupper for påvirkning av luftforurensing er barn, eldre og mennesker med luftveis- eller hjertekarlidelser. Økt luftforurensing vil kunne skape irritasjon, betennelsesreaksjoner eller forverre allergiske tilstander for utsatte grupper av befolkningen (Brembu et al., 2018).

Tabell 4: Definisjon av gule og røde soner.

Støykilde	Luftforurensingssoner	
$PM_{10}$	35 $\mu g/m^3$ 7 døgn per år	50 $\mu g/m^3$ 7 døgn per år
$NO_2$	40 $\mu g/m^3$ vintermånedene november til april	40 $\mu g/m^3$ gjennom året
Helserisiko	Personer med alvorlige luftveis- og hjertekarsykdom har økt risiko for forverring av sykdommen. Friske personer vil sannsynligvis ikke ha helseeffekter.	Personer med luftveis- og hjertesykdom har økt risiko for helseeffekter. Blant disse er barn med luftveislidelser og eldre med luftveis- og hjertekarlidelser mest sårbare

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Kriteriene for lokal luftforurensing innebærer maksimalt anbefalt luftforurensingsnivå for å kunne beskytte utsatte deler av befolkningen mot potensielle negative helseeffekter og ubehag.

Tabell 5: Oversikt over regelverk for lokal forurensing av  $PM_{10}$  og  $NO_2$ .

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi i forurensingsforskriften		Anbefalte luftkvalitets-kriterier	Nasjonale mål
		Konsentrasjon	Tillatte overskridelser		
$PM_{10}$	Døgn-middel	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30 døgn	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Års-middel	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$NO_2$	Time-middel	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18 timer	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Års-middel	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Korttids-middel (15 min)			300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

For å innhente og beregne lokal forurensing tar oppgaven utgangspunkt i nasjonalt beregningsverktøy, og analysen vurderer alternativene opp mot referansealternativet. For å prissette konsekvensene for  $NO_2$  – og  $PM_{10}$  utslipp vurderes konsentrasjonen av utslipp opp mot antall eksponerte. Her blir momenter som befolkningstetthet, og dermed antall eksponerte i gul og rød sone. Skadekostnaden sin utvikling frem mot 2030 diskuteres i kapittel 6.3 (Brembu et al., 2018).

Tabell 6: Skadekostnad av  $NO_2$  utslipp (kr/kg).

Skadekostnad, kr per kg $NO_2$ -utslipp		
Storby (> 100 000 innbyggere)	Større byer (15 000 - 100 000 innbyggere)	Spredt bebyggelse (< 15 000 innbyggere)
240	120	60

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)



Tabell 7: Skadekostnad av PM<sub>10</sub> utslipp (kr/kg).

Skadekostnad, kr per kg PM <sub>10</sub> -utslipp		
Storby (> 100 000 innbyggere)	Større byer (15 000 - 100 000 innbyggere)	Spredt bebyggelse (< 15 000 innbyggere)
4610	520	0

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

### 4.6.3 Ikke-prissatte faktorer

#### Naturressurser

Oppgaven fokuserer kun på naturressursen olje, og hvordan bruken av ressursen blir endret som følge av de forskjellige forsyningskjedene. Olje er en ikke-fornybar ressurs som står for en betydelig andel av dagens klimaforurensning (Jortveit, 2018a). Å redusere bruken av råolje er derfor en viktig faktor for å nå målene som Norge har forpliktet seg til gjennom EUs rammedirektiv. Metoden for å verdsette ikke-prissatte faktorer er forklart i kapittel 4.5.

## 4.7 Datagrunnlag

Masteroppgaven er en kombinasjon av kvantitativ og kvalitativ tilnærming, hvor studien har en kvalitativ tilnærming til bakgrunnsinformasjon og trender i bransjen. Her for å undersøke beslutningsgrunnlag med tanke på eksterne og interne påvirkningsfaktorer.

Samarbeidspartnere for masteroppgaven er Avfall Sør AS, Fortum, Returkraft AS, IVAR ettersorteringsanlegg Forus, Grønt Punkt Norge og Novapoint. Oppgaven tar utgangspunkt i dagens løsning med inntekter og kostnader. Med bakgrunn i dagens løsning vurderes alternative løsninger med potensielle inntekter og kostnader. Gjennomføring av datainnsamling ble gjort ved intervju, mail og telefon. Både primære og sekundære kilder er bakgrunn for analyse, og hver informasjonskilde vil vurderes for validitet og reliabilitet.

Tabell 8: Informasjonsgrunnlag fra primære og sekundære kilder

Utgiver	Informasjonsgrunnlag
Returkraft AS	Energigjenvinningsanlegg som ligger 5 kilometer utenfor Kristiansand. Produserer strøm og fjernvarme til husholdninger i Kristiansand og omegn gjennom energigjenvinning av avfall (Returkraft, u.å.). Returkraft informerte om mengder og kostnader tilknyttet energigjenvinning av restavfallet. I tillegg mottok vi informasjon om miljøpåvirkningen for energigjenvinning ved deres anlegg på Dalane i Kristiansand kommune.
Grønt Punkt Norge	Ansvar for alle emballasjetyper gjennom retursystemer godkjent av Miljødirektoratet (Grønt Punkt Norge, u.å.). Grønt Punkt Norge informerte om den norske modellen for håndtering av plastemballasje fra husholdning. I tillegg til informasjon tilknyttet inntekter og kostnader for langtransport, ettersortering og materialgjenvinning ved dagens løsning. Samt informasjon om involverte aktører i forsyningskjeden, og Grønt Punkt Norge sitt vurderingsgrunnlag ved valg av forsyningskjede.
Avfall Sør AS	Avfall Sør AS er et kommunalt eid selskap som ivaretar Kristiansand og Vennessla kommune sine lovpålagte oppgaver innen husholdningsrenovasjon (NFFA, u.å.). Avfall Sør AS informerte om lokale utfordringer samt inntekter og kostnader for innsamling, lagring, pakking og lasting av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennessla kommune. I tillegg til informasjon om kostnadene tilknyttet innsamling av restavfall, papp og papir.
IVAR ettersorteringsanlegg Forus	IVAR informerte om kostpris for sortering av restavfallet inkludert avhending til energigjenvinning, og kostpris for sortering av restavfall ekskludert avhending til energigjenvinning. Informasjonen fra IVAR ettersorteringsanlegg Forus er anvendt for å få et innblikk hos flere aktører i bransjen, og kunne se om kostnader og inntekter for analyse er representativt for bransjen (Johnsen, 2020).
Forum for Sirkulær Plastemballasje (Deloitte)	En kartlegging av verdikjeden for plastemballasje i Norge som er benyttet som bakgrunnsinformasjon om muligheter og trusler i bransjen. Videre vil rapporten gi et innblikk i mengder tilført og behandlet plastemballasje på landsbasis, samt andel materialgjenvunnet plastemballasje. Deloitte rapporten er på oppdrag fra "Forum for Sirkulær Plastemballasje" (Deloitte, 2019).
Fortum	Fortum er et energiselskap med tjenester innen strøm, oppvarming og andre ressurseffektive løsninger (Fortum AS, u.å.). Et semistrukturert intervju med Cato Kjølstad og Lisa Moen fra Fortum ga et innblikk i deres tanker rundt potensielle mulighet og trusler i bransjen, samt vurderingsgrunnlaget for Fortum sitt planlagte anlegg på Tomter. Fortum delte også generell informasjon om prognoser for mengde plastemballasje og prisen for plastgranulat. Fortum er i en etableringsfase med tanke på materialgjenvinning i Norge og ønsker å kapre markedsandeler, derfor ønsket ikke Fortum å dele konkrete kostnader og inntekter.

Østfoldforskning: Livsløpsanalyse for gjenvinning av plastemballasje	Østfoldforskning er et nasjonalt forskningsinstitutt, som i denne sammenheng informerer om miljøpåvirkningen ved resirkulering av plastemballasje (Østfoldforskning, u.å.).
Novapoint	Novapoint beregner veitrafikkstøy og var en diskusjonspartner i forbindelse med den prissatte faktoren støy. Her med vurderingsgrunnlag og konsekvenser for bosatte i influensområdet (Hunstad, 2020).

#### 4.7.1 Litteraturen sin kvalitet

Kvaliteten på informasjonskildene kan variere, og vil derfor redegjøre for informasjonen sin validitet, reliabilitet og mulige feilkilder. Kilden vil vurderes med utgangspunkt i en firedelt skala: dårlig, middels, god og meget god reliabilitet. Vurdering gjelder kun for informasjonskilder som er hyppig anvendt i masteroppgaven.

Tabell 9: Vurdering av informasjonskilder sin reliabilitet og validitet.

Utgiver	Reliabilitet	Begrunnelse
Returkraft AS	God	Det er ansett som sannsynlig at informasjonen er korrekt og presis. Nøyaktigheten er omtrentlig og gir en god indikasjon på kostnader og miljøavtrykk for energigjenvinning ved Returkraft. Utfordring er at energigjenvinning er blandet avfall, og derfor ikke kun plastemballasje.
Grønt Punkt Norge	God	Det er ansett som sannsynlig at informasjonen er korrekt og presis. Nøyaktigheten er omtrentlig og gir en god indikasjon på inntekter, kostnader og miljøavtrykk i forsyningskjeden. Utfordring er at Grønt Punkt Norge må forholde seg til mange underleverandører, som nevnt i kapittel 2.7.
Avfall Sør AS	God	Det er ansett som sannsynlig at informasjonen er korrekt og presis. Nøyaktigheten er god, med konkrete inntekter og kostnader. Utfordringen er at innsamling av plastemballasje er en relativt ny ordning i Kristiansand og Vennessla kommune.
IVAR ettersorteringsanlegg Forus	God	Det er ansett som sannsynlig at informasjonen er korrekt og presis. Nøyaktigheten er god, med konkrete kostnader. Utfordringen er at kostnadsbilde ikke er konkret for oppgaven sin problemstilling, men blandet avfall.

Forum for sirkulær plastemballasje (Deloitte)	God	Det er ansett som sannsynlig at informasjonen er korrekt og presis. Nøyaktigheten er god med konkrete tall. Rapporten refereres til i andre avfallsrapporter. Utfordring er at det er undersøkelser på nasjonalt nivå, og en sekundærkilde.
Fortum	God	Det er ansett som sannsynlig at informasjonen er korrekt og presis. Nøyaktigheten er omtrentlig, og gir en god indikasjon på inntekter, kostnader og miljøavtrykk. Utfordringer er at det er et nytt anlegg i Norge, og dermed manglende historiske tall.
Østfoldforskning: Livsløpsanalyse for gjenvinning av plastemballasje	God	Det er ansett som sannsynlig at informasjonen er korrekt og presis. Rapporten refereres til i andre rapporter. Nøyaktighet er god, og gir konkrete tall på miljøavtrykk. Utfordring er at det er en sekundærkilde og på landsbasis.
Novapoint	God	Det er ansett som svært sannsynlig at informasjonen er korrekt og presis. Novapoint er referert til i Statens Vegvesen sin håndbok v717 ved vurdering av støy for trafikk.

#### 4.7.2 Justering av datagrunnlag

Som nevnt er Returkraft, Avfall Sør, Fortum, IVAR, Grønt Punkt Norge og Novapoint samarbeidspartnere for denne masteroppgaven. Et av hovedproblemene er at enkelte aktører som Avfall Sør og Grønt Punkt Norge har et overordnet ansvar for forsyningskjeden, og er i liten grad utførende aktør. Det betyr at deres oppgitte kostnader er kostnadene for bruk av underleverandører, og ikke et rent kostnadsestimat. Eksempelvis kan kostnader for lagring og pakking av plastemballasje hos Franzefoss Gjenvinning Sør inkludere profitt til underleverandører, og er dermed ikke et rent kostnadsestimat for forsyningskjeden. Som en videre konsekvens kan det medføre at enkelte inntekter og kostnader ikke blir sammenlignbare. Videre inkluderer datagrunnlaget kun konkrete kostnader for eksisterende alternativ, som medfører at det må estimeres inntekter og kostnader for alternative løsninger. Det resulterer i at deler av datagrunnlaget må justeres før bruk i analyse.

### 4.7.3 Feilkilder

Informasjonsgrunnlaget er en kombinasjon av primære og sekundære kilder til bruk i oppgaven. Masteroppgaven skrives over et semester, og det er derfor utfordringer tilknyttet svar og behandlingstid hos samarbeidspartner. I tillegg kan det oppstå misforståelser ved tolkning av informasjon til anvendelse i oppgaven. Det er også en mulighet for menneskelige feil, eksempelvis regnefeil i Microsoft Excel. Det er bevisst utelukket andre kilder på grunn av manglende reliabilitet og validitet. Kildegrunnlaget er hovedsakelig primærkilder fra aktører som er godt etablert i bransjen, og sekundærkilder som artikler, masteroppgaver og rapporter.

## 5. Teori

I dette kapittelet skal teorigrunnlaget presenteres for anvendelse i analyse. I tillegg undersøke hvilke metoder som tidligere har blitt anvendt for å vurdere håndtering av plastemballasje. Tidligere masteroppgaver har benyttet metoder som netto nåverdi, livssløpsvurdering (LCA) og flermålsanalyse for å undersøke effektene med ulike avfallsanlegg, samt påvirkningen forsyningskjeden har på lønnsomhet og miljøkonsekvenser. Studiene indikerer at prosessen har potensielle forbedringspotensial, det i sammenheng med at prognosene for fremtidig mengde plastemballasje er økende. Det er behov for lokale, nasjonale og globale endringer ettersom det er konsekvenser som vil påvirke hele verdens befolkning. Bruken av økonomiske analyser som optimalisering og netto nåverdi er hensiktsmessig for å undersøke lønnsomheten til alternativene. Økonomiske analyser har til hensikt å opplyse om kostnadsstrukturen, og undersøke om løsninger er optimale fra et lønnsomhetsperspektiv. Det gir et bedre beslutningsgrunnlag for valg av alternativ.

### 5.1 Tidligere forskning innenfor resirkulering av plastemballasje

Stensgård (2014) undersøker klimaregnskap og optimaliseringsmodell av flere typer avfall for østlandsområdet. I tillegg undersøker oppgaven påvirkningen ny teknologi har på lønnsomheten, samt miljøregnskapet. Oppgaven konkluderer med et potensial for reduksjon av klimagasser, med fokusområdet på minimering av kostnader og klimagasser. Hvis betalingsvilligheten og atferden blant norske aktører endrer seg, har avfallsbransjen et stort potensial for å redusere klimagasser.

Wergeland (2018) undersøker håndtering av brukt plastemballasje, og muligheten for å opprette et norsk anlegg. Analysen ønsker å redegjøre for valg av maskiner i forbindelse med materialgjenvinning, med kostnader og ressursbruk som beslutningskriterier. Det ble gjennomført en netto nåverdianalyse for å diskontere fremtidige inntekter og kostnader slik at alternativene ble sammenlignbare. Miljøanalysen fokuserte på transport, ettersortering og materialgjenvinning, og anbefaler behandling av plastemballasje i Norge sammenlignet med dagens løsning ved europeiske anlegg. Anbefalingen begrunnes med positive netto nåverdier, samt muligheten for reduksjon i klimagasser.

Deloitte (2019) på oppdrag fra “Forum for Sirkulær Plastemballasje” undersøkte plastemballasjestrømmene fra produksjon til materialgjenvinning for all norsk plastemballasje. Rapporten omhandler mengde plastemballasje tilført markedet, samt mengde innsamlet og materialgjenvunnet. Rapporten presenterer gjeldende lovverk og trender i avfallsindustrien og fremmer mulige tiltak for å forbedre dagens situasjon, samt oppfylle EU-målene for 2030.

Østfoldforskning gjennomførte en livsløpsanalyse av norsk plastemballasje, hvor en undersøker miljøpåvirkningen for plastemballasje. Rapporten sammenligner material- og energigjenvinning av plastemballasje, og forutsetter at materialgjenvinning erstatter varmeproduksjon av norsk fjernvarmemiks. Drivhuseffekten og total energibruk er indikatorene for miljøpåvirkning, hvor Østfoldforskning konkluderer med at materialgjenvinning er den beste løsningen for håndtering av brukt plastemballasje. Mulighetene og etterspørsel er forskjellig for ulike typer plastemballasje, men for å begrense kompleksiteten i rapporten har Østfoldforskning tatt utgangspunkt i plastemballasje generelt, og ikke vurdert hver plasttype separat. Hvis en tar utgangspunkt i faktoren drivhuseffekt konkluderer Østfoldforskning med en klimagevinst på 2,7 kilogram  $CO_2$ -ekvivalenter per kilogram plastemballasje som materialgjenvinnes. For miljøindikatoren total energibruk konkludere Østfoldforskning med en besparelse på 12 kWh per kilogram materialgjenvunnet plastemballasje. I tillegg vil et kilogram med materialgjenvunnet plastemballasje spare om lag 2 kilogram råolje. Videre utelukker Østfoldforskning miljøpåvirkningen ved produksjon og bruk av plastemballasje i sin forskning. Rapporten tar dermed utgangspunkt i stegene energi- og materialgjenvinning i avfallspyramiden (Lyng & Modahl, 2011).

## 5.2 Finansiell teori

Finansiell teori vil gjøre rede for analyseverktøyene til anvendelse i analyse. Finansiell teori inkluderer netto nåverdi, føre-var-prinsippet og break-even-analyse.

### 5.2.1 Netto nåverdi (NNV)

Netto nåverdimetoden er en metode som benyttes for å undersøke lønnsomheten til et prosjekt. Metoden diskonterer alle beløpene til netto nåverdi, som medfører nåverdi av et prosjekt som kan vare over flere år. Ved å diskontere beløpene til netto nåverdi er det mulig å sammenligne ulike prosjekter der samme metode blir benyttet. Netto nåverdi representerer dermed dagens verdi av fremtidige nytte og kostnader, som betyr at 100 kroner i dag er mer verdt enn 100 kroner om 10 år. Formelen for beregning av netto nåverdi tar utgangspunkt i  $U_t$  som er overskudd i år  $t$ , og som diskonteres med diskonteringsrenten  $r$ . Antall år for analysen forklares med variabelen  $n$ . En hovedregel er at netto nåverdi skal være null eller positiv for at et prosjekt skal gjennomføres, som betyr at avkastningen er høyere er diskonteringsrenten  $r$ . Likevel gjennomføres enkelte prosjekter med negativ nettonåverdi, som kan forklares av usikkerhetsmomentene i analysen, og her blir beslutningstakerne sine risikopreferanser avgjørende (Hillier et al., 2016).

*Formel 2: Netto nåverdi.  $U_t$  overskudd i år  $t$ ,  $n$  antall år,  $r$  diskonteringsrente*

$$NNV = \sum_{t=0}^n \frac{U_t}{(1+r)^t}$$

*Kilde: Hillier, D., Ross, S., Westerfield, R., Jaffe, J. & Jordan, B. (2016). Corporate Finance: European Edition. 3. utg. New York City: McGraw-Hill Education - Europe.*

### 5.2.2 Føre-var-prinsippet

En av hovedutfordringene ved nytte-kostnadsanalyse er vurderingen av usikkerhetsmomenter og kostnader ved irreversible virkninger. Føre-var-prinsippet tar hensyn til usikkerhet i forbindelse med irreversibilitet og potensielle katastrofer. Føre-var-prinsippet anbefaler å undersøke fremtidige konsekvenser av inngrep i naturen, ettersom vitenskapen er usikre på konsekvensene. Det er anbefalt å avstå fra handlinger som er menneskelig uakseptable, det er handlinger som

- Truer menneskers liv og helse, eller
- Er alvorlig og i praksis uopprettelig, eller
- Er urettferdig mot nålevende og fremtidige generasjoner, eller
- Utøves uten tilstrekkelig hensyn til rettighetene til de som rammes

Føre-var-prinsippet er aktuelt dersom skadevirkningene er usikre, og muligens uopprettelige. Det er også verdt å nevne at tiltak på et senere stadiet kan være mer kostnadskrevende enn endringer i dag (Oslo Economics, 2014).

### 5.2.3 Break-even-analyse

Analysen tar utgangspunkt i netto nåverdi analysen for prissatte konsekvenser. Break-even-analysen verdsetter hvilken verdi ikke-prissatte konsekvenser må være for at et alternativ skal ha like stor nytte som kostnaden, dermed break-even. Analysen vil belyse hvordan en skal vurdere et alternativ med lav netto nåverdi og god vurdering av ikke-prissatte konsekvenser. Analysen vil prissette de ikke-prissatte faktorene og beløpet skal diskonteres over tidsperioden for analysen, samt vurdere antall berørte parter (Brembu et al., 2018).

## 6. Analyse

Kapittel 6 inkluderer behov- og måloppnåelse for forsyningskjeden, i tillegg vil prognose for mengde plastemballasje, inntekter, kostnader og miljøfaktorer bli gjort rede for. Videre vil resultat av analysen redegjøre for konsekvens av prissatte og ikke-prissatte faktorer, samt netto nåverdi, måloppnåelse, break-even-analyse, usikkerhetsanalyse og sensitivitetsanalyse for hvert alternativ.



## 6.1 Behovsanalyse

Emperigrunnet er bakgrunn for utarbeidelse av behov i analysen. Det er et overordnet ønske om å løse behovene for å få en forsvarlig forsyningskjede for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennessla kommune. Behovene skal videre danne grunnlag for målsettingene ved forsyningskjeden.

Norge har som nevnt i kapittel 1.1 forpliktet seg til EUs rammedirektiv gjennom EØS avtalen. I tillegg har Norge forpliktet seg til Parisavtalen, som blant annet inneholder mål om å redusere temperaturøkningene (FN-Sambandet, 2020). Det medfører nasjonale behov om en forsyningskjede med lavt klimaavtrykk. Dessuten vil en overgang fra lineær til sirkulær økonomi øke behovet for ytterligere utnyttelse av allerede eksisterende ressurser, ettersom det potensielt kan bli ressursknapphet på flere materialer og grunnstoffer. Det er som nevnt i kapittel 2.7 kapasitetsmangel ved ettersorterings- og materialgjenvinningsanlegg i Europa, som medfører mangelfull behandling av store mengder plastemballasje i henhold til avfallspyramiden. Avfallspyramiden viser prioriteringen i EUs rammedirektiv og indikerer en høyere måloppnåelse ved materialgjenvinning sammenlignet energigjenvinning av avfall (Miljødirektoratet, u.å.-a). I tillegg vil kapasiteten for materialgjenvinning forbedres ved økt kvalitet på innsamlet plastemballasje, ettersom det medfører mindre urenheter og restavfall i prosessen (Selmer-Anderssen, 2019).

Konsekvensene tilknyttet plast for mennesker, dyr og natur er nevnt i kapittel 2.2. Det er derfor et behov for en forsvarlig håndtering av eget plastemballasjeavfall, her med tanke på å redusere risikoen for deponering eller plast på avveie. Dermed må forsyningskjedene ha kapasitet til å kunne håndtere mengde plastemballasje for Kristiansand og Vennessla kommune. Som nevnt i kapittel 2.4 har kommunene stor valgfrihet for lokal avfallshåndtering av plastemballasje, men enkelte aktører mener kostnaden for materialgjenvinning av plastemballasje nærmer seg en smertegrense for hva en kan akseptere. Det er derfor et behov for en lønnsom og forsvarlig håndtering av plastemballasje. Det overordnede behovet for Kristiansand og Vennessla kommune er å håndtere den mengden plastemballasje som innbyggerne i kommunen vil kvitte seg med på en brukervennlig måte. Videre har lokale aktører et behov om å redusere lokal oppsamling av plastemballasje (Selmer-Anderssen, 2019).

I 2014 kom kun 4,1 prosent av ny plastproduksjon fra resirkulert plast som indikerer lav etterspørsel etter materialgjenvunnet plastemballasje (Deloitte, 2019). Det er et behov for å produsere et produkt som er etterspurt i markedet, eksempelvis er plastprodusenter usikre på materialgjenvunnet plastgranulat grunnet en varierende kvalitet (Fleten et al., 2016).

Tabell 10: Oversikt over tiltaksutløsende, viktige og mindre viktige behov.

Tiltaksutløsende behov	Viktige behov	Mindre viktige behov
Redusere miljøavtrykket	Øke kapasiteten for håndtering av plastemballasjeavfall	Redusere luftforurensing og støy
Lønnsom forsyningskjede	Redusere mangelfull kvalitet på innsamlet plastemballasje	Redusere lokal oppsamling av plastemballasje
Øke mengde materialgjenvunnet plastemballasje	Øke etterspørsel etter ferdig gjenvunnet produkt	Oppnå en brukervennlig håndtering av plastemballasje
	Håndtering av eget plastemballasjeavfall	

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Hovedkategoriene tiltaksutløsende og viktige behov har større relevans fordi ringvirkningene er betydelige. I tillegg omfatter disse behovene en stor gruppe mennesker, og konsekvensene vil dermed treffe en større andel av befolkningen.

### 6.1.1 Mål

For å dekke behovene som er nevnt i behovsanalysen må det defineres et utvalg av spesifiserte mål. Tiltaksspesifikke mål baseres på de tiltaksutløsende behovene og er de høyest prioriterte målene, mens viktige samfunns mål baseres på viktige behov og lokale mål baseres på mindre viktige behov.

Tiltaksutløsende behov som å redusere miljøavtrykket medfører spesifikke mål om å redusere utslipp av klimagasser med minimum 40 prosent i 2030 sammenlignet med klimagassutslipp i 1990 (Klima- og miljødepartementet, 2020). Tiltakene som blir iverksatt vil bidra til å

redusere andel  $CO_2$ -ekvivalenter som blir tilført atmosfæren, og vil på den måten bidra til å nå målene i Parisavtalen. I tillegg har Norge gjennom EUs rammedirektiv forpliktet seg til å øke materialgjenvinningsprosenten av plastemballasje til 55 prosent innen 2030 (Deloitte, 2019). Det er også et mål for både offentlige og private aktører med en lønnsom forsyningskjede, her med tanke på plastprodusenter og forbrukere sin betalingsvillighet, samt muligheten for overskudd for involverte aktører.

Når det gjelder samfunnsviktige mål er det for det første en målsetting om å håndtere eget plastemballasjeavfall. Det betyr økt kapasitet for håndtering av plastemballasje i Norge og Europa, samt øke kvaliteten på innsamlet plastemballasje. Det er som nevnt i kapittel 2.2 ønskelig å produsere et produkt fra brukt plastemballasje som er etterspurt. Videre er en målsetting for forsyningskjeden å redusere bruken av naturressursen råolje til et minimum for å redusere miljøavtrykket i forsyningskjeden.

Det vil også være tre lokale mål tilknyttet forsyningskjedene som vil bli vurdert i oppgaven. For det første vil det være et mål om å redusere lokal oppsamling av plastemballasje i Kristiansand og Vennesla kommune. Som nevnt i behovsanalysen har dette blitt et irritasjonsmoment for mange kommuner i Norge. For det andre vil det være et mål om at beboerne i nærheten av forsyningskjeden ikke føler ubehag av økt mengde luftforurensing og støy. Avslutningsvis ønsker Avfall Sør å være et “benchmark” for andre renovasjonsselskap i Norge, her med faktorene lønnsomhet, kundetilfredshet og miljøavtrykk (Pedersen, 2019).

Tabell 11: Oversikt over tiltaksspesifikke mål, viktige samfunns mål og lokale mål. Her i rangert rekkefølge fra A til J.

Tiltaksspesifikke mål	Viktige samfunns mål	Lokale mål
Mål A: Redusere Norge sitt klimautslipp med 40 prosent i 2030 sammenlignet med 1990.	Mål D: Øke kapasiteten for håndtering av norsk plastemballasje	Mål H: Ny forsyningskjede skal ikke øke mengden luftforurensing og støy sammenlignet med dagens forsyningskjede.
Mål B: Forsyningskjeden har positiv netto nåverdi.	Mål E: Øke kvaliteten av innsamlet plastemballasje	Mål I: Redusere lokal oppsamling av plastemballasje
Mål C: Øke materialgjenvinningsprosent av plastemballasje til 55 prosent innen 2030.	Mål F: Øke kvaliteten på plastgranulat eller fjernvarme. Øke etterspørselen etter ferdig gjenvunnet produkt	Mål J: Avfall Sør blir et ledende renovasjonsselskap innenfor kundetilfredshet, lønnsomhet og miljøavtrykk
	Mål G: Redusere bruken av råolje sammenlignet med dagens løsning.	

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). *Konsekvensanalyser*. 2. utg. Tilgjengelig fra: [https://www.vegvesen.no/ attachment/704540/](https://www.vegvesen.no/attachment/704540/) (lest 08.05.2020)

Målsettingene er for å dekke behovene nevnt i kapittel 6.1. Enkelte målsettinger kan være motsigende eksempelvis lønnsomhet og redusert klimautslipp, og derfor er målene rangerte hvor mål A har høyest prioritet og mål J har laveste prioritet ved valg av forsyningskjede. Ønsket fremtidig tilstand er en forsyningskjede som håndterer lokale problem for håndtering av plastemballasje, som er økonomisk gunstig og som bidrar til å løse globale og nasjonale klimautfordringer (Brembu et al., 2018).

## 6.2 Utvikling av alternativer

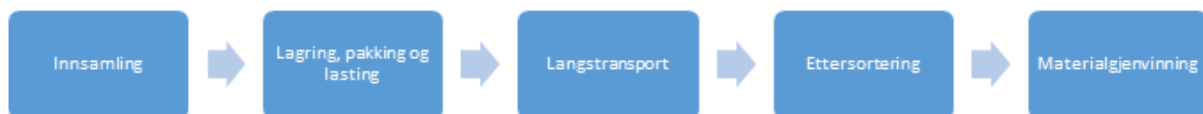
I dette kapitlet skal vi redegjøre for potensielle alternativer for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune. Alternativene skal representere helhetlige og realistiske forsyningskjeder som er lønnsomme, effektive og med et lavt miljøavtrykk. Det vil bli presentert to alternativer i tillegg til dagens løsning som blir klassifisert som alternativ 0. Alternativene tar utgangspunkt i allerede eksisterende aktører, underleverandører og infrastruktur. Hovedhensynet ved utarbeidelse av alternativene er lønnsomhet, realistisk gjennomføring, kapasitet ved anleggene og miljøavtrykk. Aktuelle

alternativer er dagens løsning, nytt materialgjenvinningsanlegg på Tomter i Indre Østfold kommune og energigjenvinning lokalt på Dalane i Kristiansand kommune.

### 6.2.1 Alternativ 0: Materialgjenvinning Umweltdienste Kedenburg

Alternativ 0 tar utgangspunkt i innsamlet plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune. For å forenkle kompleksiteten i analysen tar oppgaven utgangspunkt i at all plastemballasje blir sendt til Umweltdienste Kedenburg, ettersom anlegget behandlet størst prosentvis mengde materialgjenvunnet plastemballasje fra Norge i 2018 (Pedersen, 2019). Plastemballasje fraktes via semitrailer til Kedenburg, hvor emballasjen blir ettersortert og materialgjenvunnet. En grundigere beskrivelse av stegene i forsyningskjedene er gjennomført i kapittel 2.6. Alternativ 0 er analysen sitt referansealternativ, og blir dermed sammenligningsgrunnlaget for videre analyse. Kostnader ved innsamling, lagring, pakking, lasting, transport, ettersortering og materialgjenvinning blir gjort rede for i kapittel 6.3. Influensområdet blir i denne sammenheng befolkning og områder i rimelig avstand til forsyningskjeden. Influensområdet for alternativ 0 er befolkning i byer og tettsteder mellom Mjåvann i Kristiansand kommune og Kedenburg i Tyskland. Beregning av byer og tettsteder er nevnt i kapittel 6.3.3.

Figur 8: Forsyningskjede alternativ 0.



### 6.2.2 Alternativ 1: Materialgjenvinning Fortum

Alternativ 1 er en forsyningskjede som materialgjenvinner plastemballasje ved et nytt materialgjenvinningsanlegg hos Fortum på Tomter i Indre Østfold kommune. Stegene innsamling, lagring, pakking og lasting er lik som i referansealternativet. Ulikheten er i hovedtrekk langtransport, ettersorterings- og materialgjenvinningsanlegg. Etter at plastemballasjen har blitt lastet opp på semitrailer på Mjåvann i Kristiansand, blir det fraktet til Fortum sitt nye anlegg på Tomter. Det planlagte anlegget til Fortum skal stå for ettersortering og materialgjenvinning. Influensområdet for alternativ 1 er befolkning i byer og

tettsteder mellom Mjåvann i Kristiansand kommune og Tomter i Indre Østfold kommune. Beregning av byer og tettsteder er gjort rede for i kapittel 6.3.3.

Figur 9: Forsyningskjede alternativ 1.



### 6.2.3 Alternativ 2: Energigjenvinning Returkraft

Alternativ 2 er en endring av dagens løsning for innsamlet plastemballasje, og blir lik behandlingen av restavfall i Kristiansand og Vennessla kommune. I denne forsyningskjeden vil all plastemballasje bli hentet og behandlet som restavfall, og sendt direkte til Returkraft sitt anlegg for energigjenvinning på Dalane i Kristiansand kommune. Berørte parter og områder blir befolkning og områder i Kristiansand og Vennessla kommune.

Figur 10: Forsyningskjede alternativ 2.



Disse tre alternativene er valgt som de mest sannsynlige løsningene for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennessla kommune. Det eksisterer alternative løsninger som for eksempel IVAR sitt ettersorteringsanlegg på Forus i Sandnes kommune. Problemet er tilgjengelig kapasitet ved anlegget, samt manglende sluttprodukt. Per dags dato har IVAR utfordringer med produksjon av plastgranulat, og er dermed ikke et fullgodt alternativ for håndtering av plastemballasje (Moen & Kjølstad, 2020). Oppgaven sine tre alternativer er komplette og realistiske alternativer, her med tanke på faktorer som mål, gjennomførbarhet, kostnadsoverslag, kapasitet og potensielle fordeler.

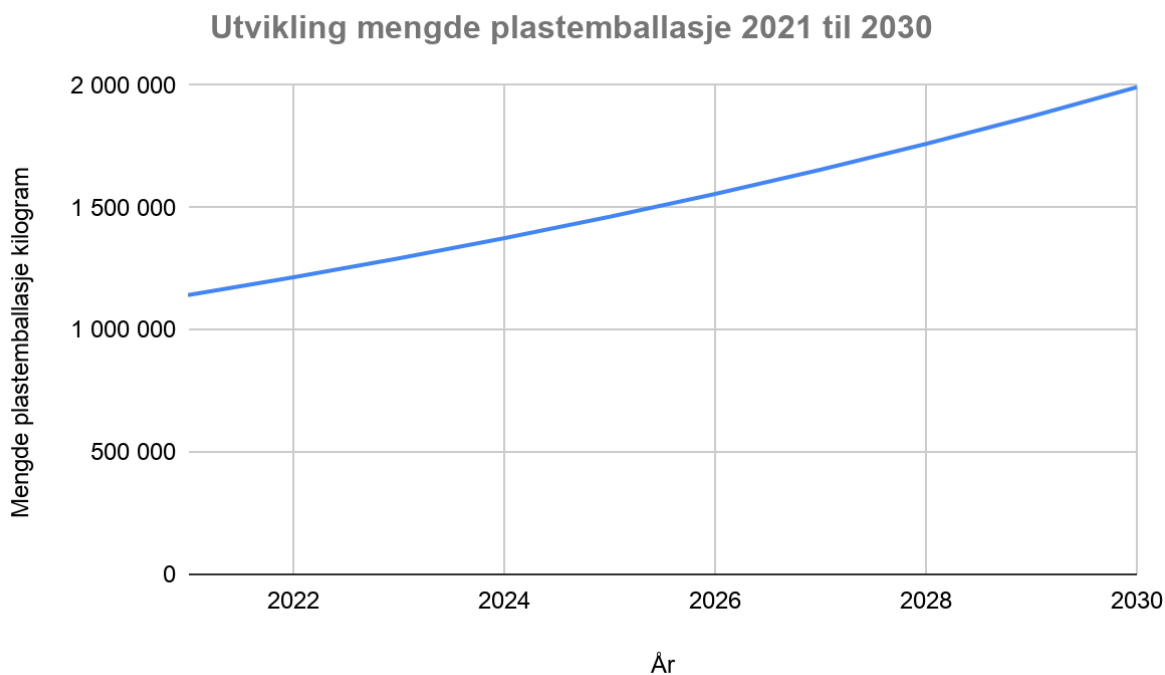
## 6.3 Prognoser

Kapittel 6.3 skal redegjøre for faktorene sin fremtidsutvikling for perioden 2021 til 2030. Prognosekapittelet vil resultere i forventet scenario for aktuelle faktorer i analysen. For å estimere fremtidig utvikling tar analysen utgangspunkt i aritmetisk gjennomsnitt, og vurderer historisk utvikling fra fem til ti år avhengig av tilgjengelig datagrunnlag. Det forutsettes at historisk utvikling vil være gjeldende for fremtidig utvikling. For faktorer uten historisk datagrunnlag legges konsumprisindeksen til grunn for videre utvikling. Det er tatt utgangspunkt i konsumprisindeksen for perioden 2014 til 2019, med et aritmetisk gjennomsnitt på 2,64 prosent (Statistisk sentralbyrå, 2020a). I tillegg til aritmetisk gjennomsnitt og konsumprisindeksen skal en legge til grunn utvikling som er overveiende sannsynlig, og vil dermed argumentere for sannsynlig utvikling for faktorene.

### Mengde plastemballasje

Utviklingen innenfor produksjon av plast har vært tilnærmet eksponentiell siden 1960, og dersom utviklingen fortsetter frem mot 2050 vil det bli produsert fire ganger så mye som i 2019 (Jortveit, 2018b). For beregning av mengden plastemballasje innsamlet fra husholdning i Kristiansand og Vennessla kommune tas det utgangspunkt i oppgitt mengde på 8 kilogram plastemballasje per innbygger i 2018 (Avfall Sør AS, 2019b). Andelen plastemballasje per innbygger blir derfor multiplisert med befolkningstallet i Kristiansand og Vennessla kommune, hvor videre utvikling er basert på gjennomsnittlig årlig befolkningsvekst på 1,3 prosent i perioden 2009 til 2019 (Statistisk sentralbyrå, 2019a). I tillegg forutsettes mengden innsamlet plastemballasje fra husholdning en økning med 5 prosent fra år til år. Det begrunnes med mengde plastemballasje tilgjengelig i husholdningsmarkedet og kunnskapsmangel blant forbrukere. Som nevnt i kapittel 2.3 blir 13 prosent av plastemballasjen kastet som restavfall av forbrukere (RfD, 2019). Økt informasjonsformidling om både innsamlingen og positive effekter med kildesortering av plastemballasje, vil potensielt resultere i en økt mengde innsamlet plastemballasje. Utviklingen i mengde plastemballasje er illustrert i figur 11.

Figur 11: Utvikling mengde plastemballasje fra 2021 til 2030 i Kristiansand og Vennesla kommune.



### 6.3.1 Utvikling inntekter

#### Renovasjonsgebyr og produsentansvar

Innsamling av plastemballasje hos husholdning ble innført i februar 2018, og er dermed en relativt ny ordning i Kristiansand og Vennesla kommune (Avfall Sør AS, 2019b). Analysen forutsetter et inntektsgrunnlag fra kategorien renovasjonsgebyr for plastemballasje til 1,2 millioner kroner i 2021. Videre forutsetter analysen en økning i inntektsgrunnlaget for kategorien renovasjonsgebyr på 3 prosent hvert år som en større andel av totalt renovasjonsgebyr for Avfall Sør. Det begrunnes med at flere kunder benytter seg av tjenesten, samt Avfall Sør vil få en bedre oversikt over kostnader med et større erfaringsgrunnlag. Videre har renovasjonsgebyret i Kristiansand og Vennesla kommune vært uendret siden 2014. Renovasjonsgebyret skal være likt andre store byregioner, og en økning i renovasjonsgebyret skal ikke være høyere enn generell konsumprisindeks (Avfall Sør AS, 2019a). En økning i kostnader forbundet med plastemballasje vil kunne medføre at plastemballasje kan få en større andel av allerede eksisterende inntekter fra renovasjonsgebyret. Det kan eksempelvis resultere i at kategorien restavfall får en mindre andel av allerede eksisterende renovasjonsgebyr, ettersom økt mengde utsortert plastemballasje kan medføre mindre mengde restavfall. I tillegg til en årlig økning på 3 prosent som en andel av eksisterende renovasjonsgebyr, vil totalt renovasjonsgebyr justeres



for konsumprisindeksen. Det vil resultere i at inntekt fra renovasjonsgebyret per kilogram plastemballasje vil gå ned i tidsperioden 2021 til 2030 gitt utvikling i mengde innsamlet plastemballasje. Det skyldes at Avfall Sør ikke har til hensikt å øke renovasjonsgebyret for sine kunder utover konsumprisindeksen.

I tillegg regnes produsentansvaret som en inntektskilde for forsyningskjeden, hvor plastprodusenter må betale et vederlag på 1,38 kroner for hvert kilogram tilført markedet (Deloitte, 2019). Derfor tilføres alle alternativene produsentansvar i inntektsgrunnlaget ettersom alle alternativene håndterer plastemballasje tilført husholdningsmarkedet. Fremtidig utvikling estimeres til mengde plastemballasje multiplisert med vederlaget for produsentansvaret justert for konsumprisindeksen. Utviklingen i renovasjonsgebyret og produsentansvaret er illustrert i figur 12.

### **Salgspris plastgranulat**

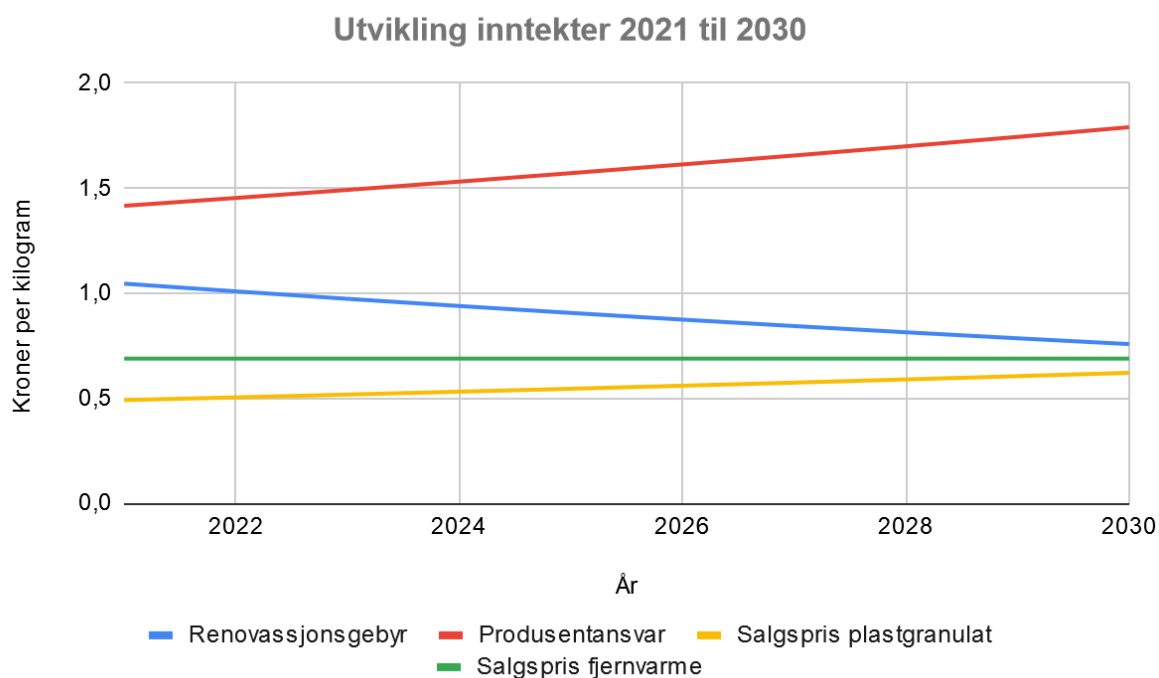
Ved beregning av gjennomsnittlig salgspris for plastgranulat er det tatt utgangspunkt i gjennomsnittlig innsamlet mengde av ulike plasttyper. Gjennomsnittlig fordeling av ulike plasttyper ved plastinnsamling fra husholdning er på landsbasis 43 prosent LDPE, 7 prosent HDPE, 12 prosent PP og 38 prosent resterende plasttyper (Deloitte, 2019). Prosentvis innsamling på landsbasis av LDPE, HDPE, PP og resterende plasttyper forutsettes representativt for innsamlet plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune. Det er stor variasjon i salgspris for ulike plasttyper materialgjenvunnet til plastgranulat, samt en variasjon i salgspris gjennom året. Prisene er med utgangspunkt i gjennomsnittlige markedspriser i perioden 2008 til 2016 for LDPE, HDPE og PP. Gjennomsnittlige 2016 priser for materialgjenvunnet plastgranulat er 1 200 kroner per tonn LDPE, 2 520 kroner per tonn HDPE og 2 520 kroner per tonn PP (PWC, 2017). Estimert utvikling for inntekt fra plastgranulat blir dermed andel av hver plasttype innsamlet fra husholdning multiplisert med tilhørende gjennomsnittlig salgspris, justert for konsumprisindeksen. Resterende plasttyper kan videreselges, men det er hovedsakelig ingen inntekt for blandet plastemballasje, og derfor forutsettes det at resterende plasttyper blir energigjenvunnet (Moen & Kjølstad, 2020). Det resulterer i at 38 prosent av den innsamlede plastemballasjen blir energigjenvunnet, og inntektsgrunnlaget for denne andelen plastemballasje blir fjernvarmeprisen. Utviklingen i salgspris plastgranulat er illustrert i figur 12.

## Salgspris fjernvarme

Oppgaven baserer seg på en prognose for fjernvarmeprisen frem til 2030. Prognosen viser en konstant pris fra 2021 til 2030 på 68,90 øre/kWh for fjernvarme (Miljødirektoratet, 2020). Årsaken til dette er at fjernvarmeprisen avhenger mye av vær og temperatur, og kan dermed varierer fra år til år. Fjernvarmeprisen skal være lavere enn strømprisen, samt ha lik utvikling (Energiloven, § 5-5). Det er ingen spesiell trend i prisen, men siden 2010 har prisen variert fra 56,6 til 77,8 øre/kWh (Statistisk sentralbyrå, 2019b). Etterspørselen etter fjernvarme varierer fra år til år, men ettersom det er lav etterspørsel i sommermånedene og for å begrense kompleksiteten i oppgaven tar analysen utgangspunkt i at fjernvarme blir solgt i åtte måneder i løpet av året. Det resulterer i at varmen som blir produsert i sommermånedene ikke vil generere en inntekt. Fremtidig utvikling estimeres til mengden kWh generert fra et tonn energigjenvunnet plastemballasje multiplisert med fjernvarmeprisen, justert for antall salgsmåneder (Norsk Energi, u.å.).

Videre vil kategorien resterende plasttyper fra ettersortering bli sendt til energigjenvinning, og det gjelder for både alternativ 0 og alternativ 1. Prisen for fjernvarme i Tyskland og Norge har historisk sett fulgt hverandre tett med minimale forskjeller fra år til år (Werner, 2016). Analysen forutsetter derfor at prisen for fjernvarme er lik i Tyskland og Norge. Utviklingen i salgspris fjernvarme er illustrert i figur 12.

Figur 12: Utvikling kategori inntekter fra 2021 til 2030.



### 6.3.2 Utvikling kostnader

#### Innsamlingskostnader

Foreløpig er innsamlingen av plastemballasje en del av papp og papir innsamlingen i Kristiansand og Vennessla kommune. Det betyr at papp, papir og plastemballasje hentes med samme renovasjonsbil hver fjerde uke, og at det ikke eksisterer konkrete kostnader for kun innsamling av plastemballasje fra husholdning. Fordeling av kostnader er basert på prosentvis andel av total innsamlet mengde, ettersom det er lite vektforskjell mellom avfallstypene papp, papir og plastemballasje. Plastemballasje utgjør i analysen en kostnad på 1 000 kroner per tonn. I 2018 er plastemballasje 13 prosent av total mengde plastemballasje, papp og papir (Avfall Sør, u. å.). I 2021 forutsettes total mengde plastemballasje til 17 prosent av total mengde papp, papir og plastemballasje. Det forutsettes 17 prosent ettersom mengde innsamlet plastemballasje trolig er økende, fordi henteordningen hos husholdning er bedre etablert i Kristiansand og Vennessla kommune. Dessuten har mengde utsortert papp og papir vært stabil over tidsperioden 2008 til 2018 (Avfall Sør, u. å.). I tillegg til kostnader fordelt etter prosentvis mengde, tilegnes innsamling av plastemballasje en ekstra kostnad tilsvarende 20 øre per innsamlet plastemballasjesekk på 3 kilogram i denne analysen. Det skyldes at

sekkene må løftes over i renovasjonsbilene av renovatørene, noe som er fysisk krevende samt tidkrevende.

Det er tidligere argumentert for en økning i innsamlet mengde plastemballasje, samt at mengde innsamlet plastemballasje vil stabilisere seg slik som avfallstypene restavfall, papp og papir. Det er derfor sannsynlig at det vil komme alternative løsninger for innsamling av plastemballasje, eksempelvis egen renovasjonsbil og hyppigere henting hos husholdning. Innenfor tidsperiode 2021 til 2030 er ikke disse alternative løsningene tatt hensyn til, der slike løsninger sannsynligvis krever større mengder innsamlet plastemballasje. Utrekning av innsamlet plastemballasje blir dermed kostnad per tonn plastemballasje som en andel av papp og papir innsamlingen i 2020 multiplisert med mengden plastemballasje, justert for konsumprisindeksen i årene 2021 til 2030. Videre vil plastemballasjeinnsamlingen tillegges en ekstra kostnad på 20 øre per plastemballasjesekk på 3 kilogram som samles inn av renovatørene. Innsamling av plastemballasje for alternativ 2 som en del av innsamlingen for restavfall, er om lag 700 kroner per tonn avfall (Pedersen, 2019). Utrekning av innsamlet plastemballasje i alternativ 2 er kostnad per tonn innsamlet restavfall multiplisert med mengde plastemballasje, justert for konsumprisindeksen.

### **Kostnader ved lagring, pakking og lasting**

Kostnadene anvendt i analysen er 349 kroner per tonn plastemballasje for lagring, pakking og lasting samlet (Pedersen, 2019). Analysen forutsetter at Franzefoss Gjenvinning Sør har tilgjengelig kapasitet for lagring, og dermed ingen stor økning i faste kostnader for lagring ved økt mengde plastemballasje. Dermed forutsetter prognosen at variable kostnader for lagring, pakking og lasting er proporsjonale med en økning i mengde plastemballasje. Det er likevel sannsynlig at fremtidige kostnader per kilogram plastemballasje reduseres, ettersom det er muligheter for flere stordriftsfordeler med lavere faste enhetskostnader. Innenfor tidsperioden 2021 til 2030 er ikke disse alternative løsningene tatt hensyn til, der slike løsninger sannsynligvis krever større mengder innsamlet plastemballasje. Fremtidig utvikling estimeres til kostnaden per tonn plastemballasje multiplisert med mengde plastemballasje, justert for konsumprisindeksen i tidsperioden 2021 til 2030.

### **Transport**

Grønt Punkt Norge benytter Bring som underleverandør for langtransport ved dagens løsning. Analysen forutsetter at Bring også transporterer plastemballasje ved alternativ 1 til Fortum på

Tomter. Grønt Punkt Norge opererer med en gjennomsnittlig kostnad på 700 kroner per tonn plastemballasje gitt et lastebillass på 19 tonn plastemballasje til Umweltdienste Kedenburg (Nordby, 2020). For transport fra Mjåvann til Tomter forutsettes en gjennomsnittlig kostnad på 400 kroner per tonn plastemballasje, gitt et lastebillass på 19 tonn plastemballasje. Det begrunnes med at transportdistansen mellom Mjåvann og Tomter er om lag 30 prosent av distansen mellom Mjåvann og Kedenburg, samt benytter store deler av samme infrastruktur. I tillegg forutsettes det at kostnadene forbundet med oppstart er en betydelig andel av utgiftene. Videre forutsetter prognosene at transportkostnadene i hovedsak er variable kostnader, og dermed proporsjonale med en økt mengde plastemballasje. Fremtidig utvikling estimeres til transportkostnaden per tonn plastemballasje multiplisert med mengde plastemballasje, justert for konsumprisindeksen i tidsperioden 2021 til 2030. Avslutningsvis forutsettes bruk av euro 4 motorer ved transport.

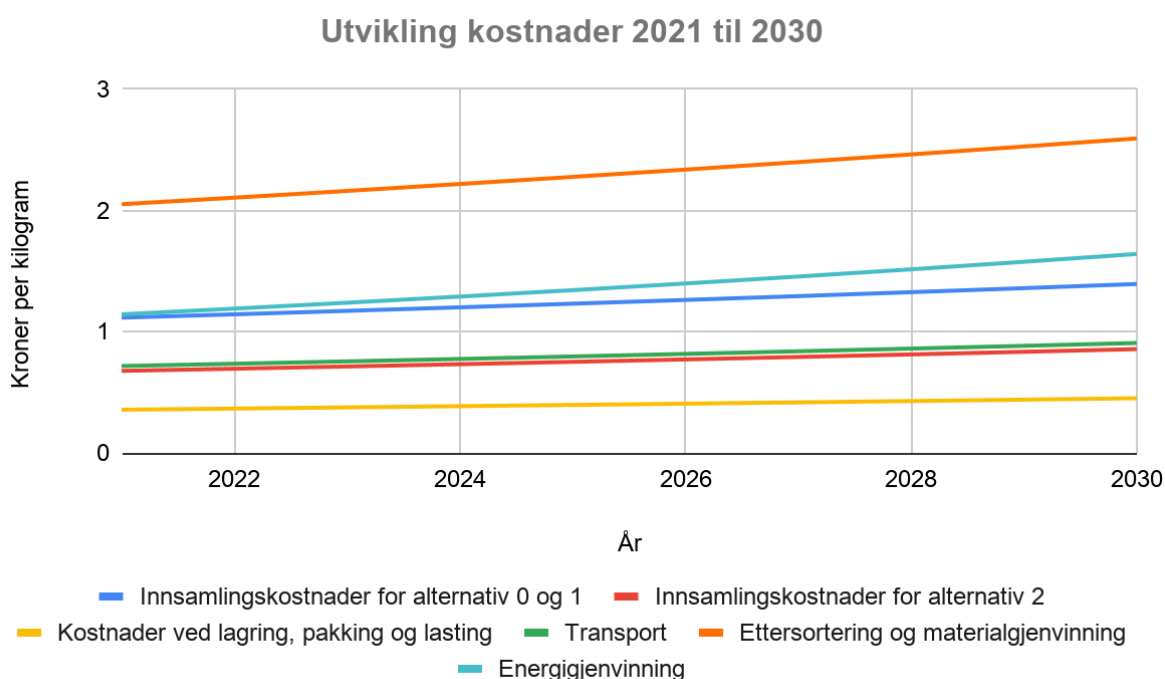
### **Ettersortering og materialgjenvinning**

Grønt Punkt Norge kjøper materialgjenvinningsgrader fra sorteringsanleggene som sørger for avsetning av avtalt prosentvis materialgjenvinning (Nordby, 2020). Derfor er kostnadene for ettersortering og materialgjenvinning oppgitt samlet, og endres som følge av markedsetterspørselen. Analysen tar utgangspunkt i at kostnadene til Fortum er konkurransedyktige for ettersortering og materialgjenvinning, og derfor settes kostnadene hos Fortum lik det Grønt Punkt Norge betaler Umweltdienste Kedenburg. Det vil si en markedspris på 2 000 kroner per tonn for å materialgjenvinne plastemballasje i mars 2020, ettersom Fortum ikke ønsket å dele konkrete kostnader (Nordby, 2020). Fortum forutsettes konkurransedyktig på pris ettersom de er en stor aktør på det norske markedet for energigjenvinning, og i tillegg eier et lignende materialgjenvinningsanlegg i Finland. Fortum er derfor kjent med kostnadene knyttet til materialgjenvinning som kan gjøre dem konkurransedyktige, og vil derfor ha mulighet til å rette seg etter markedsprisen. I tillegg har Fortum sine ansatte god kjennskap til det norske markedet ettersom de har behandlet restavfall for energigjenvinning siden 1985. Prisene for ettersortering og materialgjenvinning varierer fra år til år, og avhenger av blant annet mengde tonn levert til anleggene, og salgspris for ferdig plastgranulat (Moen & Kjølstad, 2020). Fremtidig utvikling estimeres til mengde plastemballasje multiplisert med kostnad per tonn ettersortert og materialgjenvunnet plastemballasje, justert for konsumprisindeksen i tidsperioden 2021 til 2030.

## Energigjenvinning

Avfall Sør benytter Returkraft sitt forbrenningsanlegg i Kristiansand, hvor Avfall Sør har en eierandel på 49,9 prosent. Returkraft opererer etter selvkostprinsippet, og i 2020 er selvkost for blandet avfall 1 100 kroner per tonn avfall. Den historiske utviklingen siden 2015 viser en økning i kostnader på 4,1 prosent hvert år (Nilsen, 2020). En ulempe med den historiske utviklingen er stor variasjon fra år til år, hvor 2016 og 2018 har negativ utvikling. Det er dermed knyttet usikkerhet til kostnadsøkningen etter selvkostprinsippet. Fremtidig utvikling estimeres til mengden plastemballasje multiplisert med selvkost per tonn plastemballasje, justert for historisk kostnadsøkning.

Figur 13: Utvikling kategori kostnader fra 2021 til 2030.



### 6.3.3 Utvikling miljøfaktorer

Kostnadene i forbindelse med klimautslipp og lokal luftforurensing tar utgangspunkt i priser fra kapittel 4.6.2. Klimautslipp beregnes ut fra berørte parter i influensområdet, der utslipp av  $CO_2$ -ekvivalenter fra innsamling, anlegg og transport multipliseres med tabell 2. Videre vil utslipp av klimagasser som eksempelvis  $PM_{10}$  og  $NO_2$  ved anlegg for energi- og materialgjenvinning omgjøres til  $CO_2$ -ekvivalenter. Dermed blir ikke utslipp fra innsamling og transport direkte sammenlignbare med utslipp fra anlegg. Lokal luftforurensing ved

innsamling og transport tar utgangspunkt i kilogram utslipp av  $NO_2$  og  $PM_{10}$  per kilometer i storby, større byer og spredt bebyggelse i influensområdet. Beregning av fremtidige kostnader for lokal luftforurensing tar utgangspunkt i fremtidig luftforurensing multiplisert med priser i tabell 6 og tabell 7, justert for konsumprisindeksen i tidsperioden 2021 til 2030.

Med tanke på støykostnaden gjort rede for i kapittel 4.6.2, vil kostnaden settes til 0 for alle alternativene i tidsperioden 2021 til 2030. For det første er det hovedsakelig anleggsmaskiner og transport i forsyningskjedene som er kilder til lokal støy. For det andre benytter forsyningskjedene i hovedsak allerede eksisterende infrastruktur hvor det eksisterer et visst støynivå. Støykostnaden beregnes hvis desibelnivået i influensområdet kommer innenfor gul eller rød sone, og diskusjonen blir i denne sammenheng om transporten i forsyningskjedene er den avgjørende faktoren for at støynivået oppnår gule eller røde nivåer. Det er tilnærmet umulig å regne ut støykostnaden for en semitrailer ved allerede eksisterende vei og anlegg med stor trafikk (Hunstad, 2020). Analysen forutsetter at forsyningskjedene har minimal påvirkning på lokal støy for influensområdet.

Influensområdet er gjort rede for i kapittel 6.2, og fordelt etter storby med mer enn 100 000 innbyggere, større byer fra 15 000 til 100 000 innbyggere og spredt bebyggelse med mindre enn 15 000 innbyggere. På grunn av manglende analyseverktøy settes antall kilometer gjennom storby til 20 kilometer og større byer til 10 kilometer, og er en svakhet med analysen som kan medføre upresise beregninger. Storby er følgende byer: Gøteborg, Halmstad, Helsingborg, Malmø, København, Odense, Odense, Hamburg, Hannover. Større byer er følgende: Kristiansand, Grimstad, Arendal, Porsgrunn, Larvik, Sandefjord, Tønsberg, Drammen, Moss, Sarpsborg, Halden, Kungsbacka, Molndal, Køge, Ringsted, Slagelse, Nyborg, Fredericia, Kolding, Haderslev, Aabenraa, Flensburg, Rensburg, Neumunster, Seevetal, Soltau, Walsrode. Spredt bebyggelse regnes som resterende distanse.

## **6.4 Diskonteringsrente**

For å diskontere fremtidig nytte og kostnader anvendes i statlige tiltak en kalkulasjonsrente på 4 prosent for en tidsperiode på 0 til 40 år (Rundskriv R-109/14). Ettersom de alternative forsyningskjedene opererer med en kombinasjon av private og offentlige aktører vil kalkulasjonsrenten settes noe høyere enn øvrige statlige tiltak. Kalkulasjonsrenten settes til 7

prosent ettersom det er en høyere konkurranseintensitet enn øvrige offentlige tiltak. Kalkulasjonsrenten skal avspeile alternativ anvendelse og risiko tilknyttet prosjektet, og ta hensyn til usikkerheten som medfører ved fremtidige nytte og kostnader. Diskonteringsrenten er konstant for analysen gjennom tidsperioden 2021 til 2030.

## 6.5 Resultat analyse

### 6.5.1 Nytte-kostnadsanalyse for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2

Dette delkapittelet gjør rede for netto nåverdi for inntekter og kostnader for forsyningskjeden i tidsperioden 2021 til 2030. Nytte-kostnadsanalysen kan være uoversiktlig og vil derfor redegjøre for alle inntekter og kostnader i figur 14 og figur 15, samt avslutningsvis kostnader for miljøfaktorene i figur 16. Nytte-kostnadsanalysen konkluderer med at alternativ 0 og alternativ 1 har negativ netto nåverdi, derimot har alternativ 2 positiv netto nåverdi vist i tabell 12.

Tabell 12: Sammenstilling av inntekter og prissatte konsekvenser for alternativ 0, alternativ 1, alternativ 2 (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).

<b>Netto nåverdi</b>		
<b>Alternativ 0</b>	<b>Alternativ 1</b>	<b>Alternativ 2</b>
- 28 364 123 kr	- 23 279 978 kr	1 186 065 kr

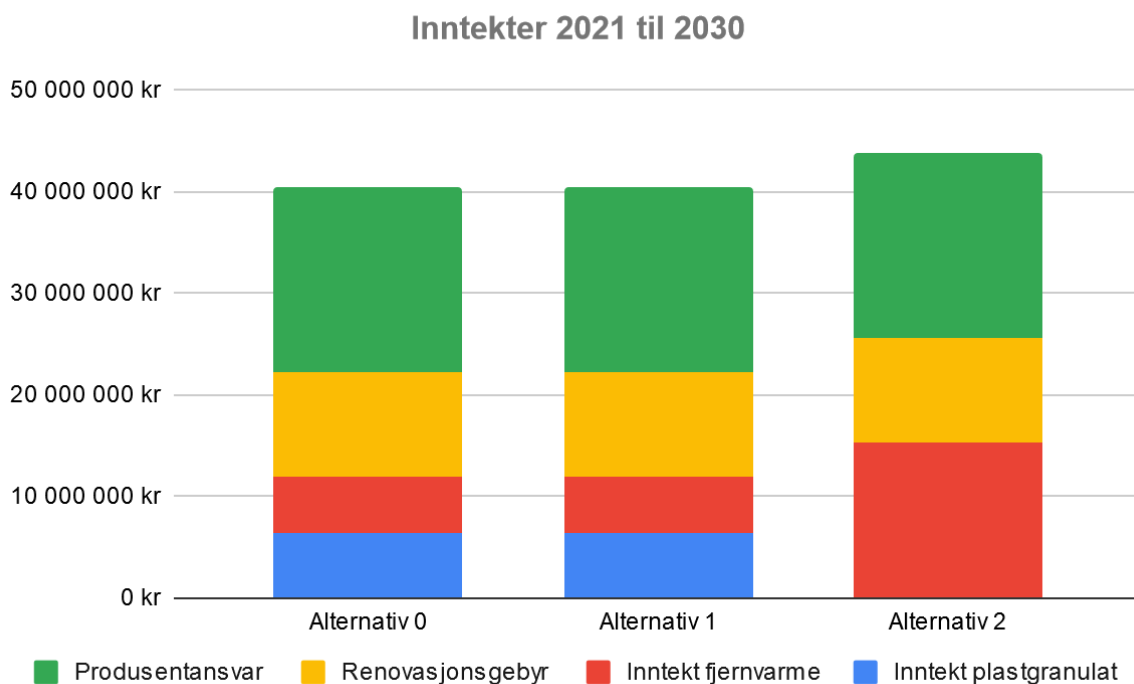
For å illustrere påvirkningen av å ta hensyn til miljøkonsekvensene tar tabell 13 utgangspunkt i netto nåverdi for alternativene uten miljøkostnadene. Dermed blir kun aktuelle inntekter og kostnader for alternativene vurdert. Tabell 13 indikerer at alternativ 0 og alternativ 1 fortsatt har negativ netto nåverdi, og alternativ 2 har positiv netto nåverdi.

Tabell 13: Sammenstilling av inntekter og kostnader for alternativ 0, alternativ 1, alternativ 2, (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).

<b>Netto nåverdi uten prissatte miljøkostnader</b>		
<b>Alternativ 0</b>	<b>Alternativ 1</b>	<b>Alternativ 2</b>
- 16 278 236 kr	- 11 681 130 kr	25 114 121 kr



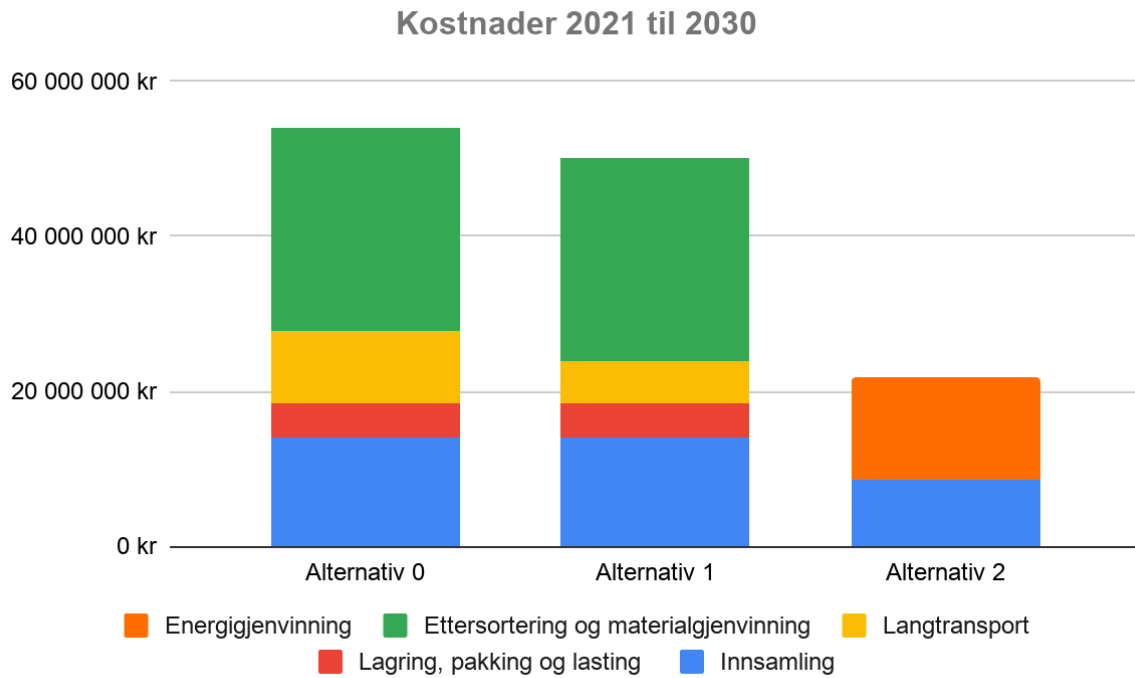
Figur 14: Sammenstilling av inntekter for alternativ 0, alternativ 1, alternativ 2, (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).



Figur 14 illustrerer likt inntektsgrunnlag for alternativ 0 og alternativ 1 ettersom de leverer tilnærmet lik løsning for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennessla kommune. Det forutsettes at anleggene i Kedenburg og Tomter vil i hovedsak levere samme kvalitet på plastgranulatet, og dermed lik pris som på det internasjonale markedet. Videre forutsettes det at materialgjenvinningsanleggene har forbrenningsanlegg i nærheten, og kan energigjenvinne utsortert andel som ikke blir materialgjenvunnet. I tillegg er inntektsgrunnlaget for Grønt Punkt Norge og Avfall Sør likt for alle løsningene, ettersom plastprodusenter og forbrukere betaler henholdsvis produsentansvar og renovasjonsgebyr for en forsvarlig håndtering av plastemballasje. Inntektsgrunnlaget for alternativ 0 og alternativ 1 er 18,2 millioner kroner i produsentansvar, 10,3 millioner kroner i renovasjonsgebyr, 5,6 millioner kroner i fjernvarmesalg og 6,3 millioner kroner i plastgranulatsalg.

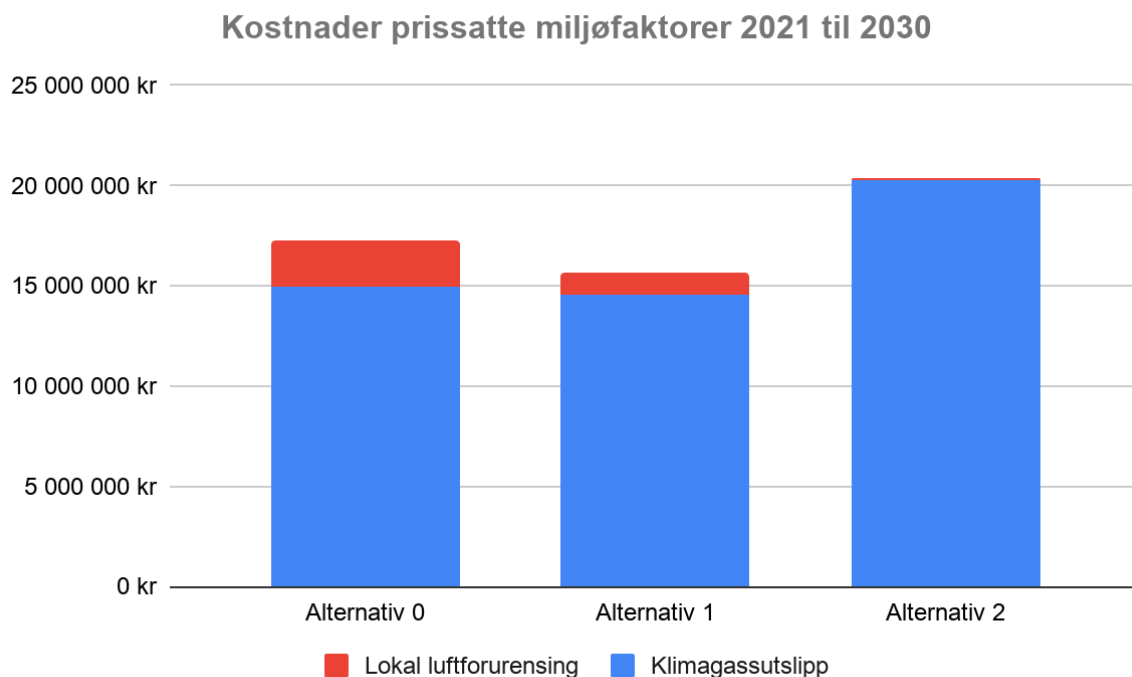
Alternativ 2 har et høyere inntektsgrunnlag ettersom prisen per kilogram plastemballasje er gjennomsnittlig høyere for fjernvarme og energigjenvinning enn plastgranulat og materialgjenvinning. Inntektsgrunnlaget for alternativ 2 er 18,2 millioner kroner i produsentansvar, 10,3 millioner kroner i renovasjonsgebyr og 15,2 millioner kroner i fjernvarmesalg.

Figur 15: Sammenstilling av kostnader for alternativ 0, alternativ 1, alternativ 2, (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).



Figur 15 indikerer at ettersortering og materialgjenvinning er den største utgiften i forsyningskjeden med kostnader på 26,4 millioner kroner for alternativ 0 og alternativ 1. Videre etterfølger innsamling og transportkostnadene på 13,9 og 9,2 millioner kroner for alternativ 0, og 13,9 og 5,3 millioner kroner for alternativ 1. Lagring, pakking og lasting er den minste utgiftsposten i forsyningskjedene med 4,6 millioner kroner for alternativ 0 og alternativ 1. For alternativ 2 er energigjenvinning av plastemballasje den største utgiftsposten med 13,1 millioner kroner etterfulgt av innsamlingskostnadene på 8,7 millioner kroner.

Figur 16: Sammenstilling av prissatte miljøkonsekvenser for alternativ 0, alternativ 1, alternativ 2, (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).



Med tanke på miljøkostnadene har alternativ 2 det største klimautslippet med en total kostnad på 20,3 millioner kroner, sammenlignet med alternativ 0 og alternativ 1 sine kostnader på henholdsvis 15 og 14,6 millioner kroner. Videre har alternativ 2 en betydelig mindre lokal luftforurensing enn alternativ 0 og alternativ 1. Alternativ 2 har kun lokal luftforurensing ved innsamling i motsetning til alternativ 0 og alternativ 1 hvor plastemballasje fraktes med semitrailer til Kedenburg og Tomter. Den lokale luftforurensningen utgjør en kostnad på 2,3 millioner kroner for alternativ 0, 1,1 millioner kroner for alternativ 1 og 84 576 kroner for alternativ 2. Merk at lokal luftforurensing ved anlegg for energi- og materialgjenvinning blir regnet som klimagassutslipp ved  $CO_2$ -ekvivalenter, og dermed vil realistisk fordelingen mellom klimautslipp og lokal luftforurensing være annerledes med en større andel av lokal luftforurensing.

Svakhet ved nytte-kostnadsanalysen er at enkelte faktorer er omtrentlige som eksempelvis kilometer gjennom storby og større byer. Analysen har tatt utgangspunkt i at anleggene skal være konkurransedyktige og har tilnærmet like inntekter og kostnader. Dermed gir netto nåverdi en indikasjon på hvilket alternativ som presterer best, men må her ta hensyn til en viss usikkerhet i datagrunnlaget.

## 6.5.2 Resultat ikke-prissatt metode

Vurderingsgrunnlaget for valg av forsyningskjede for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennessla kommune inkluderer den ikke prissatte naturressursen råolje. Analysen vil belyse verdi, påvirkning og konsekvens ved råolje for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2.

Olje er en anvendelig energikilde, og olje sammen med gass står for om lag 41 prosent av verdens energibruk (Mjønerud, 2019). Norsk oljeproduksjon har i hovedsak betydning for raffinerier, men sluttdestinasjonen for norsk olje var hovedsakelig Kina, USA, India, Japan og Korea i 2018. Olje- og gassindustrien bidro i 2018 til om lag 27 prosent av Norge sitt totale klimautslipp, her ved energikrevende aktiviteter som boring i brønner og behandling av olje og gass fra reservoarene (Miljødirektoratet, u.å.-b).

Kriteriene for vurdering av naturressursen sin verdi er gjort rede for i kapittel 4.5. Ikke-prissatt metode vil redegjøre for råolje sin indirekte verdi og påvirkning for forsyningskjeden. Anvendelse av ikke prissatt metode blir i denne sammenheng hvordan forsyningskjeden som helhet resulterer i endret bruk av råolje sammenlignet med referansealternativet ved produksjon av ny plast. Analysen fokuserer på verdi og påvirkning av miljø, og utelukker eksempelvis lokal sysselsetting og økonomisk gevinst ved olje- og gassindustrien.

### Verdi

Produksjon av ny plast er innenfor kategorien petrokjemisk industri, og plastproduksjon er omkring 6 prosent av total årlig oljeproduksjon, merk ikke total olje- og gassproduksjon. Plastproduksjon utgjør dermed en prosentvis liten andel av verdens samlede olje- og gassproduksjon. Utviklingen innen plastproduksjon har vært stigende siden 1960-tallet, og dersom utviklingen fortsetter vil i 2050 om lag 20 prosent av fremtidig oljeproduksjon inngå i plastindustrien. Merk at det gjelder all plastproduksjon og ikke kun produksjon av plastemballasje (Jortveit, 2018b).

Oljeproduksjon har hovedsakelig en nasjonal og global verdi med tanke på miljø. Det er nasjonalt og globalt ønskelig å overholde målene i Parisavtalen, hvor det innebærer å kutte kilder til klimautslipp frem mot 2050 (Jortveit, 2018b). Vurdering av miljøverdien for råolje er sammensatt. På den ene siden er olje- og gassindustrien en stor bidragsyter til totalt

klimautslipp i Norge med hele 27 prosent. Selv om næringen benytter ny teknologi, vil sektoren og hele forsyningskjeden ha problemer med å bli klimanøytrale (Miljødirektoratet, u.å.-b). På den andre siden er plastproduksjon i dag en liten prosentandel av den totale olje- og gassproduksjon. Det er likevel et potensial for økt verdi for plastproduksjon fra råolje i fremtiden, dersom prognosene om at 20 prosent av total oljeproduksjon vil gå til plastproduksjon er korrekte. Det er for eksempel investert 186 milliarder dollar i 318 nye cracking-fabrikker siden 2010. Dette er fabrikker som produserer blant annet plastflasker og plastemballasje, hvor omkring halvparten av fabrikkene foreløpig ikke er ferdig utbygget. I tillegg er store olje- og gasselskap som Shell og Exxon Mobil investorer i slike fabrikker (Jortveit, 2018b). Det kan tyde på at olje- og gassindustrien investere mer i plastindustrien, og ser fremtidige inntekter i denne næringen.

For vurdering av verdi kommer føre-var-prinsippet til anvendelse ettersom det er tilknyttet usikkerhet for konsekvensene og ringvirkningene ved klimaendringer. I utgangspunktet vurderes miljøverdien av råolje ved plastproduksjon til verdien “noe”. Vurderingen “noe” er med tanke på dagens lave forbruk av total mengde råolje. Likevel vil utvikling i plastproduksjon føre til en større andel av total oljeproduksjon, og derfor vurderes miljøverdien av råolje ved plastproduksjon til verdien “middels” istedenfor verdien “noe”. Olje- og gassproduksjon er som nevnt en stor bidragsyter til totalt klimautslipp, og dermed motstridende med Parisavtalen. Ifølge føre-var-prinsippet vil det potensielt være mindre kostnadskrevenne å gjøre endringer nå sammenlignet med et senere tidspunkt, ettersom vitenskapen er usikre på konsekvensene og skadevirkningene av klimaendringer. Skadevirkningene kan være uopprettelige og påvirker både dagens og fremtidige generasjoner (Oslo Economics, 2014).

### **Påvirkning**

I hovedtrekk vil analysen se på bruken av råolje ved ny plastproduksjon og dermed utelukkes energikravet fra transport, anleggsmaskiner og anlegg i forsyningskjedene for å begrense omfanget og kompleksiteten i masteroppgaven. Analysen vil undersøke hvordan alternativ 1 og alternativ 2 fører til endringer i bruken av råolje sammenlignet med alternativ 0 som er referansealternativet.

Materialgjenvinning ved alternativ 0 og alternativ 1 gjenvinner plastemballasje til produktet plastgranulat. Plastgranulat vil redusere behovet for anvendelse av ny råolje i

plastproduksjon. Ettersom analysen forutsetter at mengde plastemballasje som blir materialgjenvunnet ved alternativ 0 og alternativ 1 er lik, vil valg av anlegg ikke ha betydning for bruk av råolje. Derimot vil et bytte av anlegg fra Kedenburg til Tomter frigjøre kapasitet på anlegget Umweltdienste Kedenburg, og dermed øke total kapasitet for materialgjenvinning i Europa. På den måten vil plastemballasje som ellers hadde blitt energigjenvunnet på bakgrunn av manglende kapasitet nå potensielt bli materialgjenvunnet. Den utvidede kapasiteten vil føre til et mindre behov for råolje i produksjon av ny plastemballasje. Det er likevel sannsynlig at endringen ikke har stor påvirkning på den totale bruken av råolje i plastproduksjon, og påvirkningen fra alternativ 1 vil derfor bli satt til “ubetydelig/svakt forbedret”.

I alternativ 2 blir plastemballasje energigjenvunnet, som fører til at plastproduksjon øker etterspørselen etter råolje. Dermed vil behovet for råolje være større i alternativ 2. For hvert kilogram plastemballasje som energigjenvinnes, brukes om lag 2 kilogram ekstra råolje i produksjon av ny plastemballasje sammenlignet med materialgjenvinning av plastemballasje (Deloitte, 2019). Plastemballasje fra Kristiansand og Venesla kommune er likevel en prosentvis liten andel av den totale mengde plastemballasje som blir materialgjenvunnet i Norge og Europa. Endringene i etterspurt råolje som en konsekvens av valgt metode for resirkulering av plastemballasje fra Kristiansand og Venesla kommune vil ha liten påvirkning på den totale etterspørselen etter råolje i plastproduksjon. Påvirkningen i alternativ 2 vil derfor settes til “noe forringet”.

### Konsekvens

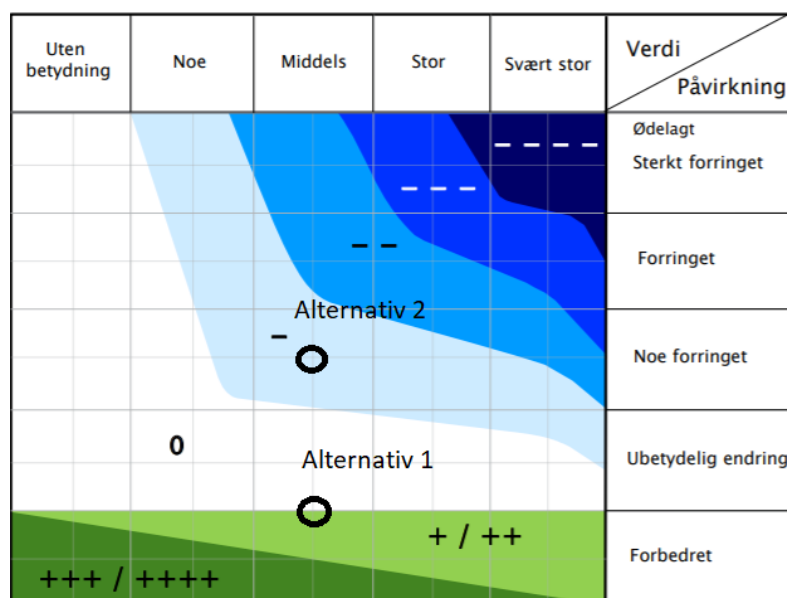
Basert på verdi og påvirkning fremkommer konsekvens av råolje. Sammenstilling av verdi og påvirkning er gjort rede for i kapittel 4.5.

Tabell 14: Sammenstilling av konsekvens basert på vurdering av verdi og påvirkning.

Tema	Alternativ	Verdi	Påvirkning	Konsekvens	Skala
Naturressurs	1	Middels	Ubetydelig/ svakt forbedret	Ubetydelig/noe forbedret miljøgevinst	0/+
Naturressurs	2	Middels	Noe Forringet	Noe miljøskade	-

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Figur 17: Konsekvensvifte. Vurdering av konsekvens med grad av verdi i x-akse og med grad av påvirkning i y-akse.



Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: [https://www.vegvesen.no/ attachment/704540/](https://www.vegvesen.no/attachment/704540/) (lest 08.05.2020)

Konsekvensene for alternativ 1 vurderes til “ubetydelig/noe forbedret”, og for alternativ 2 vurderes konsekvensene til “noe miljøskade”. Konsekvensgrad er basert på redegjørelsen i verdi og påvirkning, hvor vurdering er gjort i forhold til referansealternativet. Videre vil en vurdering av alternativene resultere i rangering av alternativene basert på konsekvens av råolje.

Tabell 15: Rangeringsradar for ikke-prissatte konsekvenser.

	Alternativ 0	Alternativ 1	Alternativ 2
Konsekvens naturressurser	0	Ubetydelig/noe forbedret miljøgevinst	Noe miljøskade
Rangering	2	1	3

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: [https://www.vegvesen.no/ attachment/704540/](https://www.vegvesen.no/attachment/704540/) (lest 08.05.2020)

I denne vurderingen har alternativene sin påvirkning på behov for råolje ved plastproduksjon blitt vurdert. Alternativ 0 og alternativ 1 vurderes bedre enn alternativ 2, ettersom materialgjenvinning medfører mindre behov for råolje og dermed mindre klimautslipp. Det begrunnes med føre-var-prinsippet om skadevirkningene ved klimaendringer ettersom det ikke eksisterer en komplett modell for beregning av konsekvenser ved klimaendringer. Alternativ 1 vurderes som anbefalt alternativ for den ikke-prissatte faktoren, fordi alternativ 1

har samme løsning som alternativ 0. I tillegg vil alternativ 1 tilføre et nytt gjenvinningsanlegg for materialgjenvinning som resulterer i økt kapasitet for materialgjenvinning i Norge og Europa. Alternativ 2 vurderes som minst egnet alternativet for den ikke-prissatte faktoren råolje, ettersom den medfører økt bruk av råolje i ny plastproduksjon. Mangel på ekspertpanel gjør at det er usikkerhet knyttet til vurderingen av verdi og påvirkning til de forskjellige alternativene.

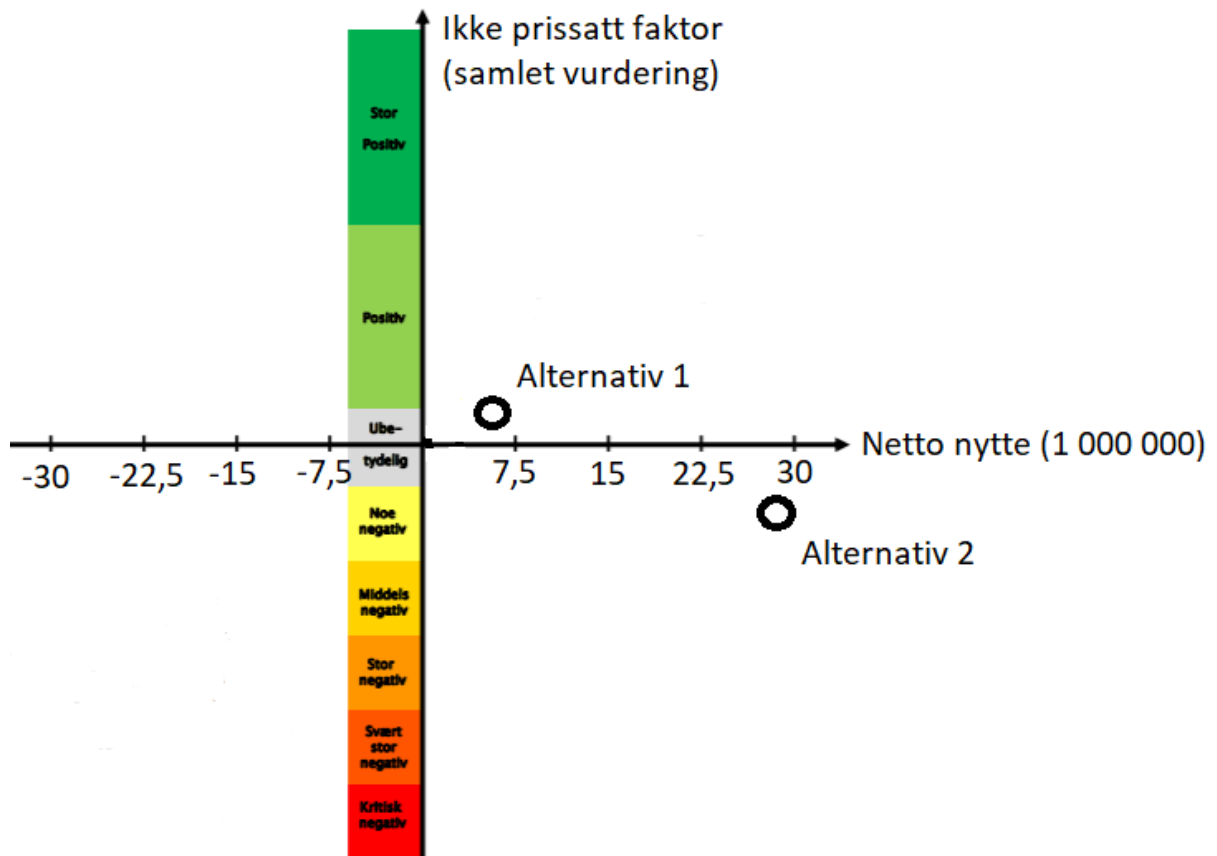
### **6.5.3 Sammenstilling av samfunnsøkonomisk analyse**

I kapittel 6.5.3 skal en vurdere konsekvensene samlet for analysene. Vurdere potensiell nytte og ulemper for prissatte og ikke-prissatte faktorer for hvert alternativ, og dermed danne et grunnlag for å vurdere avveiningen mellom prissatte og ikke-prissatte konsekvenser. Prissatte faktorer blir vurdert etter EFFEKT-beregningen, og tabellene blir vurdert etter netto nåverdimetoden i en 10 års periode. Forventet netto nåverdi er hovedkriteriet for prissatte faktorer, mens ikke-prissatte faktorer vurderer konsekvensene ut fra en 8-delt skala. Prissatte og ikke-prissatte faktorer vurderes ut fra referansealternativet som utgjør konsekvensgrad 0 (Brembu et al., 2018).

Kriteriet for lønnsomt alternativ er at summen av fordeler er større enn ulempene ved alternativet. Videre skal en redegjøre for fordeler og ulemper ved å plassere alternativene i et aksediagram, hvor netto nytte er x-aksen og ikke-prissatte konsekvenser er y-aksen. Netto nytte er i denne sammenheng netto nåverdi sammenlignet med alternativ 0. Vurdering av ikke-prissatte faktorer forteller eksempelvis om et alternativ er bedre eller dårligere, men ikke kvantifiserbart hvor mye bedre eller dårligere. Videre skal en rangere alternativene, og dermed begrunne rangeringen i detalj. For ikke-prissatte konsekvenser vurderes fordeler og ulemper mot hverandre for hvert alternativ (Brembu et al., 2018).



Figur 18: Sammenstilling av alternativene sine samlede prissatte og ikke-prissatte konsekvenser i et aksediagram. (Nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).



Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyser. 2. utg. Tilgjengelig fra: [https://www.vegvesen.no/ attachment/704540/](https://www.vegvesen.no/attachment/704540/) (lest 08.05.2020)

Alternativ 1 og alternativ 2 er plassert i figur 18, som visuelt viser sammenstillingen av alternativene sine samlede prissatte og ikke-prissatte konsekvenser. Hvor Alternativ 1 har en bedre vurdering av ikke prissatt konsekvenser, og hvor alternativ 2 har en bedre samlet vurdering av prissatte konsekvenser.

Tabell 16: Rangeringsradar for henholdsvis prissatte og ikke-prissatte konsekvenser. Konsekvensanalyse. (Nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).

	Alternativ	0	1	2
Netto nytte	Netto nytte	0	5 084 145 kr	29 550 188 kr
	Rangering	3	2	1
Ikke-prissatte	Ikke-prissatte konsekvenser	0	Ubetydelig/ noe forbedret miljøgevinst	Noe miljøskade
	Ikke-prissatte konsekvenser, rangering	2	1	3
	Foreløpig rangering	3	1 eller 2	1 eller 2

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). Konsekvensanalyse. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Alternativ 0 utelukkes fra videre vurdering ettersom det har laveste netto nåverdi for prissatte faktorer, og har tilnærmet lik vurdering for ikke- prissatte konsekvenser som alternativ 1. Gjenstående alternativer er alternativ 1 og alternativ 2 hvor vurdering er noe mer uklar. For det første har alternativ 2 en positiv netto nytte på 24,5 millioner kroner sammenlignet med alternativ 1, og vurderes som det beste alternativet i henhold til prissatte konsekvenser. Likevel medfører alternativ 2 større negative ikke-prissatte konsekvenser, her med en grads forskjell.

#### 6.5.4 Måloppnåelse for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2

I dette delkapittelet skal analysen vurdere i hvilken grad de ulike alternativene oppfyller målene formulert i kapittel 6.1.1. For alternativ 1 og alternativ 2 vil analysen vurdere om hvert mål er helt, delvis eller ikke oppfylt. Det blir gitt en forklaring rundt vurderingen ved de tilfellene der dette er nødvendig. For at den samlede vurderingen av tiltaksspesifikke-, viktige samfunns- og lokale mål skal anses som oppfylt må alle målene i hver kategori være oppfylt. Dersom ett eller flere mål bare er delvis oppfylt blir hele kategorien delvis oppfylt, og dersom ett mål ikke er oppfylt vil kategorien være ikke oppfylt. Til slutt vil analysen gjøre en sammenligning av måloppnåelsen i de forskjellige alternativene, og gi en vurdering av hvilket alternativ som samlet sett gir best måloppnåelse (Brembu et al., 2018).

Tabell 17: Vurdering av helt, delvis eller ikke oppfyllelse av målsetting for alternativ 1 og alternativ 2.

Type mål	Formulering av mål	Alternativ 1	Alternativ 2	Kommentar
Tiltaksspesifikke mål	Mål A: Redusere Norges klimautslipp med 40 prosent i 2030 sammenlignet med klimautslipp i 1990.	Delvis oppfylt	Ikke oppfylt	Alt. 1: Trenger flere tiltak for å oppfylle målet. Alt 2: Avhengig av teknologisk utvikling innen karbonfangst og –lagring.
	Mål B: Forsyningskjeden har positiv netto nåverdi.	Ikke oppfylt	Oppfylt	Alt 1: - 23 279 978 Alt 2: 1 186 065
	Mål C: Øke materialgjenvinningsprosent av plastemballasje til 55 prosent innen 2030.	Delvis oppfylt	Ikke oppfylt	Alt 1: Mangelfull teknologi og behov for flere tiltak i Norge for å oppfylle.
Vurdering av tiltaksspesifikke mål		Ikke oppfylt	Ikke oppfylt	
Viktige samfunns mål	Mål D: Øke kapasiteten for håndtering av norsk plastemballasje	Oppfylt	Delvis oppfylt	Alt. 2: Vil være mulig å behandle mer plastemballasje, men en diskusjon om det er en forsvarlig løsning.
	Mål E: Øke kvaliteten av innsamlet plastemballasje	Oppfylt	Ikke oppfylt	Alt. 1: Informasjonsformidling og etablering av innsamling. I tillegg vil sporbarheten av plastemballasjen øke kvaliteten. Ifølge representanter fra Fortum vil anlegget differensiere seg fra eksisterende aktører ved økt sporbarhet. Dermed er det mulig å spore plasttype og plastkilde som kan medføre høyere kvalitet (Moen & Kjølstad, 2020).
	Mål F: Øke kvaliteten på plastgranulat eller fjernvarme. Øke etterspørselen etter ferdig gjenvunnet produkt	Oppfylt	Ikke oppfylt	Alt 1: Sporbarhet. Alt 2: Ingen påvirkning på etterspørsel eller kvalitet.
	Mål G: Redusere bruken av råolje sammenlignet med dagens løsning.	Delvis oppfylt	Ikke oppfylt	Alt. 1: Vil påvirke bruken marginalt ettersom alternativet påvirker en liten del av den totale oljebruken.
Vurdering av viktige samfunns mål		Delvis oppfylt	Ikke oppfylt	
Lokale mål	Mål H: Ny forsyningskjede skal ikke øke mengden luftforurensing og støy sammenlignet med dagens forsyningskjede.	Oppfylt	Delvis oppfylt	Alt. 2: Kortere transportetappe fører til mindre luftforurensning. Forurensningen knyttet til anlegget regnes som CO <sub>2</sub> -ekvivalenter og dermed som klimautslipp.

	Mål I: Redusere lokal oppsamling av plastemballasje	Delvis oppfylt	Oppfylt	Alt 1: Vil fortsatt ha behov for lokal lagring, men det nye anlegget vil øke kapasiteten som vil redusere den lokale lagringen. Alt 2: Ingen lagring, blir sendt direkte til energigjenvinning.
	Mål J: Avfall Sør blir et ledende renovasjonsselskap innenfor kundetilfredshet, lønnsomhet og miljøavtrykk.	Delvis oppfylt	Ikke oppfylt	Alt. 1: Vil være en pionerkunde av den nye forsyningskjeden som kan sette standarder for bransjen, men er knyttet usikkerhet rundt lønnsomheten.
Vurdering av lokale mål		Delvis oppfylt	Ikke oppfylt	

Undersøkelse av måloppnåelsen til alternativ 1 og alternativ 2 konkluderer med at ingen av alternativene har full måloppnåelse. For alternativ 2 vil dette være naturlig grunnet de miljømessige aspektene ved flere av målene. Hovedutfordringen for alternativ 1 med tanke på de tiltaksspesifikke målene er størrelsen på mengde plastemballasje fra Kristiansand og Vennesla kommune, sammenlignet med krav til oppnåelse av nasjonale behov. Dermed vil en endring i forsyningskjeden for alternativ 1 resultere i begrenset påvirkningskraft på nasjonale og internasjonale mål. Alternativ 1 gir best måloppnåelse av de to alternativene samlet sett og vil derfor være det foretrukne alternativet.

### 6.5.5 Break-even-analyse

Etter sammenstilling av samfunnsøkonomisk analyse, vil en benytte en break-even-analyse for å få et ytterligere beslutningsgrunnlag for vurdering av alternativ 1 og alternativ 2. Break-even-analyse indikerer hvor stor verdien av den ikke-prissatte konsekvensen må være for at alternativene skal ha like netto nåverdi, og break-even kostnaden som tilegnes alternativ 2 er break-even punktet (Brembu et al., 2018). Som nevnt i kapittel 6.5.2 har alternativ 1 en grad bedre konsekvens for ikke-prissatt faktor, men negativ netto nytte sammenlignet med alternativ 2.

Alternativ 2 har en positiv netto nytte på 24,5 millioner kroner for prissatte konsekvenser, sammenlignet med alternativ 1 for tidsperioden 2021 til 2030. Break-even verdien blir i denne sammenheng 24,5 millioner kroner, og summen av den ikke-prissatte konsekvensene må dermed minst ha en negativ nytteverdi tilsvarende 24,5 millioner kroner. Blir her en

vurdering om å unngå den negative konsekvensen ved bruk av olje, og kan en bedre konsekvensgrad for den ikke-prissatte faktoren forsvare tapet i netto nytte. En bemerkning av den ikke-prissatte konsekvensen olje er irreversibiliteten ved faktoren. Konsekvensene vil ikke bare påvirke befolkning, dyr og området i tidsperioden 2021 til 2030, men vare i lang tid fremover. Her kommer føre-var-prinsippet som nevnt i kapittel 5.2.2 og 6.5.2 til anvendelse.

Differansen 24,5 millioner i netto nytte mellom alternativ 1 og alternativ 2, diskonteres i en nåverdiregning med en faktor på 7,024. Den ikke-prissatte faktoren olje har en årlig verdi på 3,5 millioner kroner, med lik diskonteringsrente som analysen forøvrig. Oljeressursen har hovedsakelig en global og nasjonal interesse, hvor det er få lokale berørte med tanke på miljøpåvirkningen.

*Formel 3: Faktortall break-even-analyse.*

$$\text{Faktortall} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r * (1 + r)^n}$$

*Kilde: Finansleksikon (u.å.). Tilgjengelig fra: <http://www.finansleksikon.no/Formelsamling/N/Naaverdifaktor.html> (lest 08.05.2020)*

### 6.5.6 Usikkerhetsanalyse

Usikkerhetsanalysen er beslutningsrelevant for å avgjøre vektlegging av konsekvens for de prissatte og ikke-prissatte faktorene, og kan medføre at rangeringen av alternativer blir mindre klare basert på forventningsverdi av faktorene. Usikkerhetsanalysen identifiserer hvilke risiko- og usikkerhetsmomenter hvert alternativ tilfører forsyningskjeden. Analysen vil kunne påpeke hvilke utfordringer som eksisterer, og som tas med i beslutningsgrunnlaget for valg av alternativ. Videre vil usikkerhetsanalysen kartlegge hvilke usikkerhetsmomenter som er tilknyttet gitte forutsetninger, og hvordan endringer i disse forutsetningene vil påvirke lønnsomheten og miljøavtrykket i forsyningskjeden (Austeng et al., 2005).

#### **Etterspørsel etter plastgranulat**

For at materialgjenvinning skal bli et fullgodt substitutt til energigjenvinning må det eksistere et marked for materialgjenvunnet plastgranulat. Plastprodusenter har få insentiver til å anvende materialgjenvunnet plastgranulat i ny plastproduksjon sammenlignet med plastproduksjon fra råolje. Det er dermed knyttet usikkerhet til markedsetterspørselen etter

plastgranulat. Videre er det underkapasitet og lav konkurranse i Europa for anlegg som kan materialgjenvinne plastemballasje. Et slikt tilbudsunderskudd kan føre til høyere pris på materialgjenvunnet plastgranulat (Selmer-Anderssen, 2019).

Ettersom råolje er et substitutt til plastgranulat vil oljepris og andel tilgjengelig råolje påvirke etterspørselen etter plastgranulat. Som nevnt tidligere investerer store olje- og gasselskaper som Shell og Exxon Mobile i cracking-fabrikker for produksjon av ny plast (Jortveit, 2018b). Flere og større aktører i plastindustrien kan medføre økt prispress og redusert lønnsomhet for materialgjenvunnet plastgranulat. Materialgjenvunnet plastgranulat har høye produksjonskostnader, i tillegg til at plastgranulat har en varierende kvalitet. Den varierende kvaliteten skyldes en blanding av forskjellige plasttyper, og medfører at plastprodusenter er usikre på kvaliteten på plastgranulat fra materialgjenvinning (Fleten et al., 2016).

Avslutningsvis forekommer salg av plastgranulat på det internasjonale markedet, det betyr at faktorer som valutakurser og internasjonale svingninger i tilbud og etterspørsel er medvirkende årsaker til etterspørselen av plastgranulat.

### **Etterspørselen etter fjernvarme**

Etterspørselen etter fjernvarme varierer i hovedsak med temperatur. Dersom temperaturen synker vil etterspørselen etter fjernvarme øke, og dersom temperaturen øker vil etterspørselen etter fjernvarme synke grunnet behovet for oppvarming av eksempelvis offentlige bygg. Det er derfor høy etterspørsel etter fjernvarme i vinterhalvåret, og lav eller ingen etterspørsel i sommerhalvåret. Stadig utbygging og en økning i antall husholdninger som etterspør fjernvarme kan medføre økt tilgang og etterspørsel etter fjernvarme (Statistisk sentralbyrå, 2019c). Avfallsbransjen jobber med en løsning for å ta vare på overskuddsvarmen som blir produsert på sommerhalvåret når det er lav etterspørsel etter fjernvarme (Moen & Kjølstad, 2020). Foreløpig slippes denne varmen ut i luften og generer tilnærmet ingen inntekt, men en ny løsning kan gjøre at varmen lagres til perioder med økt etterspørsel. Risikoen knyttet til etterspørselen etter fjernvarme vil derfor bli redusert med lagringsløsninger av fjernvarme.

### **Innsamlet plastemballasje**

Denne delen vil gjøre rede for utvikling i mengde innsamlet plastemballasje med tilknyttede inntekter og kostnader. Første del fokuserer på usikkerhet i utvikling av mengde innsamlet plastemballasje. For at aktører skal være interessert i å investere i ettersorterings- og materialgjenvinningsanlegg er de avhengig av en jevn tilførsel av plastemballasje. Tilførsel

av plastemballasje skyldes hovedsakelig produsenter og husholdninger sitt forbruk. For produsenter av husholdningsvarer er plastemballasje et populært produkt ettersom det er relativt billig, har lav egenvekt og beskytter varen (Aadland, u.å.-b). En annen avgjørende faktor er hvordan plastprodusenter unngår bruk av blandingsplast, som vil ha stor betydning for lønnsomheten for materialgjenvinningsprosessen.

Det er usikkerhet tilknyttet forbrukeratferd, altså hvordan husholdningene opptrer i markedet. For det første er det økt oppmerksomhet rundt bruk av plastemballasje, og konsekvenser av plast for mennesker, dyr og natur. Det kan medføre mindre forbruk av plastemballasje blant husholdning (Aadland, u.å.-b). For det andre er det økt oppmerksomhet rundt innsamling av plastemballasje og potensielle positive gevinster ved materialgjenvinning. Det kan resultere i mer innsamlet plastemballasje som tidligere ble behandlet som restavfall. Virkemidler som SMS-varsling ved hentedager og informasjon på hjemmesider og facebooksider øker oppmerksomheten til beboere i Kristiansand og Vennessla kommune. I tillegg påvirker betalingsordningen utviklingen for innsamling av ulike avfallstyper, og blir et insentiv for husholdninger til å kildesortere. Eksempelvis har Avfall Sør priset en tømning av 120/140 liters dunk med restavfall til 40,70 kroner, til sammenligning har bioavfall en kostnad på 33,70 kroner per tømning utover standard renovasjonsgebyr. Med slike variabler kan innbyggerne i Kristiansand og Vennessla kommune påvirke egen kildesortering og betaling av renovasjonsgebyret (Pedersen, 2019). I 2020 inngår plastemballasjeinnsamling i standard renovasjonsgebyr, men det kan potensielt bli en betalingsordning lik bioavfall når innsamling av plastemballasje er bedre etablert. Dermed er det et insentiv med lavere kostnad for husholdning ved å kaste plastemballasje som plastemballasje fremfor som restavfall. Videre viser historisk utvikling at økonomisk vekst medfører økt etterspørsel for plastproduksjon, og dermed økt tilførsel av plastemballasje til husholdningsmarkedet (Jortveit, 2018b).

Med tanke på utvikling i inntekter og kostnader for innsamling av plastemballasje er det som nevnt i kapittel 4.7 en ny ordning for husholdning i 2018 for Avfall Sør (Avfall Sør AS, 2019b). Det medfører lite erfaringsgrunnlag der inntekter og kostnader hovedsakelig er basert på inntekter og kostnader fra andre avfallstyper og innsamling hos andre kommuner. Avfall Sør har økte kostnader ved innsamling av plastemballasje, hvor plastemballasje tidligere ble behandlet som restavfall. Innsamling av restavfall har en større mulighet for stordriftsfordeler, og dermed lavere enhetskostnad for innsamling. En økt mengde innsamlet plastemballasje vil potensielt medføre egne ruter for kun plastemballasje, og ikke som en del

av papp og papir innsamlingen. Det kan medføre investering i ny bilpark, flere ansatte og økt behov for lagring. På den andre siden vil en økt mengde plastemballasje medføre mindre restavfall, og dermed kan innsamling av plastemballasje få en større del av allerede eksisterende renovasjonsgebyr.

### **Teknologisk utvikling**

Avfallsbransjen har et stort potensial for forbedring ved å ta i bruk teknologisk nyvinning, og det gjelder alt fra innsamling og transport til ettersortering og materialgjenvinning. Hvis en tar utgangspunkt i de positive effektene har teknologisk utvikling et potensial innen innsamling av plastemballasje. Eksempelvis tester konkurrerende aktører autonome renovasjonsbiler i tettbebyggelse, hvor renovatøren går ut at renovasjonsbilen.

Renovasjonsbilen kjører i gangfart slik at renovatøren kan arbeide rundt renovasjonsbilen ved å samle inn avfallsdunker. En slik teknologisk nyvinning vil føre til en halvering i antall renovatører, hvor det tidligere var vanlig med to renovatører per renovasjonsbil (Ludt & Barbøl, 2017). Det er i tillegg teknologiske muligheter for transport ved elektrisitet og hydrogen som drivstoff. Det kan medføre mindre drivstoffutgifter og et lavere miljøavtrykk, hvor hydrogenteknologi har potensial til å bli et 0-utslippsalternativ (ASKO, 2020).

Videre har sortering og materialgjenvinning et stort potensial. Deler av dagens plastavfall har lav kvalitet og er lite egnet for materialgjenvinning. Dersom teknologien klarer å utvinne mer av plastemballasjen, samt redusere miljøavtrykket kan effektene være svært positive. Eksempelvis vil bedre utsortering redusere barrierene for plastprodusenter til bruk av plastgranulat i ny plastproduksjon, ettersom plastgranulatet er av bedre kvalitet. Den økte kvaliteten kommer av at plastemballasjen får en høyere utsorteringsgrad, og dermed unngås blandingsplast ved materialgjenvinning. I tillegg har energigjenvinning ved alternativ 2 et stort potensial med tanke på karbonfangst og -lagring. Karbonfangst og -lagring er å skille ut karbondioksid, for deretter å lagre karbondioksid på en forsvarlig måte slik at den ikke slippes ut i atmosfæren (Jonassen, 2018). Energigjenvinning kan potensielt kutte egne klimautslipp med 50 til 80 prosent med karbonfangst og -lagring (Eide, 2020). Det forutsettes at alternativ 0 og alternativ 1 også vil ha positive effekter ved teknologisk nyvinning innenfor karbonfangst og -lagring. Hvis en derimot tar utgangspunkt i negative effekter ved teknologisk utvikling er det i hovedsak konkurransesituasjonen. At det kommer nye aktører som har bedre løsninger, kan resultere i redusert kundemasse for alternativene som analyseres



i denne oppgaven. Teknologi kan både ha positiv og negativ effekt på lønnsomheten til forsyningskjedene.

## **Miljø**

Som nevnt i avsnittet ovenfor vil teknologisk utvikling innen material- og energigjenvinning, samt valg av drivstoff ha påvirkning på forsyningskjeden sitt miljøavtrykk. I tillegg vil bruk av tog fremfor semitrailere som transportmetode potensielt redusere klimautslippet. En annen viktig faktor er usikkerhet til klimautslippene for plastindustrien, dersom prognosene om mengde plast frem mot 2050 stemmer, vil plastindustrien ha en relativ andel på 15 prosent av totale klimagassutslipp i verden. Til sammenligning har plastindustrien en relativ liten andel på kun 1 prosent i 2014, her forutsettes all plastproduksjon basert på råolje (Jortveit, 2018b). Avslutningsvis er kostnaden for miljø vanskelig å fastsette på grunn av usikkerhet i konsekvens for mennesker, dyr og natur, samt at ulike befolkninger blir truffet forskjellig. Det er dermed tilnærmet umulig å tallfeste konsekvensene ved økt klimautslipp (NOU 2018: 17).

## **Lovendringer**

Som alle andre bransjer i næringslivet er forutsigbarhet i rammevilkår og politikk viktig. Det kan begrunnes med at forutsetningene og beslutningsgrunnlaget ikke endrer seg over tid, og endrer konkurransesituasjonen. Bedrifter gjør beslutninger basert på tilgjengelig informasjon, og dermed vil fremtidig informasjon og endringer være en risikofaktor. Enkelte risikomomenter kan eksempelvis være endringer i produsentansvaret, som kan gi økte eller reduserte inntekter. Det er sannsynlig at plastprodusenter må ta en større andel av kostnadene forbundet med materialgjenvinning, ettersom plastprodusenter er aktøren som tilfører plastemballasje til markedet. Det kan resultere i høyere produsentansvar, og dermed et høyere inntektsgrunnlag for forsyningskjeden. Videre kan det stilles strengere krav til materialgjenvinning, og som en konsekvens kan inntekter fra produsentansvar ikke medregnes som inntekt for alternativ 2 i framtiden. Det begrunnes med at plastprodusenter betaler produsentansvar med formål om å redusere miljøproblemene emballasje medfører, og øke materialgjenvinning (Avfallsforskriften, 2004).

Det er også en risiko for norske aktører ved skatter og avgifter, som vil kunne påvirke bedrifter sin konkurransedyktighet og betalingsvillighet internasjonalt. Eksempelvis foreslo regjeringen i statsbudsjettet for 2020 å øke CO<sub>2</sub>-avgiften med 5 prosent utover standard

prisjustering, med formål om å redusere utslipp i alle sektorer. I tillegg ønsker regjeringen en reduksjon i klimautslipp på 45 prosent i ikke-kvotepiktig sektor, hvor avfallsbransjen per dags dato inngår (st.meld. nr.1(2019-2020)). For å konkludere er det en usikkerhet til lovendringer som kan påvirke konkurransesituasjonen for aktørene.

### 6.5.7 Sensitivitetsanalyse

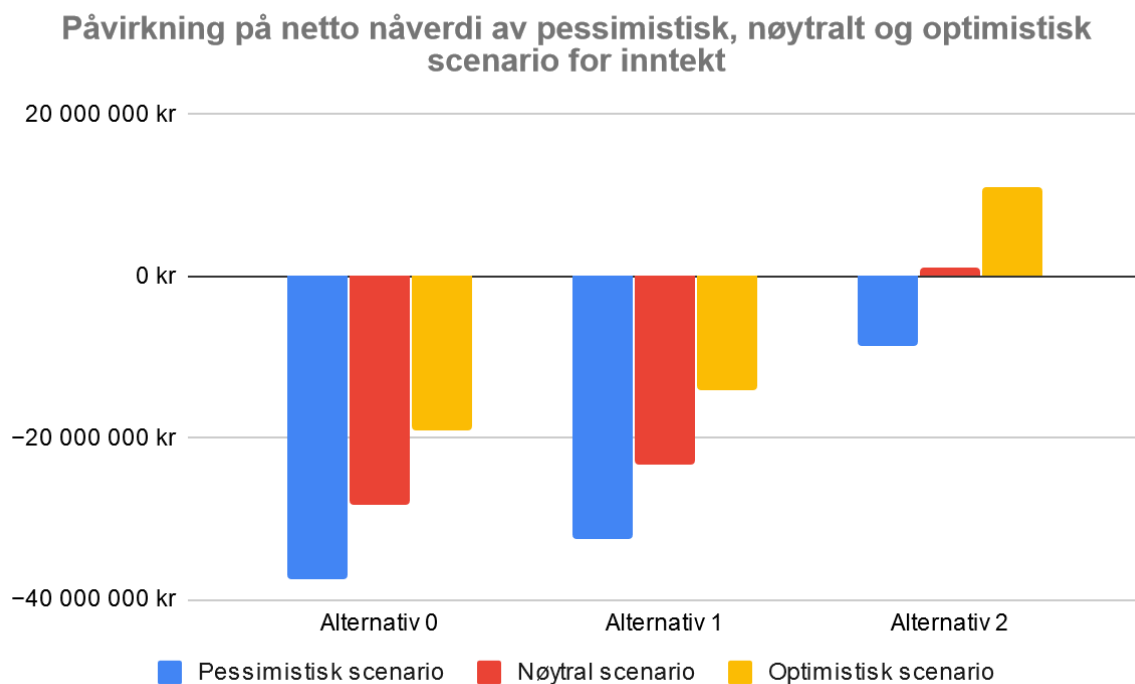
En økende endringstakt og kompleksitet i samfunnet gir utfordringer med tanke på prognoser frem i tid. Sensitivitetsanalysen tar utgangspunkt i nytte-kostnadsanalysen og driverne i usikkerhetsanalysen, for fremstilling av pessimistisk, nøytralt og optimistisk scenario. Driverne i usikkerhetsanalysen er hovedsakelig økonomisk vekst, befolkningsvekst, oljepris, teknologiutvikling, politiske valg og forbrukeratferd. I sensitivitetsanalysen vil en systematisk variere variablene for å undersøke sensitiviteten i faktorene, i denne sammenheng 25 prosent oppgang og nedgang. Videre er inntekter og kostnader fordelt på tre kategorier, hvor kategorien inntekter inkluderer produsentansvar, renovasjonsgebyr, salgspris for plastgranulat og salgspris for fjernvarme. Kategorien kostnader inneholder kostnadene for innsamling, lagring, pakking, lasting, langtransport, ettersortering, material- og energigjenvinning. Siste kategorien prissatte miljøfaktorer inkluderer klimautslipp, støy og lokal luftforurensing. Et pessimistisk og optimistisk scenario for en kategori forutsetter et nøytralt scenario for de to resterende kategoriene. Sensitivitetsanalysen vil redegjøre for hvilken påvirkning usikkerhetsmomentene fra usikkerhetsanalysen potensielt vil kunne få på kategoriene inntekter, kostnader og prissatte-miljøfaktorer.

#### **Inntekter**

Inntekter tar utgangspunkt i et pessimistisk scenario med 25 prosent nedgang i inntektsgrunnlaget, og et optimistisk scenario med 25 prosent oppgang i inntektsgrunnlaget. Et pessimistisk alternativ er sannsynlig ved økt antall aktører og prispress i forsyningskjeden. I tillegg kan en lav oljepris medføre at materialgjenvunnet plastgranulat ikke har konkurransedyktige priser. Videre vil alternativ 2 og energigjenvinning få redusert fjernvarmepris ved lavere strømpriser, ettersom det er lovregulert at fjernvarmeprisen er lavere enn strømprisen (Energiloven, § 5-5). Eksempelvis frykter Returkraft for redusert lønnsomhet med tanke på lave utsikter for strømprisene i 2020 (Reinertsen, 2020)

Et optimistisk scenario er sannsynlig ved at aktører utenfor denne delen av forsyningskjeden må ta en større del av kostnadene i forsyningskjeden, eksempelvis juridisk endringer slik som økt produsentansvar. Videre kan det potensielt bli lovpålagt med en større andel materialgjenvunnet plast i ny plastproduksjon, som kan medføre økt etterspørsel etter materialgjenvunnet plastgranulat. I tillegg kan teknologisk utvikling medføre plastgranulat av høyere kvalitet, samt bedre og rimeligere utsortering av plastemballasje. Alternativ 2 har også en mulighet for å lagre fjernvarme ved teknologisk nyvinning som kan føre til økte inntekter.

Figur 19: Inntekter for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2 ved pessimistisk, nøytralt og optimistisk scenario (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent).



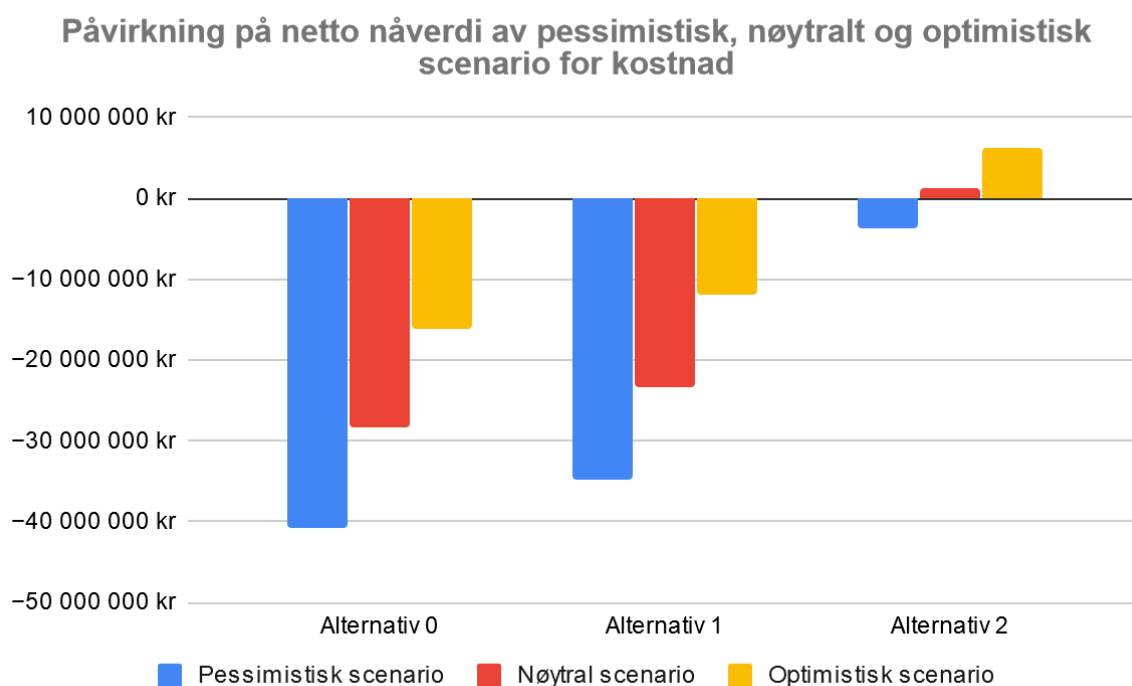
Et pessimistisk, nøytralt og optimistisk scenario for inntekter gitt nøytralt scenario for kostnader og prissatte miljøfaktorer medfører 7 scenarioer med negativ netto nåverdi. Nøytralt og optimistisk scenario for alternativ 2 medfører en positiv netto nåverdi henholdsvis 1,2 og 11,1 millioner kroner. En 25 prosent endring i inntektsgrunnlaget for alternativ 0 vil medføre en 32 prosent endring i netto nåverdi. Videre vil en 25 prosent endring i inntektsgrunnlaget for alternativ 1 medføre en 40 prosent endring i netto nåverdi. Alternativ 2 er alternativet med størst prosentvis endring gitt en 25 prosent endring i inntektsgrunnlaget, her med 838 prosent endring i netto nåverdi.

## Kostnader

Kostnader tar utgangspunkt i et pessimistisk scenario med 25 prosent oppgang i kostnader, og et optimistisk scenario med 25 prosent nedgang i kostnader. Et pessimistisk scenario for alternativ 0 og alternativ 1 bygger på kapasitetsmangel i Norge og Europa som medfører at anlegg som eksempelvis Umweltdienste Kedenburg kan ta en høyere pris. I tillegg til potensielt økte kostnader med kapasitetsmangel for lagring og transport for alternativ 0 og alternativ 1. Videre kan det bli en kostnadsøkning ved energigjenvinning for alternativ 2, eksempelvis økte avgifter ettersom energigjenvinning av plastemballasje ikke er optimalt fra myndighetene sitt synspunkt (Klima- og miljødepartementet, 2020).

Et optimistisk scenario kan eksempelvis skyldes muligheten for stordriftsfordeler ved økt mengde plastemballasje. For eksempel ved innsamlingen er det et potensial for reduserte kostnader med en lavere enhetskostnad med økt mengde plastemballasje. I tillegg vil økt informasjonsformidling rundt innsamlingen medføre mindre feilsortering. Det kan resultere i mindre transport av eksempelvis restavfall til anleggene for materialgjenvinning, samt redusert behov for ettersortering.

Figur 20: Kostnader for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2 ved pessimistisk, nøytralt og optimistisk scenario (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).



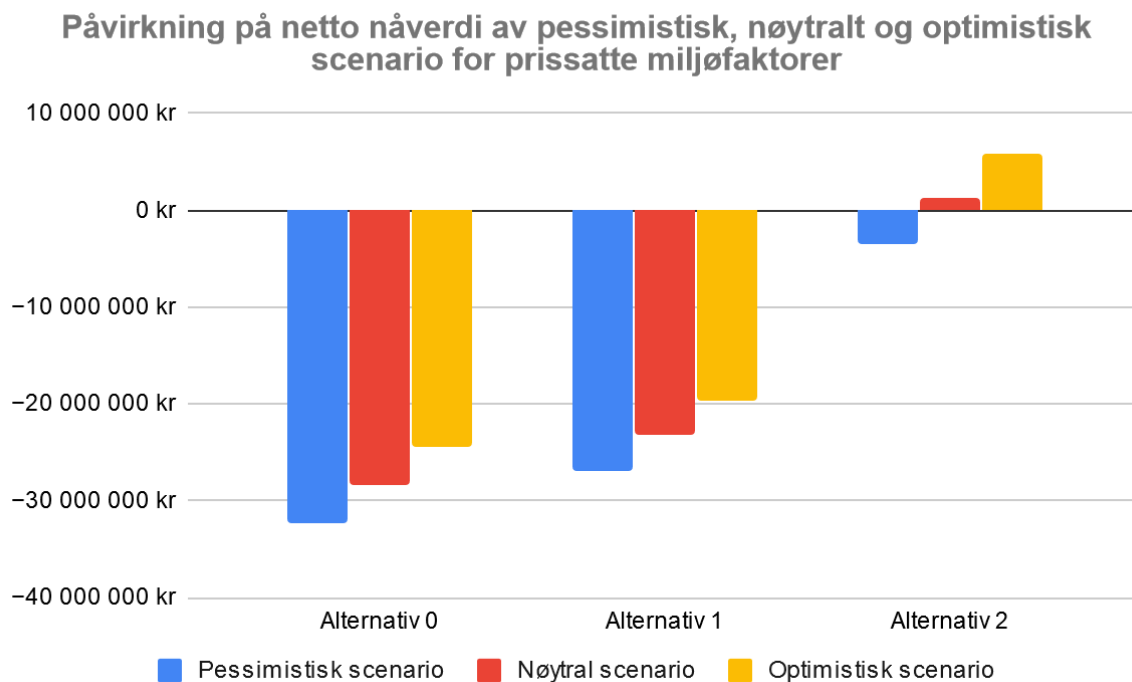
Et pessimistisk, nøytralt og optimistisk scenario for kostnader gitt nøytralt scenario for inntekter og prissatte miljøfaktorer medfører 7 scenarioer med negativ netto nåverdi. Nøytralt og optimistisk scenario for alternativ 2 medfører en positiv netto nåverdi henholdsvis 1,2 og 6,1 millioner kroner. En 25 prosent endring i kostnader for alternativ 0 vil medføre en 43 prosent endring i netto nåverdi. Videre vil en 25 prosent endring i kostnader for alternativ 1 medføre en 49 prosent endring i netto nåverdi. Alternativ 2 vil med en 25 prosent endring i kostnader påvirke netto nåverdien med 418 prosent.

### **Prissatte miljøfaktorer**

Kostnader ved prissatte miljøfaktorer tar utgangspunkt i et pessimistisk scenario med 25 prosent oppgang i prissatte miljøfaktorer, og et optimistisk scenario med 25 prosent nedgang i prissatte miljøfaktorer. Et pessimistisk scenario kan skyldes at miljøkonsekvensene blir prissatt høyere, eksempelvis at en tar økt hensyn til føre-var-prinsippet eller undersøker ytterligere konsekvenser ved klimaendringer.

Et optimistisk scenario tar utgangspunkt i ny teknologi, eksempelvis semitrailer og anleggsmaskiner på strøm, hydrogen eller euro 6 motorer. Videre kan en bedre teknologi medfører lavere utslipp ved utvinning, her både energi- og materialgjenvinning med eksempelvis muligheten for karbonfangst og -lagring.

Figur 21: Kostnader for prissatte miljøfaktorer for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2 ved pessimistisk, nøytralt og optimistisk scenario (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).



Også her vil et pessimistisk, nøytralt og optimistisk scenario for prissatte miljøfaktorer gitt nøytralt scenario for inntekter og kostnader medføre 7 scenarioer med negativ netto nåverdi. Nøytralt og optimistisk scenario for alternativ 2 medfører en positiv netto nåverdi henholdsvis 1,2 og 5,9 millioner kroner. En 25 prosent endring i prissatte miljøfaktorer for alternativ 0 vil medføre en 14 prosent endring i netto nåverdi. Videre vil en 25 prosent endring i prissatte miljøfaktorer for alternativ 1 medføre en 15 prosent endring i netto nåverdi. Alternativ 2 vil med en 25 prosent endring i prissatte miljøkostnader påvirke netto nåverdien med 395 prosent.

Med en 25 prosent endring i inntekter, kostnader og prissatte miljøfaktorer er det kun nøytralt og optimistisk scenario for alternativ 2 som genererer positiv netto nåverdier. Det kan indikere at kostnadene i forsyningskjeden for alternativ 0 og alternativ 1 i hovedsak er for høye gitt dagens inntektsgrunnlag, og forsyningskjedene er ikke lønnsomme tatt i betraktning de prissatte konsekvensene. Sensitivitetsanalysen indikerer at alternativ 0 og alternativ 1 er mest sensitiv for en endring i kategorien kostnader, her med henholdsvis 43 og 49 prosent endring i netto nåverdi. Alternativ 2 er mest sensitiv for en endring i inntektsgrunnlaget med en 838 prosent endring i netto nåverdi.

## 6.5.8 Sammenstilling av alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2

Tabell 18: Rangeringsradar for henholdsvis prissatte og ikke-prissatte konsekvenser (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).

	Alternativ	0	1	2
Netto nytte	Netto nytte	0	5 084 145 kr	29 550 188 kr
	Rangering	3	2	1
Ikke-prissatte	Ikke-prissatte konsekvenser	0	Ubetydelig/ noe forbedret miljøgevinst	Noe miljøskade
	Ikke-prissatte konsekvenser, rangering	2	1	3
	Foreløpig rangering	3	1 eller 2	1 eller 2
	Måloppnåelse	0	1	2
	Vurdering av usikkerhet	Ingen endret rangering	Ingen endret rangering	Ingen endret rangering
	Forslag til endelig rangering etter break-even-analyse	3	1	2

Kilde: Brembu, S., Kjerkreit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). *Konsekvensanalyser*. 2. utg. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (lest 08.05.2020)

Analysen resulterer i negativ netto nåverdi for alternativ 0 og alternativ 1, og positiv netto nåverdi for alternativ 2. Med tanke på kapittel 5.2.1 og positiv netto nåverdi bør kun alternativ 2 gjennomføres med bakgrunn i prissatte konsekvenser. Det kan indikere at kostnadene i forsyningskjeden for alternativ 0 og alternativ 1 er for høye gitt dagens inntektsgrunnlag, og forsyningskjedene er ikke lønnsomme tatt i betraktning de prissatte konsekvensene. Begrunnelsen for at alternativ 0 allerede eksisterer er at de ikke-prissatte konsekvensene verdsettes til å ha lik eller høyere verdi enn den prissatte break-even kostnaden. Alternativ 0 er derfor samfunnsøkonomisk lønnsomt og det eksisterer en betalingsvillighet i markedet. Fra analysen av den ikke-prissatte faktoren vurderes konsekvensen for alternativ 1 til “ubetydelig/noe forbedret”, mens alternativ 2 vurderes til “noe forringet”. Rangeringen av alternativene basert på ikke-prissatt analyse resulterer i tilnærmet lik konsekvensoppnåelse for alternativ 0 og alternativ 1, hvor alternativ 2 oppnår en konsekvensgrad dårligere.

Etter sammenstillingen av de prissatte og ikke prissatte konsekvensene er det knyttet usikkerhet til rangeringen av alternativ 1 og alternativ 2. Alternativ 1 gir best rangering basert

på de ikke-prissatte faktorene, mens alternativ 2 gir best rangering basert på de prissatte faktorene. En sammenligning av måloppnåelsen for alternativ 1 og alternativ 2 viser at alternativ 1 oppnår en høyere måloppnåelse. Videre konkluderer break-even-analysen med at den ikke-prissatte naturressursen olje har en årlig verdi på 3,5 millioner kroner. Det er verdien som må legges til konsekvensene av olje for at alternativ 1 og alternativ 2 skal ha lik netto nåverdi. 3,5 millioner er den årlige verdien av en konsekvensgrad bedre på den ikke-prissatte faktoren.

Usikkerhetsanalysen vektlegger usikkerheten knyttet til etterspørselen etter plastgranulat og fjernvarme, innsamlet plastemballasje, teknologisk utvikling, miljø og lovendringer.

Usikkerhetsanalysen redegjør for muligheter og trusler for forsyningskjeden som kan påvirke netto nåverdi både positivt og negativt. Sensitivitetsanalysen indikerer at alternativ 0 og alternativ 1 er mest sensitiv for endringer i kategorien kostnader, med henholdsvis 43 og 49 prosent endring i netto nåverdi. Alternativ 2 er mest sensitiv for en endring i inntektsgrunnlaget med en 838 prosent endring i netto nåverdi. Konklusjonen fra usikkerhets- og sensitivitetsanalysen er at usikkerheten ikke påvirker rangeringen av alternativene i betydelig grad.

## **7. Diskusjon**

Diskusjonskapittelet vil drøfte informasjonsgrunnlaget og resultatene fra analysen. Det innebærer utvikling i markedet, miljøgevinst ved materialgjenvinning, konflikterende måloppnåelse, prising av plastgranulat og myndighetene sin rolle. I tillegg til muligheter og trusler i forsyningskjeden.

### **7.1 Markedets størrelse**

Global plastproduksjon vil øke med om lag fire ganger mengde frem mot 2050, som nevnt i kapittel 6.3. Innenfor analyseperioden 2021 til 2030 estimeres global mengde plast å øke med om lag 100 prosent (Jortveit, 2018b). Merk dette gjelder all plastproduksjon og ikke kun plastemballasje, men det forutsettes at plastemballasje vil følge samme prosentvise utvikling. Dersom norske forbrukere følger den internasjonale trenden er spørsmålet om den norske



modellen for håndtering av plastemballasje tåler slike mengder, her med tanke på kapasitetsmangel. Størrelsen og veksten i markedet kan være en trygghet for aktuelle aktører og investeringslysten i forsyningskjeden. Et marked i vekst kan indikere god tilgang på råvaren som i denne sammenheng er plastemballasje. Videre er det en økende trend med resirkulering og ombruk av eksempelvis klær og møbler. Det bidrar til en sirkulær økonomi, og kan potensielt resultere i et krav fra forbrukerne om bruk av resirkulert plast. For eksempel er Rema 1000 en aktør som har begynt å markedsføre resirkulert plastemballasje ved deres bæreposer hvor 50 øre går til Handelens miljøfond (Rema 1000, 2019). Det er en trend som kan øke innenfor tidsperioden 2021 til 2030 ettersom befolkningen blir mer oppmerksomme på klimautfordringene og gevinstene ved materialgjenvinning.

## 7.2 Alternativ 0 “falsk” grønn?

Som nevnt i kapittel 2.7 er det kapasitetsmangel i Europa for materialgjenvinning, og det rapporteres om at tyske anlegg har tilnærmet full kapasitet. Som en videre konsekvens blir tysk plastemballasje energigjenvunnet eller tidligere sendt til asiatiske land med mangelfull avfallshåndtering. Norge betaler en høy pris for materialgjenvinning eksempelvis hos Umweltdienste Kedenburg med en pris på 2 000 kroner per tonn plastemballasje (Nordby, 2020). Ettersom tysk plastemballasje i stor grad ikke materialgjenvinnes kan det tyde på at Norge kjøper seg plass hos tyske anlegg, og dermed “sniker i køen” ettersom Norge har en høyere betalingsvillighet. Vi stiller oss dermed undrende til den totale miljøgevinsten ved den “norske modellen” for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennesla kommune. Nærmer en pris på om lag 2 000 kroner per tonn plastemballasje seg en smertegrense for hva norske aktører kan akseptere for å materialgjenvinne plastemballasje? Er miljøeffektene tilsvarende positive for å forsvare prisen?

Er dagens alternativ med materialgjenvinning i Umweltdienste Kedenburg “falsk” grønn? “Falsk” grønn er i denne sammenheng at miljøeffektene ved dagens løsning for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennesla kommune virker kunstig positive for total klimapåvirkning i Europa. For det første er det høye prissatte miljøkonsekvenser for alternativ 0 med tanke på klimautslipp og lokal luftforurensing, tilsvarende 17,3 millioner kroner for tidsperioden 2021 til 2030. Analysen indikerer at det er en betydelig miljøpåvirkning også ved anleggene for materialgjenvinning, likevel er dette per dags dato

den beste metoden for gjenvinning av plastemballasje med tanke på miljøfaktorene. Her tatt i betraktning datagrunnlaget, samt konsekvenser for utvalgte miljøfaktorer i oppgaven.

For det andre er det en utfordring med totalt miljøavtrykk i Norge og Europa, ved at Norge transporterer norsk plastemballasje til Kedenburg. Det medfører at tysk plastemballasje gjenvinnes ved energigjenvinning eller deponi (Selmer-Anderssen, 2019). Dermed vil totalt miljøavtrykk øke etter vår oppfatning, hvor alternativ løsning hadde vært å energigjenvinne plastemballasje lokalt i Norge, og materialgjenvinne tysk plastemballasje. Her vil det i tillegg redusere klimautslipp og lokal luftforurensing ved transport mellom Norge og Tyskland. Spørsmålet blir dermed om Norge kjøper plass hos tyske materialgjenvinningsanlegg for å redusere norsk miljøavtrykk, selv om det totale miljøavtrykket i Europa forblir det samme eller øker med tanke på miljøeffektene av økt transport. Skyver Norge bare ansvaret over på andre land, i denne sammenheng Tyskland ettersom Norge selv ikke har kapasitet for materialgjenvinning? Dagens alternativ kan dermed betegnes som “falsk” grønn ettersom det er høye prissatte miljøkonsekvenser, samt at totalt klimaavtrykk for plastemballasje i Europa ikke reduseres.

Alternativ 1 har mange likhetstrekk med alternativ 0, eksempelvis materialgjenvinning av plastemballasje. Alternativ 1 har også høye miljøkostnader for utvalgte prissatte miljøfaktorer i analysen, tilsvarende 15,7 millioner kroner i tidsperioden 2021 til 2030. Likevel har alternativ 1 mindre skadelige konsekvenser samlet sett for prissatte og ikke-prissatte miljøfaktorer, og er det foretrukne alternativet med tanke på miljøavtrykk. Alternativ 1 har i likhet med alternativ 0 høye prissatte miljøkonsekvenser, men reduserer det totale klimaavtrykket for plastemballasje i Europa ved å tilføre mer kapasitet for materialgjenvinning av plastemballasje.

### **7.3 Vurdering av alternativ 1 og alternativ 2**

Som nevnt i kapittel 5.2.2 kommer føre-var-prinsippet til anvendelse hvor det blir tatt hensyn til potensielle konsekvenser og irreversibilitet for mennesker, dyr og planter. Ved å ta hensyn til prissatte konsekvenser som klimautslipp og lokal luftforurensing vil alternativ 1 få negativ netto nåverdi og alternativ 2 positiv netto nåverdi som vist i tabell 12. Videre illustrerer tabell 13 negativ netto nåverdi for alternativ 1 og positiv netto nåverdi for alternativ 2. Tabell 13 tar

kun i betraktning aktuelle inntekter og kostnader ved å utelukke prissatte miljøkonsekvenser i forsyningskjedene. Tabell 12 og tabell 13 indikerer at forsyningskjeden for alternativ 1 har et for høyt kostnadsnivå eller for lavt inntektsgrunnlag tatt i betraktning konsekvensene det medfører influensområdet. Potensielle muligheter og trusler for kategoriene inntekter, kostnader og miljøpåvirkning for alternativ 1 og alternativ 2 er diskutert i kapittel 7.5.

Miljøpåvirkning og potensiell gevinst for klimaet fra forsyningskjeden for håndtering av plastemballasje i Kristiansand og Vennesla kommune er liten i den store sammenheng. Derimot vil valg av forsyningskjede påvirke avfallsindustrien sitt klimaavtrykk, samt være en medvirkende faktor for Norge sitt totale klimautslipp. I tillegg vil positive miljøtiltak som å redusere klimapåvirkningen til et minimum potensielt medføre en signaleffekt overfor andre aktører i avfallsbransjen, samt aktører i andre bransjer. Hvis alle tar ansvar for egen klimapåvirkning og kompetansebygging vil det totalt sett ha stor betydning for nasjonale mål.

Klimautslipp og lokal luftforurensing er i denne sammenheng prissatte miljøfaktorer, hvor lokal luftforurensing ved anleggene inngår som klimautslipp ved  $CO_2$ -ekvivalenter. Alternativ 1 har de laveste prissatte miljøkonsekvensene med 15,7 millioner kroner, alternativ 2 har til sammenligning 20,4 millioner kroner. Alternativene har dermed en betydelig konsekvens med tanke på klimautslipp og lokal luftforurensing for influensområdet. Det kan indikere at ingen av alternativene er optimale tatt i betraktning miljøkonsekvensene fra forsyningskjedene for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennesla kommune. Med tanke på den prissatte faktoren støy, blir det en diskusjon om “dråpen som får begeret til å renne over”. Semitrailere og anlegg anvender i stor grad allerede eksisterende infrastruktur hvor det eksisterer støy, som nevnt i kapittel 6.2. Forsyningskjedene er en kilde til støy, men om den ekstra støyen fra forsyningskjedene er “dråpen” som får “begeret” til å renne over er tilnærmet umulig å konkludere (Hunstad, 2020). Det vil også bli en diskusjon om det er den ekstra støykilden som skal ta hele kostnaden ved av støynivået oppnår et desibelnivå for gul eller rød sone, eller skal kostnadene fordeles likt på alle støykildene? Derfor er støykostnader for gul og rød sone utelukket fra prissatte konsekvenser.

Med tanke på den ikke-prissatte miljøfaktoren olje argumenteres det for at alternativ 1 er en konsekvensgrad bedre enn alternativ 2. Med utgangspunkt i break-even-analysen må konsekvensgraden prissettes til 3,5 millioner kroner årlig for tidsperioden 2021 til 2030 for alternativ 2. Det blir her et spørsmål om det eksisterer en betalingsvillighet i forsyningskjeden

og markedet tilsvarende 3,5 millioner kroner for en konsekvensgrad bedre for den ikke-prissatte miljøfaktoren olje. Det kan tyde på at betalingsvilligheten eksisterer ettersom alternativ 0 gjennomføres som dagens løsning for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennessla kommune. Med utgangspunkt i prognosen i kapittel 6.3 er renovasjonsgebyr og produsentansvar de største inntektskildene blant faktorene i inntektsgrunnlaget. En vekst i produsentansvaret kan medføre dyrere varer for forbrukerne ved at avgiften tillegges produsentene sitt produkt. Økningen i renovasjonsgebyret og produsentansvaret kan indikere at forbrukerne og husholdningene i Kristiansand og Vennessla kommune er aktørene som må betale for en dyrere forsyningskjede sammenlignet med alternativ 2.

Med tanke på økt betalingsvillighet blant husholdning og forbrukere er generasjon Z en oppvoksende miljøbevisst generasjon, som påvirker omgivelsene rundt seg til å tenke på bærekraft og miljø (Lorentzen & Sigurdson, 2020). Eksempelvis er det en økning blant yngre velgere for partier med en sterk miljøprofil slik som Miljøpartiet De Grønne, Sosialistisk Venstreparti og Venstre. Miljøpartiet De Grønne fikk 14 prosent oppslutning blant befolkningen under 30 år, der kun 3 prosent av befolkningen over 60 år stemte på Miljøpartiet De Grønne på landsbasis ved kommunevalget i 2019 (Statistisk sentralbyrå, 2020b). Miljøpartiet De Grønne ønsker en endring i norsk næringsliv med «grønne» løsninger som for eksempel økt satsning på fornybar energi og foredling av biologiske ressurser (Miljøpartiet de grønne, u.å.). Videre kan en trekke en parallell til utviklingen innen “Environmental, Social, and Governance”-fond (ESG-fond), hvor 40 prosent av nettotegningen i kvartal 3 2019 i Europa gikk til bærekraftige fond. Flere bedrifter ønsker å endre seg fordi bedriftene risikerer å få redusert kapital i fremtiden, ettersom de ikke oppfyller kravene til et ESG-fond (Berg, 2019). Eksempelvis vil Lundin Petroleum redusere karbondioksid til under to kilogram per oljefat innen 2023, samt elektrifisere store deler av oljefelt som Edvard Grieg. I tillegg har Lundin Petroleum forslått et navnebytte til Lundin Energy, som et steg mot å bli klimanøytrale i 2030 (Pedersen, 2020). ESG-fond kan indikere hva forbrukerne ønsker i fremtiden, og trekker derfor denne parallellen til valg av forsyningskjede. Det kan indikere at forbrukerne har en betalingsvillighet og et ønske om en forsyningskjede med lavest mulig miljøavtrykk, samt ser fremtidig verdi av å ta miljøkostnader i dag sammenlignet med senere. Videre kan andre bransjer og aktører ha en større betalingsvillighet for bærekraft og miljø med økt oppmerksomhet for “Corporate Social Responsibility” (CSR). CSR får positive effekter for valg av en miljømessig

forsyningskjede, ettersom aktører ønsker å ta et større samfunnsansvar selv om det kan medføre redusert lønnsomhet. Å fordele ansvar og risiko for en mer miljømessig forsyningskjede på flere aktører vil være gunstig, ettersom det vil være kapitalkrevende å oppnå Parisavtalen.

Alternativ 1 prissettes til samfunnsøkonomisk lønnsomt ettersom det har “ubetydelig/svakt forbedret” miljøgevinst og bedre netto nåverdi enn alternativ 0, som nevnt i kapittel 6.5.2. I tillegg vil alternativ 1 medføre økt kapasitet i Norge og Europa for materialgjenvinning av total mengde plastemballasje. Alternativ 1 og Fortum har i tillegg mulighet til å øke kapasiteten ved deres anlegg. I første omgang vil Fortum ha kapasitet til 30 000 tonn plastemballasje med mulighet for 60 000 tonn ved økt etterspørsel. Fortum har dermed fleksibilitet og tilpasningsevne til ny informasjon i fremtiden, og kan følge endringer i samfunns- og markedsbehov. En slik fleksibilitet er tilnærmet en realopsjon, og gir alternativet en merverdi og potensielt økt lønnsomhet.

## 7.4 Konflikerende måloppnåelse

Tabell 19: Vurdering av tiltaksspesifikke mål, viktige samfunns mål og lokale mål

Type mål	Alternativ 1	Alternativ 2
Tiltaksspesifikke mål	Ikke oppfylt	Ikke oppfylt
Viktige samfunns mål	Delvis oppfylt	Ikke oppfylt
Lokale mål	Delvis oppfylt	Ikke oppfylt

Alternativ 1 og alternativ 2 har delvis konflikerende måloppnåelse, hvor alternativ 1 i utgangspunktet har bedre prissatte og ikke-prissatte miljøkonsekvenser. Med utgangspunkt i de tiltaksspesifikke målene (A-C) ender både alternativ 1 og alternativ 2 med vurderingen ikke oppfylt. For at alternativ 1 skal oppfylle de tiltaksspesifikke målene er alternativet avhengig av en større mengde plastemballasje, og et lavere kostnadsnivå eventuelt høyere inntektsnivå i forsyningskjeden. Alternativ 2 motvirker to av de tiltaksspesifikke målene med tanke på klimautslipp og materialgjenvinningsprosent. Alternativet vil dermed ikke ha mulighet til å gjøre endringer som kan føre til økt materialgjenvinningsprosent. Alternativet

er i tillegg avhengig av en teknologisk utvikling innen karbonfangst og –lagring for å oppnå målsetningen om redusert klimautslipp.

Med utgangspunkt i det viktige samfunnsmålene (D-G) ender alternativ 1 opp med vurderingen delvis oppfylt, mens alternativ 2 ender opp med vurderingen ikke oppfylt. For at alternativ 1 skal oppfylle det manglende viktige samfunnsmålet om redusert bruk av råolje, er alternativet avhengig av en større mengde innsamlet plastemballasje. Alternativ 2 har liten effekt på flere av de samfunnsviktige målene, og vil derfor ikke ha mulighet til å gjøre endringer som kan føre til at alternativet oppfyller disse målene.

Med utgangspunkt i de lokale målene (H-J) ender alternativ 1 opp med vurderingen delvis oppfylt, og alternativ 2 ender opp med vurderingen ikke oppfylt. For å oppfylle de lokale målene er alternativ 1 avhengig av en forsyningskjede som er mer «lean» slik at lagring av plastemballasje blir redusert. I tillegg planlegger Fortum å ha noe lagringskapasitet ved deres materialgjenvinningsanlegg, som vil fordele byrden ved lagring på flere aktører i forsyningskjeden (Moen & Kjølstad, 2020). For at alternativ 2 skal oppfylle de lokale målene er alternativet avhengig av å finne nye løsninger for utslipp fra energigjenvinningsanlegg.

Som nevnt i kapittel 6.1.1 er målene listet opp i rangert rekkefølge hvor mål A har høyest prioritet og mål J har lavest prioritet. Alternativ 1 presterer bedre på viktige samfunns mål og lokale mål, selv om effektene er usikre som diskutert i kapittel 7.3. Alternativ 2 er derimot det eneste alternativet med positiv netto nåverdi, og dermed oppfyller mål B. Likevel med tanke på grad av måloppnåelse foretrekkes alternativ 1 fremfor alternativ 2. Alternativ 1 oppfyller i større grad delvis eller helt målene for forsyningskjeden, sammenlignet med alternativ 2.

## **7.5 Forbedringspotensial for forsyningskjeden**

Sensitivitetsanalysen undersøkte sensitiviteten i faktorene sin påvirkning på netto nåverdi. Analysen viser at alle netto nåverdier for alternativ 1 er dårligere enn alternativ 2 gitt utvalgte scenarioer i sensitivitetsanalysen. Sensitivitetsanalysen indikerer at alternativ 1 er mest sensitiv for endringer i kostnadskategorien. Det er som nevnt i kapittel 2.7 og 7.2 at dagens løsning for materialgjenvinning har et høyt kostnadsnivå, og nærmer seg potensielt en smertegrense for enkelte aktører (Selmer-Anderssen, 2019). Med tanke på

innsamlingsprosessen er det potensial for forbedring. For det første kan en sjeldnere hentefrekvens redusere kostnadene ved innsamling. Her kan betalingsordningen som Avfall Sør legger til grunn påvirke hentefrekvensen hos husholdning. For det andre kan økt volum av plastemballasje medføre en lavere enhetskostnad, som en kan observere ved større fraksjoner som restavfall (Pedersen, 2019). I tillegg kan teknologisk utvikling medføre et lavere behov for antall renovatører, som kan redusere kostnadene nevnt i kapittel 6.5.6.

Lokal lagring av plastemballasje er som nevnt et irritasjonsmoment for enkelte lokale aktører (Selmer-Anderssen, 2019). Lagringsproblematikken kan løses med lagringsmuligheter ved ettersorterings- og materialgjenvinningsanleggene. Eksempelvis har Fortum planlagt å ha noe lagringskapasitet ved deres anlegg, og dermed fordeles byrden ved lagring på flere aktører i forsyningskjeden (Moen & Kjølstad, 2020). Videre er det et potensial for reduserte transportkostnader her med tanke på ny bilpark på eksempelvis hydrogen, elektrisitet eller euro 6 motorer. En fornyet bilpark kan medføre reduserte utgifter og lavere miljøavtrykk. I tillegg kan økt bruk av tog som transportmiddel medføre lavere miljøavtrykk.

Ettersortering og materialgjenvinning er den største utgiftsposten for alternativ 1. For det første kan en lokal sentralsortering i Kristiansand og Vennessla kommune medføre mindre transport av plastemballasje med lav kvalitet til materialgjenvinningsanleggene. Videre kan en lokal sentralsortering medføre at en sorterer plastemballasje ut fra restavfallet, som nevnt i kapittel 2.3 består vanlig restavfall av 13 prosent plastemballasje. Det er dermed et potensial for økt mengde plastemballasje til materialgjenvinning, samt redusert feilsortering hos forbruker. Det er også et potensial for fremtidige gevinster ved ytterligere investeringer i teknologi, her i hovedsak ettersortering og materialgjenvinning. En økt utsorteringsgrad vil redusere mengden blandingsplast og øke kvaliteten på plastgranulatet. Det kan i tillegg øke etterspørselen etter flere plasttyper enn LDPE, HDPE og PP, eksempelvis PS og EPS ved en større mengde og høyere kvalitet.

I tillegg eksisterer det en usikkerhet for salg av plastgranulat i inntektsgrunnlaget for alternativ 1. Det er som nevnt i kapittel 2.7 og 7.2 at materialgjenvinning er en kostbar prosess, og det eksisterer en kapasitetsmangel fordi det totalt sett er få aktører og anlegg i Europa. Som en videre konsekvens av kapasitetsmangel og en kostbar prosess kan aktører på grunn av lav konkurranseintensitet ta en høy pris i markedet. En tendens som kan ytterligere forsterkes med økt mengde plastemballasje frem mot 2050. Det er som nevnt i kapittel 6.5.6

få insentiver for plastprodusenter til å anvende plastgranulat i ny plastproduksjon, i tillegg vil en varierende kvalitet på plastgranulat redusere etterspørselen. Det medfører at plastgranulat ikke er et fullgodt substitutt for ny plastproduksjon sammenlignet med ny råolje. Det er også nevnt i kapittel 6.5.2 at aktører som Shell og Exxon Mobile investerer i cracking-fabrikker til bruk i plastproduksjon (Jortveit, 2018b). Det vil medføre prispress og potensielt redusert etterspørsel for plastgranulat. Som en videre konsekvens vil break-even kostnaden for den ikke-prissatte konsekvensen olje øke, ettersom lønnsomheten for materialgjenvinning blir redusert. Eksisterer det en ekstra betalingsvillighet for økte kostnader eller er dagens break-even kostnader smertegrensen for aktørene involvert i forsyningskjeden?

Kapittel 7.1 diskuterer muligheten for en betydelig økning i mengde plastemballasje frem mot 2030 og 2050. Som en videre konsekvens av økt mengde plastemballasje kan nye aktører eller allerede eksisterende aktører som Fortum investerer i flere materialgjenvinningsanlegg rundt om i Norge. Et materialgjenvinningsanlegg nærmere Kristiansand og Venesla kommune kan ha betydning for total kapasitet og transportkostnadene. I tillegg vil det medføre mindre miljøkonsekvenser som støy, klimautslipp og lokal luftforurensing på grunn av kortere transportdistanser.

Sensitivitetsanalysen indikerer at alternativ 2 er mest sensitiv for endringer i inntektskategorien. For det første er det en jevn etterspørsel etter fjernvarme, hvor det er potensial for økt anvendelse av fjernvarme i eksempelvis bolig og teknologisk utvikling som lagring av fjernvarme i sommerhalvåret. Redusert lønnsomhet for alternativ 2 ved produsentansvar vil bli diskutert i kapittel 7.6. Videre har alternativ 2 et stort potensial innenfor kategorien prissatte miljøfaktorer med tanke på teknologisk utvikling innen karbonfangst og -lagring. Energigjenvinning kan potensielt kutte egne klimautslipp med 50 til 80 prosent med karbonfangst og -lagring (Eide, 2020). Dermed kan alternativ 2 potensielt bli et konkurransedyktig substitutt med tanke på de prissatte miljøfaktorene klimautslipp sammenlignet med alternativ 1. Alternativ 1 vil potensielt også oppnå positive miljøkonsekvenser ved teknologiutvikling innenfor karbonfangst og -lagring.



## 7.6 Myndigheter sin rolle

Som nevnt i kapittel 6.1.1 er det flere nasjonale mål for forsyningskjeden for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennessla kommune. Norge har som nevnt i kapittel 1.1 forpliktet seg til Parisavtalen, og dermed velge miljøvennlige løsninger som reduserer Norge sitt klimautslipp (FN-Sambandet, 2020). Bør myndighetene legge mer til rette for en forsyningskjede med lav klimapåvirkning ettersom prissatte og ikke-prissatte miljøkonsekvenser har stor betydning for valg av alternativ? En kan pålegge plastprodusenter økt produsentansvar for tilførsel av ny plastemballasje til husholdningsmarkedet, som vil medføre økte inntekter for aktørene i forsyningskjeden. Analysen tar utgangspunkt i produsentansvar som inntektsgrunnlag for alternativ 2, selv om produsentansvar har som formål å redusere miljøproblemene emballasje medfører, og øke materialgjenvinning (Avfallsforskriften, 2004). Energigjenvinning er dermed delvis motstridende med formålet om produsentansvar. Det er derfor sannsynlig at en forsyningskjede som inkluderer energigjenvinning bør utelukke produsentansvar som inntektskilde. I tillegg kan plastprodusenter og myndighetene stille strengere krav til at inntektene fra produsentansvar faktisk går til å materialgjenvinne plastemballasje. Det kan medføre at energigjenvinning er et mindre gunstig alternativ for avfallstyper som plastemballasje. I dag betaler plastprodusenter et produsentansvar for plastemballasje tilført husholdningsmarkedet uavhengig av hvordan det blir håndtert som avfall, og derfor medregnes inntekter fra produsentansvar i alternativ 2.

Videre kan det være sannsynlig at avfallsindustrien får krav istedenfor målsetting om redusert klimautslipp. Til sammenligning har myndighetene blitt fremlagt forslag i Mobilitetespakken del 2 fra EU-kommisjonen om at bilprodusenter skal redusere gjennomsnittlig karbondioksidutslipp med 30 prosent i 2030 sammenlignet med utslipp i 2021 for person- og varebiler (Samferdselsdepartementet, 2019). Det er sannsynlig at andre industrier slik som avfallsindustrien også kan bli pålagt slike krav fra EU og norske myndigheter. Eventuelt kan myndighetene innføre ytterligere karbonavgift som har til formål å redusere Norge sitt klimautslipp, samt redusere lønnsomheten for aktører med høyt karbonavtrykk (Naturvernforbundet, u.å.-a). Det kan resultere i økt konkurransedyktighet og lønnsomhet for alternativ 1 sammenlignet med alternativ 2.

Er det slik at Norge burde ha som ambisjon å kunne håndtere eget avfall? Norge bør ha tilstrekkelig kompetanse og ressurser til å håndtere egen plastemballasje på en forsvarlig måte, og samtidig bidra til det globale målet om å redusere klimapåvirkning. I tillegg bør Norge ha ambisjoner om å bli et foregangsland med forsvarlig håndtering av plastemballasje, her med tanke på Norge sine tilgjengelige ressurser og levestandard. Norge er allerede et foregangsland når det gjelder gjenvinning av plastflasker, der over 90 prosent av alle aluminiumsbokser og plastflasker blir pantet. Flere land har allerede vært på besøk for å se på den norske løsningen (Karlsen, 2019). Det er på dette nivået Norge bør ha ambisjoner om å være når det gjelder materialgjenvinning av plastemballasje. Det å bidra til innovasjon i avfallssektoren, og bli et av symbolene på endringene i Norge og verden.

## 8. Konklusjon og anbefaling

Tabell 20: Sammenstilling av inntekter, kostnader og miljøkonsekvenser for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2 (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).

Alternativ	0	1	2
Netto nåverdi	- 28 364 123 kr	- 23 279 978 kr	1 186 065 kr
Netto nytte	0	5 084 145 kr	29 550 188 kr
Ikke-prissatte konsekvenser	0	Ubetydelig/ noe forbedret miljøgevinst	Noe miljøskade

Masteroppgaven har analysert den “norske modellen” for håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennesla kommune ved å vurdere inntekter, kostnader og miljøkonsekvenser for tidsperioden 2021 til 2030. Oppgaven identifiserer og vurderer to alternative løsninger til dagens forsyningskjede som er å materialgjenvinne plastemballasje i Europa, i hovedsak hos Umweltdienste Kedenburg. Alternativ 1 er materialgjenvinning av plastemballasje på Tomter i Indre Østfold kommune, og alternativ 2 er energigjenvinning av plastemballasje på Dalane i Kristiansand kommune. Alle alternativene sikrer en forsvarlig håndtering av plastemballasje, som reduserer risikoen for deponering eller plast på avveie. Analysen konkluderer med – 28,4 millioner kroner i negativ netto nåverdi for alternativ 0, – 23,3 millioner kroner i negativ netto nåverdi for alternativ 1 og 1,2 millioner kroner i positiv netto nåverdi for alternativ 2 vist i tabell 20.

Tabell 21: Sammenstilling av inntekter for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2 (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).

Alternativ	0	1	2
Produsentansvar	18 194 062 kr	18 194 062 kr	18 194 062 kr
Renovasjonsgebyr	10 310 339 kr	10 310 339 kr	10 310 339 kr
Salg av fjernvarme	5 642 270 kr	5 642 270 kr	15 249 378 kr
Salg av plastgranulat	6 313 904 kr	6 313 904 kr	0 kr
<b>Sum inntekter</b>	<b>40 460 574 kr</b>	<b>40 460 574 kr</b>	<b>43 753 778 kr</b>

Det er ved identifisering av økonomiske effekter tatt utgangspunkt i inntekter og kostnader for forsyningskjedene. Tabell 21 indikerer et relativt likt inntektsgrunnlag for alternativene, tatt i betraktning at alle alternativene beregner produsentansvar og renovasjonsgebyr som inntektskilder i forsyningskjeden. Det er knyttet usikkerhet til fremtidige inntekter for alternativ 2 med tanke på at alternativet er delvis motstridende med formålet om produsentansvar. Produsentansvaret har til formål å redusere miljøproblemene emballasje medfører, og øke materialgjenvinningen (Avfallsforskriften, 2004). Alternativ 2 har et høyere inntektsnivå på grunn av en høyere etterspørsel etter fjernvarme sammenlignet med salg av plastgranulat. Oppgaven drøfter også muligheten for økte inntekter fra renovasjonsgebyr, salg av fjernvarme og plastgranulat ved økt mengde plastemballasje, samt teknologisk utvikling.

Tabell 22: Sammenstilling av kostnader for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2 (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).

Alternativ	0	1	2
Innsamling av plastemballasje	13 910 306 kr	13 910 306 kr	8 715 231 kr
Lagring, pakking og lasting	4 601 252 kr	4 601 252 kr	0 kr
Langtransport	9 228 872 kr	5 273 641 kr	0 kr
Ettersortering og materialgjenvinning/energigjenvinning	26 368 206 kr	26 368 206 kr	13 107 847 kr
<b>Sum kostnader</b>	<b>54 108 636 kr</b>	<b>50 153 405 kr</b>	<b>21 823 078 kr</b>

Med tanke på kostnader i forsyningskjedene har alternativ 0 og alternativ 1 et betydelig høyere kostnadsnivå enn alternativ 2 vist i tabell 22. Alternativ 0 og alternativ 1 har fordyrende mellomledd som lagring, pakking, lasting og langtransport. I tillegg inngår innsamling av plastemballasje for alternativ 2 som en del av innsamlingen for restavfall, og

oppnår dermed stordriftsfordeler i større grad enn alternativ 0 og alternativ 1. Videre er ettersortering og materialgjenvinningsprosessen mer kostnadskrevenne enn å energigjenvinne plastemballasje, som skyldes få aktører og mangelfull teknologi.

Tabell 23: Sammenstilling av prissatte miljøkonsekvenser for alternativ 0, alternativ 1 og alternativ 2 (nåverdi i kr, kalkulasjonsrente 7 prosent, tidsperiode 2021 - 2030).

Alternativ	0	1	2
Klimagassutslipp	15 006 604 kr	14 559 425 kr	20 306 847 kr
Støy	0 kr	0 kr	0 kr
Lokal luftforurensing	2 269 385 kr	1 089 515 kr	84 576 kr
<b>Sum prissatte miljøkonsekvenser</b>	<b>17 275 989 kr</b>	<b>15 648 940 kr</b>	<b>20 391 423 kr</b>

Tabell 23 viser prissatte miljøkonsekvenser for alternativene. Alternativ 2 har størst prissatte miljøkonsekvenser, med et betydelig utslipp fra energigjenvinning av plastemballasje. Alternativ 0 og alternativ 1 har også høye prissatte miljøkonsekvenser med tanke på klimautslipp og lokal luftforurensing. Videre har energigjenvinning av plastemballasje et potensial til å kutte klimautslipp med 50 til 80 prosent, her ved teknologisk utvikling innenfor karbonfangst og –lagring (Eide, 2020). En teknologisk utvikling som også vil ha positiv påvirkning for alternativ 0 og alternativ 1. I tillegg vil teknologisk utvikling innen elektrisitet og hydrogen for semitrailere og anleggsmaskiner være medvirkende faktorer for reduserte prissatte miljøkonsekvenser. For vurderingen av de ikke-prissatte miljøkonsekvensene av naturressursen olje er alternativ 0 referansealternativet. Alternativ 1 vurderes til “ubetydelig/noe” forbedret miljøgevinst, og alternativ 2 vurderes til “noe” miljøskade for naturressursen olje vist i tabell 20.

Alternativ 0 utelukkes fordi alternativet har lavest netto nåverdi, og i tillegg har tilnærmet lik vurdering for ikke-prissatte miljøkonsekvenser for naturressursen råolje som alternativ 1. Analysen resulterer i positiv netto nåverdi for alternativ 2, med en differanse på 24,5 millioner kroner sammenlignet med alternativ 1. Derimot presterer alternativ 1 bedre på prissatte og ikke-prissatte miljøkonsekvenser sammenlignet med alternativ 2. Begge alternativene har usikkerhetsmomenter som kan både forbedre og forverre netto nåverdien, men med utgangspunkt i sensitivitetsanalysen er det kun alternativ 2 ved et nøytralt og optimistisk scenario som generer positiv netto nåverdi. For at alternativ 1 og alternativ 2 skal

vrurderes som likestilte alternativer må break-even kostnaden for de ikke-prissatte miljøkonsekvensene for naturressursen råolje være 24,5 millioner kroner i tidsperioden 2021 til 2030. Det betyr at det må være en betalingsvillighet i markedet tilsvarende 3,5 millioner kroner årlig for å få en grad bedre konsekvens for naturressursen råolje. Den reduserte bruken av råolje som følge av å benytte alternativ 1 sammenlignet med alternativ 2 verdsettes derfor til 3,5 millioner kroner årlig.

Alternativ 1, det vil si materialgjenvinning hos Fortum, er anbefalt alternativ for håndtering av plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennessla kommune. Første og fremst har alternativ 1 som nevnt mindre miljøkonsekvenser sammenlignet med alternativ 2. Med tanke på føre-var-prinsippet er det tilknyttet stor usikkerhet for fremtidige kostnader og konsekvenser ved miljøfaktorene, og miljøkonsekvensene vektlegges derfor i stor grad ved anbefaling av alternativ. Oppgaven drøfter betalingsvilligheten for en mer miljøvennlig forsyningskjede, og framtidige generasjoner sine ønsker og behov med tanke på bærekraft og miljø. Videre oppfyller alternativ 1 i større grad nasjonale-, regionale- og lokale mål sammenlignet med alternativ 2. Hvor eksempelvis Fortum har muligheten til å øke kapasiteten for materialgjenvinning av plastemballasje fra 30 000 til 60 000 tonn ved deres anlegg (Moen & Kjølstad, 2020). Det sikrer en økt kapasitet for materialgjenvinning av plastemballasje i Norge og Europa. I tillegg bidrar alternativ 1 i større grad med overgangen fra lineær til sirkulær økonomi, her ved en høyere utnyttelse av allerede eksisterende materialer og grunnstoffer.

Alternativ 1 er anbefalt alternativ for forsyningskjeden, gitt datagrunnlaget og utvalgte faktorer for analysen. Oppgaven konkluderer likevel med at alternativ 1 ikke er en optimal forsyningskjede med tanke på høye prissatte miljøkonsekvenser, samt negativ netto nåverdi. Det eksisterer likevel positive utviklingsmuligheter for alternativ 1, her spesielt teknologisk utvikling. Masteroppgaven konkluderer i utgangspunktet med alternativ 1 som anbefalt alternativ. Likevel bør håndtering av plastemballasje fra Kristiansand og Vennessla kommune fordeles i noe grad på flere aktører og anlegg for å diversifisere bort spesifikk risiko, og dermed oppnå en mer robust forsyningskjede.

## 9. Referanseliste

- Aadland, S. (u.å.-a). *Kildesortering: smart system, eller bare søppel?* Tilgjengelig fra: <https://sortere.no/hvorfor/kildesortering> (lest 01.05.2020).
- Aadland, S. (u.å.-b). *Plastparadokset*. Tilgjengelig fra: <https://sortere.no/hvorfor/plastparadokset> (lest 04.05.2020).
- ASKO. (2020). *ASKO lanserer verdens første hydrogendrevne lastebil*. Tilgjengelig fra: <https://asko.no/nyhetsarkiv/asko-lanserer-verdens-forste-hydrogendrevne-lastebil/> (lest 07.05.2020).
- Austeng, K., Torp, O., Midtbø, J. T., Helland, V. & Jordanger, I. (2005). *Usikkerhetsanalyse - Metoder*. Concept rapport Nr 12. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/Concept%2012%20Usikkerhetsanalyse%20-%20Metoder.pdf> (lest 07.05.2020).
- Avfall Sør AS. (2019a). *Ressurser i omløp*. Tilgjengelig fra: <https://avfallsor.no/media/2611/konsernstrategi-revidert-jan-19.pdf> (lest 06.05.2020).
- Avfall Sør AS. (2019b). *Årsrapport 2018*. Årsrapporter. Tilgjengelig fra: <https://avfallsor.no/media/2801/a-rsrapport-as-for-2018-2.pdf> (lest 06.05.2020).
- Avfall Sør AS. (u. å.). *Årsrapporter*. Tilgjengelig fra: <https://avfallsor.no/informasjon/dokumenter-a-a/arsrapporter/> (lest 20.05.2020)
- Avfallsforskriften. (2004). *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall av 1. juni 2004 nr. 7*  
Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL\\_7#KAPITTEL\\_7](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL_7#KAPITTEL_7) (lest 04.05.2020).
- Bama. (u.å.). *10 spørsmål og svar om emballasje*. Tilgjengelig fra: <https://www.bama.no/om-bama/barekraft/klima-og-miljo/sporsmal-og-svar-om-emballasje/> (lest 01.05.2020).
- Berg, F.-Ø. (2019). *ESG premium – no puzzle?* Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (Forelesning 21.11.2019).
- Brandenburg, M. (2013). *Quantitative Models for Value-Based Supply Chain Management*. 1. utg. Berlin: Springer.
- Bratland, H. (2019). *Vedtak om endringer i baselkonvensjonen*. Tilgjengelig fra: <https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/vedtak-om-endringer-i-baselkonvensjonen> (lest 04.05.2020).
- Brembu, S., Kjerkeit, A., Sandvik, K. O., Sørgaard, K., Haraldsen, U. & Stomperud, M. (2018). *Konsekvensanalyser*. 2. utg. Oslo: Kun digitalt.
- Deloitte. (2019). *Sirkulær plastemballasje i Norge*. Tilgjengelig fra: [https://www.emballasjeforeningen.no/wp-content/uploads/2019/08/Deloitte\\_Kartlegging-av-verdikjeden-for-plastemballasje.pdf](https://www.emballasjeforeningen.no/wp-content/uploads/2019/08/Deloitte_Kartlegging-av-verdikjeden-for-plastemballasje.pdf) (lest 01.05.2020).
- Eide, J. O. (2020). *Returkraft forbrenner karbonfangst - vil kjempe om statlig støtte*. Tilgjengelig fra: <https://www.fvn.no/nyheter/lokalt/i/50zjMX/returkraft-forbereder-karbonfangst-vil-kjempe-om-statlig-stoette> (lest 08.05.2020).
- Energiloven. (1990). *Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m.* Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50#KAPITTEL\\_5](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50#KAPITTEL_5) (lest 07.05.2020).
- Finstad, Ø. (2020). *Fortum investerer 250 millioner kroner for å redusere nordmenns plastberg*. Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/miljo/plastforurensning/fortum/gront-punkt-norge/fortum-investerer-250-millioner-kroner-for-a-reducere-nordmenns-plastberg/2-1-749263> (lest 04.05.2020).
- Fleten, S.-E., Linnerud, K., Molnár, P. & Nygaard, M. T. (2016). *Green electricity investment timing in practice: Real options or net present value?* 1. utg. Amsterdam: Elsevier.
- FN-Sambandet. (2019). *Klimaendringer*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer> (lest 01.05.2020).

- FN-Sambandet. (2020). *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen> (lest 01.05.2020).
- Fortum AS. (u.å.). *Vi bidrar til en renere verden*. Tilgjengelig fra: <https://www.fortum.no/om-oss/var-bedrift/vi-bidrar-til-en-renere-verden> (lest 08.05.2020).
- Forurensningsloven. (1981). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall av 13. mars 1981*. Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6#KAPITTEL\\_1](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6#KAPITTEL_1) (lest 04.05.2020).
- Franzefoss. (u.å.). *Gjenvinning*. Tilgjengelig fra: <https://www.franzefoss.no/gjenvinning/> (lest 04.05.2020).
- Grundt, A. (2015). *Norsk avfallspolitikk –veien fra deponi til ressurs*. Avfall Norge-rapport nr 8/2015. Tilgjengelig fra: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/dokumenter/AvfallNorge rapport8Avfallshistorien2015juli.pdf> (lest 04.05.2020).
- Grønt Punkt Norge. (u.å.). *Mål og bakgrunn*. Tilgjengelig fra: <https://www.grontpunkt.no/om-oss/maal-og-bakgrunn/> (lest 06.05.2020).
- Hillier, D., Ross, S., Westerfield, R., Jaffe, J. & Jordan, B. (2016). *Corporate Finance: European Edition*. 3. utg. New York City: McGraw-Hill Education - Europe.
- Hunstad, K. (2020). *Demo novapoint støy* (e-post til Frederic Tjelto 25.03.2020).
- Iversen, M. (2018). *Kina har fått nok – forbyr import av plastavfall: Slutt for kildesortering?* Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/utenriks/kina-har-fatt-nok-forbyr-import-av-plastavfall-slutt-for-kildesortering/2-1-364262> (lest 04.05.2020).
- Johnsen, I. (2020). *Master avfallshåndtering* (e-post til Øystein Vestvatn 04.03.2020).
- Jonassen, Ø. (2018). *En innføring i CCS*. Tilgjengelig fra: <https://energiogklima.no/to-grader/en-innforing-i-ccs/> (lest 07.05.2020).
- Jortveit, A. (2018a). – *Etterspørselen etter plast vil øke*. Tilgjengelig fra: <https://energiogklima.no/nyhet/etterspørsel-plast-oke/> (lest 01.05.2020).
- Jortveit, A. (2018b). *Plast og klima – to sider av samme sak*. Tilgjengelig fra: [https://energiogklima.no/kommentar/plast-og-klima-to-sider-av-samme-sak/?fbclid=IwAR1dliV19rz1rCWY8\\_SO\\_gE-f8dXy9olhGugapRfTTrTrPQ4XwTD1t8geuY](https://energiogklima.no/kommentar/plast-og-klima-to-sider-av-samme-sak/?fbclid=IwAR1dliV19rz1rCWY8_SO_gE-f8dXy9olhGugapRfTTrTrPQ4XwTD1t8geuY) (lest 06.05.2020).
- Karlsen, T. (2019). *Panteordningen sprer seg til resten av verden*. Tilgjengelig fra: <https://infinitummovement.no/panteordningen-sprer-seg-til-andre-land/> (lest 07.05.2020).
- Klima- og miljødepartementet. (2020). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (lest 06.05.2020).
- KS. (2018). *Hva er sirkulær økonomi?* Tilgjengelig fra: <https://www.ks.no/fagomrader/samfunnsutvikling/miljo/sirkular-okonomi-og-avfallspolitikk/hva-er-sirkular-okonomi/> (lest 04.05.2020).
- Lorentzen, M. & Sigurdson, J. (2020). *En corona-sky skygger for fornybarbransjen: E24*.
- Ludt, Ø. & Barbøl, H. K. (2017). *Tester selvkjørende renovasjonsbil*. Tilgjengelig fra: <https://www.at.no/artikler/tester-selvkjorende-renovasjonsbil/416718> (lest 07.05.2020).
- Lyng, K.-A. & Modahl, I. S. (2011). *Livsløpsanalyse for gjenvinning av plastemballasje*. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/media/1183/1011.pdf> (lest 06.05.2020).
- Midttun, A. (2007). *CSR eller bedriftens samfunnsansvar: En megatrend vokser fram*. Tilgjengelig fra: <https://www.magma.no/csr-eller-bedriftens-samfunnsansvar-en-megatrend-vokser-fram> (lest 01.05.2020).
- Miljødirektoratet. (2014). *Veileder til retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging, T-1442/2016*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m128/m128.pdf> (lest 06.05.2020).
- Miljødirektoratet. (2019). *Forsøpling av havet*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/forsopling-av-havet/> (lest 01.05.2020).



- Miljødirektoratet. (2020). *Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030*. Rapport M-1625|2020. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf> (lest 06.05.2020).
- Miljødirektoratet. (u.å.-a). *Klimatiltak - avfall og deponi*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/avfall/> (lest 04.05.2020).
- Miljødirektoratet. (u.å.-b). *Olje og gass*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/hav-og-kyst/olje-og-gass/> (lest 07.05.2020).
- Miljøpartie de grønne. (u.å.). *Grønt næringsliv*. Tilgjengelig fra: [https://www.mdg.no/gront\\_naeringsliv](https://www.mdg.no/gront_naeringsliv) (lest 07.05.2020).
- Mjønerud, I. (2019). *Olje og gass – fortsatt store energikilder*. Tilgjengelig fra: <https://strøm.no/olje-gass-str%C3%B8m-energikilde> (lest 07.05.2020).
- Moen, L. & Kjølstad, C. (2020). *Intervju med Lisa Moen og Cato Kjølstad ved Fortum AS* (07.02.2020).
- Naturvernforbundet. (u.å.-a). *Hva er karbonavgift til fordeling (KAF)?* Tilgjengelig fra: <https://naturvernforbundet.no/klima/hva-er-karbonavgift-til-fordeling-kaf-article34560-126.html> (lest 07.05.2020).
- Naturvernforbundet. (u.å.-b). *Lag mindre søppel*. Tilgjengelig fra: <https://naturvernforbundet.no/reducer-avfallet/lag-mindre-soppel-article32658-3653.html> (lest 04.05.2020).
- NFFA. (u.å.). *Avfall Sør AS*. Tilgjengelig fra: <https://www.nffa.no/dette-er-nffa/vaare-medlemmer/avfall-soer-as/> (lest 06.05.2020).
- NG. (u.å.). *Vi leverer lokale tjenester som gir globale resultater for miljøet*. Tilgjengelig fra: <https://www.nggroup.no/om-oss/virksomheten/> (lest 04.05.2020).
- Nilsen, H. (2020). *Masteroppgave NMBU* (e-post til Frederic Tjelta 22.01.2020).
- Nordby, K. (2020). *Masteroppgave vår 2020* (e-post til Frederic Tjelta 20.01.2020).
- Norsirk. (u.å.). *Plast (for privat husholdning)*. Tilgjengelig fra: <https://norsirk.no/kildesortering/plast/> (lest 25.05.2020).
- Norsk Energi. (u.å.). *ENERGIINNHOLD I BRENSEL (Effektiv brennverdi)*. Tilgjengelig fra: <https://www.energi.no/docman/energifakta/48-energiinnhold-i-brensel/file> (lest 08.05.2020).
- NOU 2018: 17. *Klimarisiko og norsk økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2018-17/id2622043/sec3> (lest 06.05.2020).
- Oslo Economics. (2014). *Skisse til metodikk for samfunnsøkonomiske analyser og nytte-kostnadsanalyser av beredskapstiltak i samferdselssektoren*. Tilgjengelig fra: <https://osloeconomics.no/wp-content/uploads/Rapport-nytte-kostnadsanalyse-beredskapstiltak-Oslo-Economics.pdf> (lest 06.05.2020).
- Pedersen, L. (2019). *Masteroppgave Plastemballasje* (e-post til Frederic Tjelta 10.10.2019).
- Pedersen, S. (2020). *Lundin Petroleum vil bli klimanøytrale innen 2030*. Tilgjengelig fra: <https://finansavisen.no/nyheter/olje/2020/01/27/7491888/lundin-petroleum-vil-bli-klimanoytrale-innen-2030>. (lest 19.05.2020)
- PWC. (2017). *Felles ettersorteringsanlegg av husholdningsavfall. Grunnlag for samarbeid mellom MOVAR og kommunene Fredrikstad, Halden og Sarpsborg*. Tilgjengelig fra: [https://www.rakkestad.kommune.no/cpclass/run/cpesa62/file.php/def/190000017238d19000001762509a056e/rapport-pwc\\_mepex.pdf](https://www.rakkestad.kommune.no/cpclass/run/cpesa62/file.php/def/190000017238d19000001762509a056e/rapport-pwc_mepex.pdf) (lest 15.03.2020).
- Reinertsen, R. Ø. (2020). *Svakere fra Returkraft*. Tilgjengelig fra: <https://www.fvn.no/nyheter/okonomi/i/id2nyn/svakere-fra-returkraft> (lest 19.05.2020)
- Rema 1000. (2019). *Derfor bør du velge plastposer med gjenvunnet materiale*. Tilgjengelig fra: <https://www.rema.no/nyheter/derfor-bor-du-velge-plastposer-med-gjenvunnet-materiale/> (lest 07.05.2020).
- Returkraft. (u.å.). *Om Returkraft*. Tilgjengelig fra: <https://www.returkraft.no/om-returkraft> (lest 06.05.2020).



- RfD. (2019). *Årsrapport 2018*. Tilgjengelig fra: <https://aarsrapport.rfd.no/2018/rfd-aarsrapport-2018.pdf> (lest 04.05.2020).
- Rundskriv R-109/14. *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv*. Oslo: Det Kongelige Finansdepartement. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r\\_109\\_2014.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2014.pdf) (lest 05.05.2020).
- Samferdselsdepartementet. (2019). *Foreslår nye mål, krav og standarder for å redusere klimagassutslipp*. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/veg\\_og\\_vegtrafikk/eus-mobilitetspakke/foreslar-nye-mal-krav-og-standarder-for-a-reducere-klimagassutslipp/id2626007/](https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/veg_og_vegtrafikk/eus-mobilitetspakke/foreslar-nye-mal-krav-og-standarder-for-a-reducere-klimagassutslipp/id2626007/) (lest 07.05.2020).
- Selmer-Anderssen, P. C. (2019). *Hva skjer med plasten vi kaster?* Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/magasinet/dokumentar/plast/plastforurensning/norsk-gjenvinning/hvis-forbrukerne-faktisk-hadde-visst-hvor-lite-som-gar-til-gjenvinning-ville-de-ikke-sortert-plastavfallet/2-1-641716> (lest 01.05.2020).
- Silverman, D. (2014). *Interpreting qualitative data*. Los Angeles: SAGE.
- sortere.no. (u.å.). *Avfalls- og gjenvinningsbransjen i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://sortere.no/avfallsbransjen> (lest 04.05.2020).
- sortere.no. (u.å.). *Plastemballasje*. Tilgjengelig fra: <https://sortere.no/privat/avfallstype/104/Plastemballasje> (lest 04.05.2020).
- SSB. (u.å.). *CO2-ekvivalenter*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/ajax/ordforklaring?key=257362&sprak=no> (lest 06.05.2020).
- Statistisk sentralbyrå. (2014). *Avfall fra husholda, 2013*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avkomm/aar/2014-06-26> (lest 04.05.2020).
- Statistisk sentralbyrå. (2019a). *Endringer i befolkninga i løpet av kvartalet, for kommunar, fylke og heile landet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/01222> (lest 19.05.2020).
- Statistisk sentralbyrå. (2019b). *Tekniske og økonomiske hovedtall for fjernvarme, etter statistikkvariabel og år*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/04729/tableViewLayout1/> (lest 06.05.2020).
- Statistisk sentralbyrå. (2019c). *Økt forbruk av fjernvarme*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/okt-forbruk-av-fjernvarme> (lest 07.05.2020).
- Statistisk sentralbyrå. (2020a). *Konsumprisindeksen*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/kpi> (lest 06.05.2020).
- Statistisk sentralbyrå. (2020b). *Miljøpartier gjør det godt blant de yngre*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/valg/artikler-og-publikasjoner/miljopartier-gjor-det-godt-blant-de-yngre> (lest 07.05.2020).
- Stensgård, A. E. (2014). *Optimaliseringsmodell og klimaregnskap for avfallshåndtering*. Masteroppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://static02.nmbu.no/mina/studier/moppgaver/2014-Stensgard.pdf> (lest 06.05.2020).
- St.meld. nr. 1(2019-2020). *Instilling fra finanskomiteen om nasjonalbudsjettet 2020 og forslag til statsbudsjett for 2020*. Finanskomiteen. Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Innstillinger/Stortinget/2019-2020/inns-201920-002s/?all=true> (lest 19.05.2020)
- Wergeland, S. (2018). *Economic and environmental impacts of reprocessing household plastic waste at Øra, compared to transport and reprocessing in Germany*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2565389> (lest 06.05.2020).
- Werner, S. (2016). *European District Heating Price Series*. REPORT 2016:316. Tilgjengelig fra: <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/21926/european-district-heating-price-series-energiforskrapport-2016-316.pdf> (lest 06.05.2020).

- Wilsgaard, S. (2018). *Europa har fått nye avfallsdirektiv*. Tilgjengelig fra: <https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/europa-har-f%C3%A5tt-nye-avfallsdirektiv> (lest 04.05.2020).
- WWF. (u.å.a). *Forsøpling av havet*. Tilgjengelig fra: <https://www.wwf.no/dyr-og-natur/hav-og-fiske/plast-i-havet> (lest 04.05.2020).
- WWF. (u.å.b). *Hjelp oss å stanse plastforsøplingen!* Tilgjengelig fra: [https://www.wwf.no/stott-wwf/faddertyper/havfadder?gclid=CjwKCAjw8J32BRBCEiwApQEKgcUmPFpJAQwidLsD6Sq44CeeCTPKhBdTZG8lQekeTrHVd30bRdbR2BoCTpYQAvD\\_BwE](https://www.wwf.no/stott-wwf/faddertyper/havfadder?gclid=CjwKCAjw8J32BRBCEiwApQEKgcUmPFpJAQwidLsD6Sq44CeeCTPKhBdTZG8lQekeTrHVd30bRdbR2BoCTpYQAvD_BwE) (lest 25.05.2020)
- Østfoldforskning. (u.å.). *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/no/om-oss/> (lest 06.05.2020).

## 10. Vedlegg

Vedlegg 1: Meldeskjema Norsk senter for forskningsdata

### Vil du delta i forskningsprosjektet

#### *”En analyse av den «norske modellen» for håndtering av plastemballasje”?*

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å få bakgrunnsinformasjon om håndtering av plastemballasje. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

#### **Formål**

En vurdering av den norske modellen for håndtering av plastemballasje. Vi vil i hovedsak fokusere på punkt 3 og 4 i avfallspyramiden, nemlig energigjenvinning og materialgjenvinning. Vi vil fokusere på plastemballasje fra husholdning i Kristiansand og Vennesla kommune (Avfall Sør). Vi vil her vurdere dagens alternativ, det å sende mesteparten av plastemballasjen til Tyskland og Kedenburg. Vi vil se dette opp mot å materialgjenvinne her i Norge og hos Fortum. Det siste alternativet er å energigjenvinne hos Returkraft i Kristiansand. Vi ønsker å gjennomføre en nytte-kostnadsanalyse, samt forsøke på en LCA analyse hvis vi får det til. Vi har foreløpig snakket med Avfall sør, og enkelte mailer med Grønn Punkt Norge. Intervjuet er kun til bruk i vår masteroppgave.

#### **Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?**

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet er ansvarlig for prosjektet.

#### **Hvorfor får du spørsmål om å delta?**

Valgt på bakgrunn av kompetanse og arbeidsstilling. Fått informasjon gjennom eget nettverk.

#### **Hva innebærer det for deg å delta?**

Metode for innsamling av informasjon er et semi-strukturert intervju og informasjonen lagres lokalt på egne maskiner. Intervjuet vil omhandle eksterne og interne forhold slik som mål, konkurransesituasjon, markedsstørrelse, eget anlegg og miljøavtrykk.

Du vil kun nevnes med navn i vår oppgave, og informasjonen skal brukes som bakgrunnsinformasjon for videre analyse.

#### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

#### **Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Kun studenter og veileder som har tilgang til informasjonen fra intervjuet.

#### **Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?**

Prosjektet skal etter planen avsluttes 15.05.2020 og opplysningene vil ikke brukes videre etter dette. Opplysningene vil bli arkivert sammen med vår masteroppgave som er standard rutine for masteroppgaver.

### Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

### Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Norges miljø- og biovitenskapelige universitet har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

### Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Norges miljø- og biovitenskapelige universitet ved Øystein Vestvatn 47 65 08 96, Frederic Tjelta 99 33 79 03 og Jens Bengtsson 67 23 11 18
- Vårt personvernombud: Hanne Pernille Gulbrandsen 40 28 15 58
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no)) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Prosjektansvarlig  
(Forsker/veileder)

*Eventuelt student*


---

## Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «En analyse av den norske modellen for håndtering av plastemballasje», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i semi-strukturert intervju
- at opplysninger om meg publiseres slik at jeg kan gjenkjennes i materoppgaven
- at mine personopplysninger lagres etter prosjektstutt, til bakgrunn for videre forskning

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. [oppgi tidspunkt]

 27/4 - 2020  
-----  
(Signert av prosjektdeltaker, dato)



#### Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

#### Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Norges miljø- og biovitenskapelige universitet har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

#### Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Norges miljø- og biovitenskapelige universitet ved Øystein Vestvåg 47 65 08 96, Frederic Tjelta 99 33 79 03 og Jens Bengtsson 67 23 11 18
- Vårt personvernombud: Hanne Pernille Gulbrandsen 40 28 15 58
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no)) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Prosjektansvarlig  
(Forsker/veileder)

*Eventuelt student*

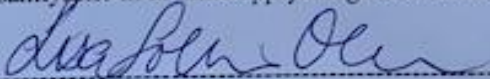
---

### Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «En analyse av den norske modellen for håndtering av plastemballasje», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i semi-strukturert intervju
- at opplysninger om meg publiseres slik at jeg kan gjenkjennes i materoppgaven
- at mine personopplysninger lagres etter prosjektslutt, til bakgrunn for videre forskning

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. [oppgi tidspunkt]



(Signert av prosjektdeltaker, dato)



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway