

Silje Kleppestø Enger

Livssyklusanalyse av alternativene for matavfallsposer i Norge og kriterier ved valg

Masteroppgave i Industrial Ecology
Veileder: Sigrun Jahren og Karl Klingsheim
Juni 2023

Silje Kleppestø Enger

Livssyklusanalyse av alternativene for matavfallsposer i Norge og kriterier ved valg

Masteroppgave i Industrial Ecology
Veileder: Sigrun Jahren og Karl Klingsheim
Juni 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for energi- og prosesssteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

I 2017 ble det enighet i EU om et avfallsregelverk med målsettinger for materialgjenvinning. Et av disse målene var å oppnå en materialgjenvinningsgrad på 65% innen 2035. Som et bidrag til dette regelverket ble det pålagt at alle kommuner i Norge skulle innføre ordninger for matavfallssortering fra januar 2023. Dette har satt fokus på valget av riktig matavfallspose ved implementeringen av et matavfallssystem. Det finnes ulike typer poser tilgjengelig på markedet. I Norge opererer man med tre typer poser: plast-, bio- og papirposer. Hver type pose har sine fordeler og ulemper når det gjelder håndtering, materialgjenvinning og miljøpåvirkning.

Denne masteroppgaven er et viktig bidrag i å undersøke bruken av matavfallsposer og innbyggernes vaner i ulike avfallsselskap. I studien har det blitt produsert en omfattende oversikt over hvilke typer matavfallsposer som brukes i ulike kommuner, samt samlet inn generell data fra avfallsselskapene. Formålet med analysen av oversikten og datagjennomgangen er å skape et helhetlig bilde av bruken av matavfallsposer og systemene i avfallssektoren. Videre vil oppgaven øke kunnskapen om matavfallsposer og deres påvirkning på avfallshåndteringssystemet og miljøet.

En del av oppgaven har vært å gjennomføre en livssyklusanalyse for å vurdere miljøpåvirkningen av de tre typene matavfallsposer som brukes i Norge. Resultatene av denne indikerer at det er papirposen som har minst påvirkning på miljøet. For global oppvarmings potensiale har plastposen et utslipp på $4.15E+00$ kg CO₂ eq/enhet, bio-posen $3.64E+00$ kg CO₂ eq/enhet. Papirposen har en påvirkning på $1.46E+00$ kg CO₂ eq/enhet. Ved å kombinere resultatene fra livssyklusanalysen med data om vaner og bruk av matavfallsposer hos innbyggerne, kan man få en helhetlig forståelse av miljøpåvirkningen av de ulike typene poser og hvordan de påvirker avfallssystemet i kommunene. Dette vil være verdifull informasjon for avfallsselskapene og beslutningstakere i utformingen av effektive avfallshåndteringsstrategier.

Abstract

In 2017, an agreement was reached within the EU on waste legislation with goals for material recycling. One of these goals was to achieve a material recycling rate of 65% by 2035. As a contribution to this legislation, it was mandated that all municipalities in Norway should have strategies in place to implement food waste sorting systems for all residents starting from January 2023. This has put a spotlight on the choice of the right food waste bag during the implementation of a food waste management system. There are different types of bags available on the market. In Norway, three types of bags are commonly used: plastic, bio-based, and paper bags. Each type of bag has its advantages and disadvantages in terms of handling, material recycling, and environmental impact.

This master's thesis represents an important contribution to examining the use of food waste bags and the habits of residents in different waste management companies. The study has generated a comprehensive overview of the types of food waste bags used in various municipalities and collected general data from waste management companies. This overview and data review aim to create a holistic understanding of the use of food waste bags and the systems in the waste management sector. Furthermore, the thesis aims to increase knowledge about food waste bags and their impact on the waste management system and the environment.

As part of the thesis, a life cycle assessment has been conducted to evaluate the environmental impact of the three types of food waste bags used in Norway. The results of this assessment indicate that paper bags have the least impact on the environment. For global warming potential, the plastic bag has an emission of 4.15E+00 kg CO₂ eq per unit, the bio-bag 3.64E+00 kg CO₂ eq per unit, and the paper bag has an impact of 1.46E+00 kg CO₂ eq per unit. By combining the results of the life cycle assessment with data on habits and usage of food waste bags among residents, a comprehensive understanding of the environmental impact of the different types of bags and how they affect the waste management system in municipalities can be obtained. This information will be valuable for waste management companies and decision-makers in designing effective strategies.

Forord

Denne masteroppgaven er en fortsettelse på arbeidet fra prosjektoppgaven i høst. Jeg ønsker å uttrykke min takknemlighet til Sigrun Jahren og Karl Klingsheim for deres veiledning og støtte gjennom min avhandling. Deres ekspertise og innsikt har vært avgjørende for å forme oppgaven og gi meg de nødvendige verktøyene for å fullføre denne avhandlingen. Jeg vil også takke min familie og venner for deres støtte og oppmuntring. Til slutt vil jeg takke mine medstudenter, som har støttet meg gjennom hele prosessen. Deres oppmuntring, støtte og inspirasjon har betydd enormt for meg, og jeg er takknemlig for å ha dere ved min side.

Innhold

1	Introduksjon	1
2	Bakgrunn og teori	3
2.1	Livssyklusanalyse av matavfallsposer	4
2.2	Behandling av matavfall	4
2.3	Typer matavfallsposer	4
2.3.1	Plastposer	4
2.3.2	Bio-poser	5
2.3.3	Papirposer	6
3	Metode	7
3.1	Datainnsamling	7
3.1.1	Leverandører	8
3.1.2	Plukkanalyser	9
3.2	Livssyklusanalyse	10
3.2.1	Mål og definisjon	10
3.2.2	Funksjonell enhet	10
3.2.3	Systemgrenser	11
3.2.4	Studie område	12
3.2.5	Antakelser og begrensninger	13
3.2.6	Innsamlet råvaredata	14
3.2.7	Simapro	17
3.2.8	Miljøpåvirkningskategorier	18
3.2.9	Sensitivitetsanalyse	18
4	Resultater	20
4.1	Analyse av innsamlede data	20
4.1.1	Kriterie for valg av pose	23
4.2	Analyse av innsamlede plukkanalyser	25
4.2.1	Utsortering og type pose	26
4.2.2	Utsortering, areal og type bolig	27
4.2.3	Utsortering og andel fritidsboliger	29
4.2.4	Utsortering og sorteringssystem	31
4.2.5	Renhet i matavfallet	32
4.3	Livssyklusanalyse resultater	33
4.3.1	Sensitivitetsanalyse	36

5	Diskusjon	38
5.1	Kriterie for valg av pose	38
5.1.1	Brukervennlighet	38
5.1.2	Avfallssystemene: Innsamling og sortering	39
5.1.3	Avfallssystemene: Behandlingsanleggene	40
5.1.4	Miljø: Miljøpåvirkning	40
5.1.5	Miljø: Mikroplast og nedbrytbart materiale	41
5.1.6	Logistikk	41
5.1.7	Kvalitet	42
5.1.8	Økonomi	42
5.2	Utsorteringsgrad	43
5.2.1	Type pose	43
5.2.2	Areal og type bolig	44
5.2.3	Fritidsboliger	44
5.2.4	Sorteringssystem	45
5.3	Faktorer som påvirker avfallsinnsamling og plukkanalysene	46
5.3.1	Hjemmekompostering	47
5.3.2	Fritidsboliger	47
5.3.3	Avfallsselskap og kommuner	47
5.4	Matsvinn	48
5.5	Mål for materialgjenvinning	48
5.6	Livssyklusanalyse	49
5.6.1	Tolkning av råvaredata	49
5.6.2	Tolkning av resultat fra analysen av posene	51
5.6.3	Tolkning av resultat fra sensitivitetsanalysen av posene	52
5.7	Videre studier	53
6	Konklusjon	54

Figurer

1	Systemet til plast-, bio- og papirposen	11
2	Studieområdet: Oslo kommune	13
3	Utsortert matavfall i kg/pers/år delt opp i de tre ulike posene	21
4	Totalt mat- og restavfall med totalt innsamlet matavfall	22
5	Totalt mat- og restavfall med totalt innsamlet matavfall for plastposen	23
6	Kriterie for valg av plastpose	24
7	Bakgrunn for valg av bio-pose	24
8	Bakgrunn for valg av papirpose	25
9	Type pose	27
10	Areal og andel matavfall utsortert	28
11	Boligblokk og andel matavfall utsortert	29
12	Utsortering og andel fritidsboliger	30
13	Utsortering og andel fritidsboliger for plastposen	31
14	Utsortering og sorteringssystem	32
15	Renhet i matavfallet	33
16	ReCiPe (H) 2016 Midpoint - Sammenligning av plast-, bio- og papirpose	34
17	ReCiPe (H) 2016 Midpoint - Plastpose resultater	35
18	ReCiPe (H) 2016 Midpoint - Bio-pose resultater	35
19	ReCiPe (H) 2016 Midpoint - Papirpose resultater	36
20	ReCiPe 2016 Midpoint (H) - Sensitivitetsanalyse	36

Tabeller

1	Leverandører av matavfallsposer i Norge	8
2	Matavfallsposene	15
3	Miljøpåvirkningskategorier fokusert på i studien, (Saibuatrong mfl., 2017) . . .	18
4	Matavfallspose oppsummering resultater	20
5	Oversikt over antall/andel avfallsselskap, innsamlings- og sorteringsmetode . .	21
6	Plukkanalyse resultater	26
7	Sensitivitetsanalyse resultater fra plastposen	37

Forkortelser

DIM	Dalane Miljøverk AS
EPD	Environmental product declaration
EU	Europeiske union
FN	Forente nasjoner
FIMIL	Finnamrk miljøtjeneste AS
G	Gram
GWP	Global warming potential
HDPE	Polyeten med høy tetthet
HIM	Haugaland Interkommunale Miljøverk AS
HRA	Hadeland og Ringerike Avfallsselskap AS
HÅR	Hægebostad og Åseral renovasjonsselskap IKS
IATA	Indre Agder og Telemark Avfallsselskap IKS
IHM	Indre Hordaland Miljøverk
IØR	Indre Østfold Renovasjon IKS
Kg	Kilogram
Kvm	Kvadratmeter
LCA	Livssyklusanalyse
LDPE	Polyeten av lav tetthet
MNA	Midtre Namdal Avfallsselskap
NIR	Nær infrarød
Nomil	Nordfjord Miljøverk IKS
PBAT	Polybutylene adipate terephthalate
RBA	Romerike Biogassanlegg
RIR	Romsdalshalvøya Interkommunale Renovasjonsselskap IKS
ROAF	Romerike Avfallsforedling IKS
SHMIL	Søndre Helgeland Miljøverk IKS
SIMAS	Sogn interkommunale miljø- og avfallselskap IKS
SMG	Setesdal miljø og gjenvinning IKS
SOR	Solør Renovasjon IKS
SSB	Statistisk sentralbyrå
TRV	Trondheim Renholdsverk AS
Vefas	Vest Finnmark Avfallsselskap IKS
VESAR	Vestfold avfall og ressurs AS
VKR	Valdres kommunale renovasjon IKS
ØRAS	Øvre Romerike avfallsselskap IKS
ÅRIM	Ålesundregionen Interkommunale Miljøelskap IKS

1 Introduksjon

De forente nasjoner (FN) sine 17 bærekraftsmål introduserer planen for å bekjempe klimaendringene, ulikhet og fattigdom i verden (FN, 2023). Fokuset på å nå målene er stadig økende. I Norge har målene blitt implementert i lover og strategier for å kunne lykkes med å redusere utslipp og forbedre teknologiene som forhindrer klimaforandringene (Regjeringen, 2021). Et av delmålene innenfor bærekraftsmål nummer 11, bærekraftige byer og lokalsamfunn, er å legge til rette for å minske de negative påvirkningene på miljøet gjennom å vektlegge avfallshåndteringen i byene og lokalsamfunnene (FN, 2023). Et effektivt avfallshåndteringssystem er essensielt for å forhindre farlig og forurensende avfall i å påvirke miljøet (Klima- og miljødepartementet, 2023). I Norge er dette systemet kontrollert av lover og regler, og fokuset på energi- og materialgjenvinning har vært økende gjennom årene (Miljødirektoratet, 2019).

I 2017 ble det enighet i den europeiske union (EU) om et avfallsregelverk som satte mål om materialgjenvinningsgrad på 55%, 60% og 65% mot 2025, 2030 og 2035 (Avfall Norge, 2017). I 2020 ble kun 41% av husholdningsavfallet i Norge sendt til materialgjenvinning (Avfall Norge, 2021). Strategier må derfor iverksettes om man skal nå målene de kommende årene. I avtalen inkluderes innføring av løsninger for matavfallssortering innen 2023 (Avfall Norge, 2022b). Det har derfor blitt bestemt at fra 01.01.2023 skal alle husholdninger i Norge ha tilbud om utsortering av matavfall, og kommunene er dermed lovpålagt til å etablere strategier for et slikt system (Klima- og miljødepartementet, 2022). I Norge har flere kommuner og avfallsselskap hatt utsortering av matavfall i flere år og Miljøstatus estimerer at i september 2022 så hadde 85 % av Norges befolkning tilbud om dette (Miljødirektoratet, 2022a). I 2021 ble det sortert og samlet inn 42.5 kilogram (kg) per person med matavfall i Norge (SSB, 2022). En betydelig mengde matavfall ender likevel opp i restavfallet, og i Oslo utgjør matavfallet i restavfallet omtrent 50% (Oslo kommune, 2020). Tiltak som forbedrer matavfallssorteringen hos brukerne er derfor nødvendig om man skal få målet for materialgjenvinning (Heftøy, 2022).

Ved innføring av utsortering for matavfall vil flere kommuner og avfallsselskap stå ovenfor avgjørelser rundt logistikken av å innføre dette systemet (Vidnes, 2014). En av avgjørelsene er hva slags pose man skal samle matavfallet i. I tillegg til å avgjøre posetype ved innføring av matavfallssortering, blir det kontinuerlig gjennomført vurderinger av avfallsselskapene og kommunene (Nessjøen, G., personlig kommunikasjon, 04.11.2022). I Norge opererer man med tre ulike hovedtyper av poser: plast, bio-, og papirposer (Marthinsen, 2022). I denne avhandlingen er bio-poser definert som matavfallsposer som er nedbrytbare i industrielle prosesser. Hver type pose har sine fordeler og ulemper når det gjelder håndtering, materialgjenvinning og miljøpåvirkning (Andersen, 2018). Det er kommunene og avfallsselskapene som tar valget

om hva slags pose de skal bruke basert på ulike kriterier (Marthinsen, 2022). Et av formålene med studien er å identifisere kriteriene for valg av matavfallspose.

I Oslo er det grønn plastpose som blir brukt som matavfallspose. I 2021 ble det samlet inn omtrent 20 000 tonn matavfall fra befolkningen i Oslo. Kommunen operer med et optisk sorteringsanlegg, og derfor kreves en pose som tåler behandlingen i et slikt anlegg. Valget falt på plastposen (Guttormsen, M., personlig kommunikasjon, 09.11.2022). Et optisk sorteringsanlegg fungerer slik at når avfallet passerer gjennom sorteringsanlegget, kan kameraer og sensorer enkelt oppdage og skille plastposer fra andre avfallstyper basert på deres optiske egenskaper (SHMIL, udatert). Matavfallet fra Oslo blir behandlet ved Romerike biogassanlegg (RBA), og blir til biogass og biogjødsel. Disse produktene substituerer fossilt drivstoff og mineralgjødsel, og gjør at det blir negative utslipp knyttet til matavfallsinnsamlingen (Lyng og Saxegård, 2020). Det har imidlertid vært problemer knyttet til at uønskede fremmedlegemer ikke har blitt fjernet i prosessen, og synlig forurensing og mikroplast i biogjødslet har forurenset jordene (Marthinsen, 2022, Gulden, 2019).

Avhandlingen er en fortsettelse fra prosjektoppgaven som ble gjennomført høsten 2022 (Enger, 2022). Videre i studien vil det bli gjennomført analyser av innhentet data og plukkanalyser samt en sammenligning mellom det nåværende systemet i Oslo, og alternativene med bio- og papirposer. Miljøpåvirkningene fra de tre ulike posene vil bli presentert ved å gjennomføre en livssyklusanalyse (LCA) av systemene. Formålet med oppgaven er å bidra med innsikt i matavfallsposenes påvirkning på avfallshåndteringssystemet, innbyggernes vaner og miljøet. Studien skal kunne besvare hva bakgrunnen for valg av pose er, hvilke faktorer som påvirker utsorteringen av matavfall og hvordan de ulike posene påvirker miljøet. Dette vil være verdifull informasjon for avfallsselskapene og beslutningstakere i utformingen av effektive avfallshåndteringsstrategier.

2 Bakgrunn og teori

For å få et innblikk i allerede eksisterende studier om matavfallsposer er det gjennomført et litteraturstudie. Dette bidrar til å kunne strukturere videre studie om emnet og kunne se på hvilke faktorer som påvirker prosessen ved beslutningstaking. Videre har de tre type matavfallsposene som blir brukt i Norge blitt presentert i dette kapitlet, for å få en oversikt over de eksisterende alternativene som kommer til å bli analysert i studien.

En rapport som gir et godt innblikk i posenes påvirkning på matavfallssorteringen og behandlingen av matavfallet er *Plastfri innsamling av matavfall*. Denne rapporten ble publisert av Mepex i 2022, og ble gjennomført som et samarbeid mellom 10 avfallsselskap og kommuner. Målet var å kunne bidra til reduserte klimautslipp og synlige forurensninger knyttet til verdikjeden til matavfall. Effekten de ulike matavfallsposene har på miljøet og hvordan brukerne og anleggene blir påvirket blir introdusert i rapporten. Prosjektets resultater viser at noen av biogass og komposteringsanleggene har utfordringer med plast- og bio-posene, og at de kan påvirke bioresten som anleggene produserer. De fleste anleggene mener at papirposen påvirker i liten grad bioresten, men det har blitt gjennomført brekkasjeanalyser som en del av prosjektet, og disse viser at papirposene oftere åpnes i løpet av transporten (Marthinsen, 2022).

Videre gjennomførte Avfall Norge tester i 2018 med de ulike posene i avfallssug systemene. Rapporten *Test av poser i avfallssug* fremstiller resultatene fra testene. Hensikten med testene var å se på de ulike posenes evne til å bli transportert i et avfallssug. Testen ble gjennomført i flere byer med ulik lengde på avfallssuget. Resultatet viser at posene påvirkes av hva slags avfall de kastes sammen med. I Stockholm testet de brune papirposer med limlås. Det viste seg at i 45 % av tilfellene ville papirposene åpne seg. I Bergen testet de også papirposer, og i denne testen hadde posene lite skader generelt, men alt for dårlig lukkemekanisme. I Bergenstesten var det posene i jomfruelig plast som ga best resultat (Syed og Hovland, 2018).

Nye materialer for poser til kildesortering av matavfall identifiserer og utforsker de ulike alternativene for matavfallsposer i Oslo. Rapporten gir en oversikt over egenskaper, fordeler og ulemper ved de ulike posekvalitetene som eksisterer på det norske markedet. I Oslo opererer de med optisk sorteringsanlegg og har derfor valgt plastpose som løsning, men vil se på om det er andre mulige løsninger for fremtiden. Rapporten konkluderte med at det var anbefalt å se på flere mulige løsninger med papirposer. Anbefalingen var basert på miljøpåvirkningene som kommer ved bruk av plastposer, og at papirposene vil følge med matavfallet i behandlingsprosessen. Det forutsettes at papirposene må kunne transportes gjennomsystemet uten å minske avfallsmengder eller kvalitet. Hvis de allikevel fortsetter å bruke plastposene, kon-

kluderer rapporten med at de burde benytte seg av posene som er laget av resirkulert plast (Andersen, 2018).

2.1 Livssyklusanalyse av matavfallsposer

I denne studien blir det gjennomført en LCA av tre matavfallsposer i ulikt materiale, og det er derfor hensiktsmessig å se på tidligere LCA av matavfallsposer. Det ble gjennomført en LCA av matavfalls systemene med tanke på matavfallsposer i Italia i 2021, kalt *Life cycle assessment of the food waste management with a focus on the collection bag*. Analysen inkluderte behandlingen av matavfallet. To matavfallsposer ble vurdert i analysen, bio- og papirposer. Bio-posene var produsert av Mater-BI, og papirposen av resirkulert papir. Med en EPD tilnærming konkluderte rapporten med at det var papirposen som var det mest miljøvennlige alternativet. Papirposen blir ikke fjernet i forbehandlingsstadiet i biogassanlegget, noe som har en positiv innvirkning på behandlingen (Dolci, Rigamonti mfl., 2021).

2.2 Behandling av matavfall

I Oslo blir mat-, rest- og plastavfallet transportert til et sorteringsanlegg på enten Haraldsrud eller Klemetsrud før det blir sendt til forbrenning eller materialgjenvinning. Matavfallet fra Oslo kommune blir deretter sendt til RBA. I 2018 ble det publisert en rapport fra Norsus hvor det ble beregnet klimagassutslippene og klimanytten relatert til RBA kalt *Livsløpsvurdering av produktene og tjenestene levert av Romerike biogassanlegg*. Resultatene viste at på grunn av erstattet produkter og tjenester var de unngåtte utslippeen større enn utslippene ved innsamling av matavfall og produksjon av biogass og biogjødsel (Lyng og Saxegård, 2020). Data-innsamlingen til rapporten om RBA er relevant for denne studien og vil bli brukt til LCA videre.

2.3 Typer matavfallsposer

Litteraturstudien har bidratt til å identifisere de tre posene vi opererer med i Norge, og kvalitetene de ulike posene har. De tre ulike type matavfallsposene er; plast, bio- og papirposer (Marthinsen, 2022). Innenfor hver av posetyperne finnes det varianter av materialer og funksjoner, som påvirker miljøet og systemet på ulike måter (Andersen, 2018). Videre vil de tre posetyperne bli introdusert.

2.3.1 Plastposer

Plastposene som benyttes av de norske avfallsselskapene og kommunene varierer i materiale. I denne studien er plastposene definert som poser laget av tradisjonell plast. Disse posene kan også inneholde resirkulert plast. Det er imidlertid behov for tykkere poser ved bruk av

resirkulert plast for å ivareta kvaliteten på posen (Andersen, 2018). Rapporter viser at plastposene er svært brukervennlige, og har god kvalitet. De tåler behandlingen i sorteringsanlegg, og den jevne fargen på posene gjør at de er egnet til bruk i optiske sorteringsanlegg (Andersen, 2018). Videre er det vist mindre brekkasje ved bruk av plastposene sammenlignet med bio- og papirposene (Syed og Hovland, 2018).

Det er imidlertid negative effekter knyttet til bruk av plastposen som matavfallspose. Plastposene kommer ikke fra fornybare kilder, må bli fjernet før biogass- eller komposteringsbehandling, og kan bidra til å spre mikroplast i naturen (Andersen, 2018). Mesteparten av fremmedlegemer blir fjernet i prosessen. Det har imidlertid likevel vært problemer med forurensing, og synlige fragmenter fra plastposene i biogjødslet (Gulden, 2019, Fagerheim, 2020). Loven sier i dag at tørrstoffet til biogjødslet ikke skal overstige 0.5 % med fremmedlegemer over 4 mm (Klima- og miljødepartementet, 2022). Videre er det gjennomført analyser som viser at produksjon og forbrenning av plastposen vil resultere i ti ganger mer påvirkning i globalt oppvarmingspotensiale enn papirposen (Bernstad og la Cour Jansen, 2011).

2.3.2 Bio-poser

Et annet alternativ til matavfallsposer er bio-poser. I denne rapporten er bio-poser definert som en pose som er nedbrytbar i en industriell prosess. Bio-posene kan inneholde råmaterialer fra både fossile og biologiske kilder, men fellesnevneren for disse posene er at de er nedbrytbare i industrielle anlegg (Grønt Punkt Norge, 2018). Fordelene med å benytte en bio-pose er at den i enkelte anlegg ikke trenger å bli fjernet før behandling av matavfallet på grunn av at den er nedbrytbar. Videre vil korrekt bruk av posen gjøre at den puster, som fører til at den tørker avfallet i posen (Andersen, 2018). Korrekt bruk vil være at posen oppbevares i en ventilert avfallsbeholder. Det er videre

For avfallsselskapene, og de som behandler matavfallet, har bio-posen hatt noen negative sider. I biogassanleggene har det vært tilfeller der utfordringer med at posene har blitt opplevd som tyggegummi i maskinene har oppstått (IVAR, 2018a). Bio-posene er nedbrytbare i komposteringsanlegg, men det er usikkert på om disse posene passer til behandling i et biogassanlegg. Det er imidlertid ikke alle anleggene opplever bio-posene som problematiske. Et eksempel er Ecopro AS. De bruker teknologi som gjør at bio-posen blir brutt ned, og ikke skaper problemer i anleggene eller mikroplast i bio-gjødslet (Fløan, T., personlig kommunikasjon, 03.11.22). Videre er det er noe usikkert på hvor mye plastfragmenter som faktisk ender opp i biogjødslet ved bruk av bio-posene. De er også dyrere enn de vanlige plastposene til matavfall (Andersen, 2018).

2.3.3 Papirposer

Papirpose til bruk for matavfallsinnsamling er den typen pose som blir brukt av færrest avfallsselskap i Norge (Marthinsen, 2022). Materialet på posen må være vannfast, våtsterkt, og skal være nedbrytbar i behandlingsanleggene etter standarden for nedbrytbarhet (EN13432) (Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 14.02.2023). Papiret brukt til posene kan være produsert av resirkulert materiale (Dolci, Rigamonti mfl., 2021). Papirposene sammenlignet med de to andre alternativene har positive effekter i behandlingen og på miljøet. Denne posen kan gi bedre kvalitet på matavfallet, og mindre risiko for mikroplast i biogjødselet enn plast- og bio-poser. Videre er de grønnere i produksjon og skaper ikke driftsproblemer i anleggene de behandles i (Avfall Norge, 2022a). Ved riktig bruk kan papirposene, i likhet med bio-posene tørke avfallet. Ved å bruke egnet avfallskurv opprettholder man riktig luftsirkulasjon i matavfallsbeholdere og redusere risikoen for lukt opphopning eller dannelse av mugg og bakterier (BIR, udatert). Papirposer har også evnen til å absorbere fuktighet fra matavfallet, noe som bidrar til å redusere vekten til avfallet (Andersen, 2018). Dette vil si at man oppbevarer matavfallet i posen i en avfallsbeholder som har ventilering, så luften slipper til.

Ved ukorrekt bruk har det vist seg at papirposene kan være lite brukervennlige. Om det dannes fukt i beholderen, vil posene kunne revne ved frakt fra kjøkkenbenken til avfallsbeholder utenfor huset (Andersen, 2018). Det har vært tilfeller der forbrukerne har vært misfornøyde med bruk av papirposen, som igjen fører til at de ikke utsorterer matavfallet sitt (Furunes, 2017). Videre er lukkemekanismen, som skal holde på avfallet frem til behandlingen, krevende å lage. Papirposene har blitt testet i avfallssug, og den eksisterende lukkemekanismen på enkelte poser holder ikke for denne type behandling. Det viste seg nemlig at i 45% av tilfellene ville papirposene åpne seg (Syed og Hovland, 2018). Posene har ikke blitt brukt i optiske anlegg i Norge før, og det er fortsatt ikke testet nok for bruk i slike anlegg (Andersen, 2018).

3 Metode

I denne studien er hovedfokuset på datainnsamlingen fra kommunene for å se hvordan posene og andre faktorer kan påvirke sorteringen hos befolkningen. Det vil også bli gjennomført en LCA for å se på miljøpåvirkningene plast-, bio- og papirposen har. I analysen vil det bli sett på dagens løsning i Oslo for matavfallspose, og sammenligne dette med potensielle systemer for bio- og papirpose.

3.1 Datainnsamling

Etter å ha gjennomført litteraturstudie var det nødvendig å identifisere hvilken type pose avfallsselskapene og kommunene i Norge bruker. Arbeidet med datainnsamling er en fortsettelse på arbeidet gjort i prosjektoppgaven, som ble gjennomført høsten 2022 (Enger, 2022). Denne innsamlingen ble brukt for å kunne konkludere hva slags faktorer som kan være med på å påvirke utsorteringen av matavfall hos innbyggerne. Søket startet på nettsidene til de ulike avfallsselskapene, hvor enkelte hadde utfyllende og tydelig informasjon og rapporter. Hva slags type pose de benyttet seg av, hvorfor denne posen var valgt og eventuelle plukkanalyser var det som var hovedmålet med informasjonsinnsamlingen. Videre var det interessant å se på hva slags behandling matavfallet fikk, og hva slags systemer som ble brukt for å sortere avfallet. Etter hvert som innsamlingen utformet seg, kom tileggsinformasjon om poseantall, og om brukerne var fornøyde med valgt pose.

Det viste seg at det var flere av avfallsselskapene som ikke hadde utfyllende svar på nettsidene sine, og det ble derfor tatt kontakt med de som manglet nødvendig informasjon. Det ble identifisert 83 avfallsselskap som har og 7 avfallsselskap som ikke har bestemt seg for hva slags pose til skal benytte ved matavfallsutsortering. Det er 8 av avfallsselskapene som nylig har startet med utsortering eller kun har bestemt strategiene rundt matavfallssortering. De er imidlertid inkludert i oversikten over mennesker som har tilbud om matavfallssortering, men er ikke tatt med i videre analyser da de ikke har mengde sortert avfall eller annen data. Av de totalt 90 selskapene har det blitt sendt ut e-poster til 81 avfallsselskap og kommuner for å få den informasjonen som manglet. Av disse 81 var det 59 som svarte. Videre ble det ringt til avfallsselskapene som manglet for å kunne kartlegge hva slags pose som blir brukt i deres kommuner. Det ble gjort 58 telefonsamtaler til avfallsselskap og kommuner. Dette har resultert i at det er kartlagt om 355 av 356 kommuner har matavfallssortering, og i så fall hvilken matavfallspose de bruker. Det er en kommune som har blitt ringt 2 ganger og blitt sendt mail til, men har ikke svart på spørsmålene. Dette er Røst kommune med 456 innbyggere. Det har blitt identifisert hva de resterende 5 445 481 innbyggerne i Norge har som tilbud med tanke på matavfallssortering, som er 99.99% av befolkningen i Norge. Av disse er det 178 872 som

ikke har bestemt seg, og 5 266 609 som har besluttet hvilken matavfallspose som skal brukes i deres ansvarsområder. Hele oversikten er presentert i vedlegg 4.

Supplerende informasjon om mengde matavfall, antall innbyggere, boligsituasjon og inntekt er hentet fra statistisk sentralbyrå (SSB) (SSB, 2022). Tallene fra SSB er fra 2021, da tallene for innsamlet matavfall for 2022 ikke var tilgjengelig da data ble innhentet. Data fra SSB blir brukt til å se på om de ulike faktorene kan påvirke hvordan innbyggerne sorterer matavfallet. Det er enkelte kommuner som har begynt med matavfallssorteringen i starten av 2023 og de er ikke tatt med i kalkulasjonene på hvor mye matavfall som er samlet inn, da de ikke har tall på dette enda. Det gjelder også med tanke på plukkanalysene til de avfallsselskapene som nylig har innført matavfall. De vil ikke bli tatt med i vurderingen, da det kan påvirke resultatene i studien. De avfallsselskapene det gjelder er presentert i oversikten i vedlegg 4.

3.1.1 Leverandører

Det er flere leverandører som tilbyr matavfallsposer, og gjennom utspørring av avfallsselskapene i Norge har det blitt identifisert hvilke leverandører det norske markedet benytter seg av. Valg av hvilken leverandør av posene blir vurdert av avfallsselskapene og kommunene basert på tilbud. De ulike leverandørene av posene er listet i tabell 1.

Plastposer	Bio-poser	Papirposer
Biobag Norge AS	Biobag Norge AS	Total Holding AS
Maske	Naturabiomat	-
Scan Lux	Scan Lux	-
Total Holding	Total Holding	-
Namdal ressurs	Namdal ressurs	-
Enviropac	-	-
Strømberg AS	-	-

Tabell 1: Leverandører av matavfallsposer i Norge

Leverandørene tilbyr poser med ulike kvaliteter og funksjoner. For plast- og bio-poser er det flere leverandører som distribuerer poser til avfallsselskapene og kommunene som operer med disse type posene. Utspørringen har vist at de respondentene som benytter seg av papirposen får levert posene fra Total Holding AS. Videre vil Total Holding AS bli referert til som Total i teksten. Det er imidlertid avfallsselskap som operer med papirposen som ikke har svart på hvilken leverandør som blir benyttet. Ved å identifisere de ulike leverandørene for avfallsposene kunne de aktuelle bli kontaktet for å kunne identifisere sammensetningen av materialer for LCA videre i studien.

3.1.2 Plukkanalyser

For å analysere vanene og utsorteringen til innbyggerne i de ulike kommunene ble plukkanalyser samlet inn fra avfallsselskapene. Plukkanalyser ser på sammensetningen av avfallet, og dette gir en oversikt over det potensielle mønstre og vaner, samt forbedringspotensialet befolkningen har (Avfall Norge, udatert). Videre vil resultatene av en plukkanalyse gi et grunnlag for eventuelle forbedringer i metoder i avfallshåndteringen (Norsk Gjenvinning, 2023). Plukkanalysene er tidkrevende og dyre å gjennomføre, og det er derfor ikke alle steder hvor det er ressurser til å regelmessig gjennomføre disse (Mepex AS, 2015). Enkelte steder har det ikke blitt gjennomført plukkanalyse på flere år, som for eksempel Valdres kommunale renovasjon IKS (VKR) (Harrang, E., personlig kommunikasjon, 15.02.23). På andre steder blir det gjennomført regelmessige plukkanalyser, som for eksempel i Oslo. I Oslo har de i tillegg gjennomført plukkanalyser gjennom året for å kunne se på de ulike variasjonene basert på sesong og årstid (Bjørnerud, 2022).

Det har blitt samlet inn 39 plukkanalyser. Av disse var det 2 som ikke kunne bli brukt til denne studien grunnet ufullførte rapporter og analyser. Av de 37 rapportene som er inkludert i oversikten i vedlegg 4 er det 3 plukkanalyser som var gjort av områder der matavfallssortering ikke hadde blitt innført i alle kommuner. Dette er plukkanalysene til Trondheim renholdsverk AS (TRV), Ålesundregionen Interkommunale Miljøsekskap IKS (ÅRIM) og ReMidt IKS, og de ble ikke inkludert i analysene videre. 21 av analysene som blir brukt i studien har kun gjennomført analyser av restavfallet. 16 av analysene har gjennomført på både rest- og matavfallet. 17, 17 og 3 av analysene var fra avfallsselskap som opererer med henholdsvis plast-, bio- og papirposer. Det er en av plast, og to av bio-posene som er registrert, men ikke kommer til å bli brukt i analysene. Plukkanalysene vil vise renhet i avfallet, og hvor stor andel som blir sortert riktig av matavfallet. Man kan dermed se hvor mye av matavfallet som havner i restavfallet, hvor rent matavfallet er og hvor mye av det totale matavfallet som faktisk blir utsortert som matavfall. Utsorteringsgraden til avfallsselskapene er definert videre som den andelen av det totale matavfallet som faktisk er utsortert i matavfallsposene. Det totale matavfallet er det matavfallet som befinner seg i både rest- og matavfallet.

For de selskapene som ikke har oppgitt hvor mye avfallet veier i analysene, og dette har trengtes til videre utregninger, har det blitt antatt at befolkningen har et gjennomsnittlig totalt avfall på 431 kg per person i året. 40 % av dette er restavfall, 172.5 kg per person per år. Denne antakelsen er basert på gjennomsnittlig mengde avfall per person per år fra SSB i 2021 (SSB, 2022). Mengde restavfall blir brukt til å kunne beregne hvor stor andel av det totale matavfallfallet som faktisk blir utsortert og hvor stor andel av rest- og matavfallet matavfallet er.

For å kunne se på om det er sammenheng mellom de ulike variablene vil det bli beregnet korrelasjon. Korrelasjonskoeffisienten kan ikke fortelle oss om den ene variabelen er årsaken til den andre, men den kan fortelle oss at det er sammenheng mellom de to variablene. Positiv korrelasjon vil si at høye verdier av den ene variabelen vil føre til høye verdier av den andre. Negativ korrelasjon vil si at høye verdier av den ene variabelen kan man finne lave verdier av den andre. Jo nærmere koeffisienten er 1 og -1, jo mer sannsynlig kan man si at det er sammenheng mellom variablene (Lydersen, 2020).

3.2 Livssyklusanalyse

3.2.1 Mål og definisjon

Målet med LCA i denne studien er å kunne evaluere miljøpåvirkningene produksjonen av de tre potensielle matavfallsposene har. De tre posene som skal bli vurdert i denne studien er de tre hovedtypene av poser man opererer med i Norge, plast-, bio- og papirpose. Plastposen skal representere den nåværende plastposen Oslo opererer med i dag, som er produsert av Maske AS. Plastposen består av 25 % resirkulert polyeten av lav tetthet (LDPE), og 75 % jomfruelig LDPE/polyeten med høy tetthet (HDPE) (Iversen, J., personlig kommunikasjon, 03.04.2023). Bio-posen skal presentere en pose laget av Biobag Norge AS. Denne bio-posen er laget av et nedbrytbart materiale kalt Mater-BI (Glomvik, M., personlig kommunikasjon, 05.05.2023). Papirposen er basert på tall gitt av Total og består av papir som er vannfast. Papirposen skal etter EN13432 standarden være nedbrytbar (Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 12.04.2023). Analysen vil se på råmaterialene til produksjonen av de ulike posene til posen ankommer biogassanlegget og har gjennomgått forbehandlingsprosessen. På biogassanlegget blir pose materialet enten fjernet eller blir videre med i behandlingen, avhengig av hvilken type pose man bruker. Matavfallet blir gjort om til biogass og biorest som brukes til å erstatte mineralgjødsel og diesel. Videre behandling etter forbehandlingsprosessen er utenfor systemet i denne analysen. Når man gjennomfører en analyse av hele livsløpet til et produkt eller system, fra råvarene til sluttfasen, gjennomfører man en ”vugge til grav” analyse (NORSUS, udatert). I dette tilfellet stopper analysen i fasen når posene med matavfall har ankommet RBA. Etter forbehandlingsprosessen vil to nye ressurser oppstå, substrat og avfall. Avfallet er posemateriell blandet med matavfall, og blir sendt til et forbrenningsanlegg. Substratet blir omgjort til biogass og biorest. Når man gjennomfører en analyse fra råvarer til ressurser til nye produkter kalles det en ”vugge til vugge” analyse (NORSUS, udatert).

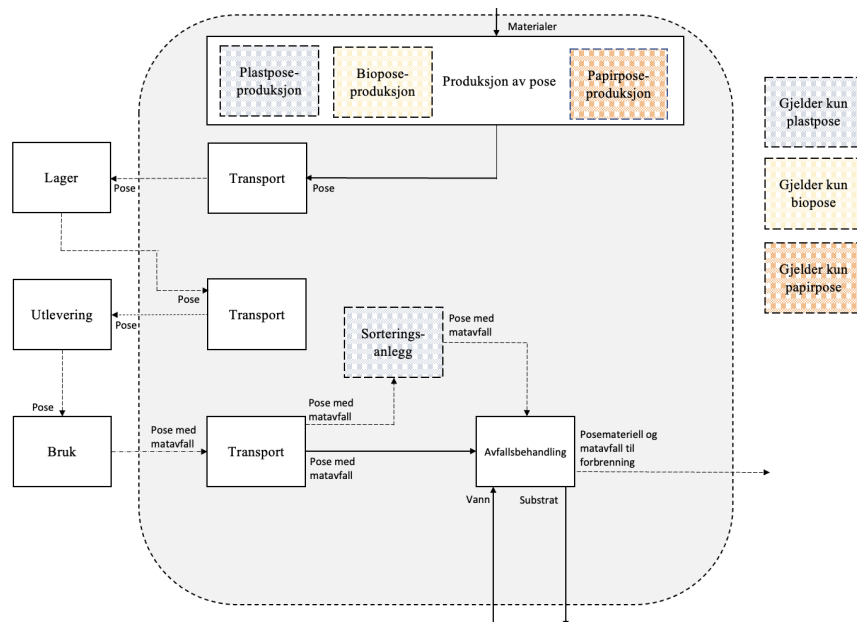
3.2.2 Funksjonell enhet

Hovedfunksjonen til en matavfallspose er å samle inn matavfall fra innbyggerne til avfallsanleggene som behandler matavfallet. Det blir i denne studien antatt at en matavfallspose

klarer å holde 1 kg av matavfall. Den funksjonelle enheten til denne studien er definert som 1 kg matavfall. Til denne mengden matavfall er det antatt at man trenger en matavfallspose for hver av de ulike posetyperne.

3.2.3 Systemgrenser

LCA i studien er begrenset til tre typer matavfallsposer som blir brukt i Norge, og vil bli gjort med tanke på sorteringssystemet Oslo opererer med i dag. Posene som blir vurdert er designet og produsert for bruk til matavfallsinnsamling. Prosessene frem til matavfallet har ankommet RBA, og gjennomgått forbehandlingsprosessen er inkludert. Systemet er presentert i figur 1.



Figur 1: Systemet til plast-, bio- og papirposen

Ved å studere tidligere LCA av avfallsposer har de aktuelle prosessene som skal bli inkludert i studien blitt definert. Studien ser på tre poser av ulike materialer. Produksjonen av posene er derfor inkludert for å kunne se på hvordan produksjonsmaterialene påvirker resultatet og den totale miljøpåvirkningen. Matavfallsposene Oslo bruker i dag blir fraktet til et lager på Vestby (Iversen, J., personlig kommunikasjon, 09.03.2023). Det blir antatt av uavhengig av posen vil dette lageret bli benyttet. Transporten til lageret på Vestby vil dermed gjelde for alle tre posene. Driften av lageret og utleveringsstedene antas å være det samme uavhengig av posen, og derfor ikke inkludert i analysen. Transporten mellom lageret, utleveringsstedene og behandling er inkludert i systemet på grunn av forskjeller i vekt og hvor mange poser som kan fraktes per last. Derimot er ikke selve driften av utleveringsstedene, eller bruken av matavfallsposen hos husholdningen inkludert, grunnet det antas at det ikke vil endre seg mellom

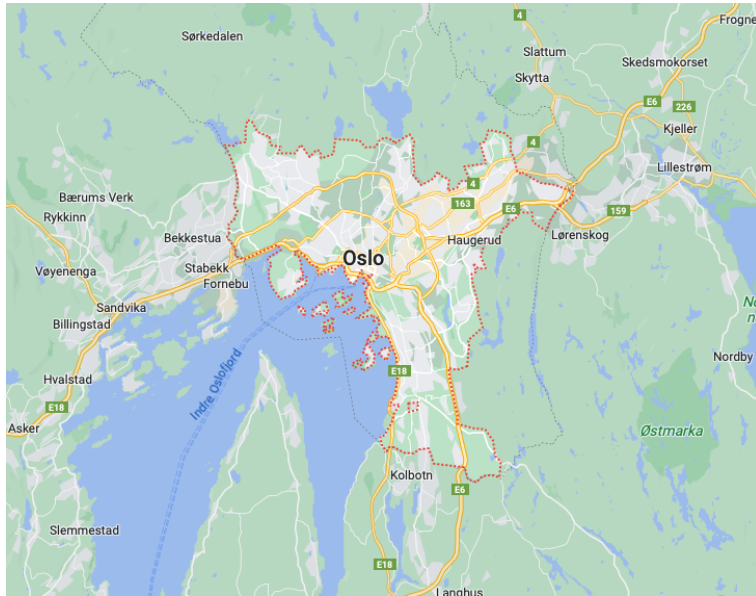
de ulike posene i denne studien.

Videre vil sorteringsanlegget kun være en del av systemet for plastposen. Slik avfallssystemet er i Oslo, blir rest-, mat- og plastavfall kastet i samme avfallsbeholder for så å bli sendt til et av to sorteringsanlegg. I denne studien er det antatt at sorteringen foregår på anlegget på Haraldrud (Renovasjons- og gjenvinningsetaten, udatert). Datainnsamlingen viser at ved bruk av papir- og bio-poser i Norge, blir matavfallet sortert ut i separate dunker, og ikke i optiske sorteringsystemer. Bio- og papirposene tåler ikke like mye som plastposen, og det er blitt gjort lite konkrete erfaringer med disse posene i slike systemer (Marthinsen, 2022, Andersen, 2018). I denne studien inkluderer derfor ikke systemene med bio- og papirpose sorteringsanlegget, og matavfallet i disse systemene blir hentet i separat avfallsbeholder utenfor brukernes bolig og transportert direkte til RBA. Blir et slikt system iverksatt, må det produseres nye avfallsbeholdere og en ny strategi for uthenting av avfall. Dette er ikke en del av systemet, og vil ikke bli inkludert i analysen.

Når posen med matavfall ankommer RBA blir de åpnet og matavfallet kvernet. I denne prosessen blir pose materialet til plast- og bio-posene fjernet og sendt til forbrenning (Dolci, Rigamonti mfl., 2021; Guttormsen.M, personlig kommunikasjon, 09.11.2022). Pose materialet vil gå ut av systemet, og blir brent i forbrenningsanlegget. Videre blir papirposen med i behandlingen av matavfallet. Substratet inkludert papirposen går ut av systemet, og det blir produsert biogass og biogjødsel av avfallet (Dolci, Rigamonti mfl., 2021).

3.2.4 Studie område

Området for analysen er satt til Oslo kommune. Det er omtrent 703 000 innbyggere i Oslo, og dette er den største kommunen i landet basert på innbyggertall (SSB, 2023). Å se på hvordan de tre ulike posene vil endre miljøpåvirkningene kan bidra til å forenkle beslutningsprosessen med tanke på matavfallsposer hos kommunene.



Figur 2: Studieområdet: Oslo kommune

3.2.5 Antakelser og begrensninger

I denne studien har det blitt gjort antakelser som kan bidra til å påvirke resultatene:

- Det har blitt antatt at en pose i analysen, uavhengig av materiale, holder 1 kg matavfall.
- Dagens lager for matavfallsposer er på Vestby. I analysen har lageret på Vestby blitt brukt som lager for posene før de blir transportert videre til utleveringssted. Det er det samme lageret for alle de tre posetypene.
- For plastikkposen er transporten fra Bosnia-Hercegovina til Norge gjort med lastebil.
- Antas at 75% av plastposen består av 50% HDPE og 50% LDPE.
- For papirposen er transporten fra Sverige gjort med lastebil.
- Papirposen består av vannfast og våtsterkt. Det antas derfor at kraft paper RER—markedet for kraft paper i ecoinvent er materiale som blir brukt i produksjon av denne posen.
- Det antas at bio-posene er kun laget av Mater-BI.
- Det er to sorteringsanlegg i Oslo. I analysen vil Haraldrud bli brukt som gjeldende sorteringsanlegg for plastposen.
- Feilsortering av annet avfall i matavfallet antas å ikke endre seg mellom de ulike posene, og vil ikke bli tatt med i beregningen.

3.2.6 Innsamlet råvaredata

Litteraturstudie, datainnsamling og ekstern kommunikasjon med avfallsselskapene ble gjennomført for å kunne ha relevant råvaredata for analysen i studien. Datainnsamlingen til analysen startet ved å kontakte Oslo kommune og den nåværende leverandøren av matavfallsposene i Oslo, Maske AS. De definerte plastikkposen og dens egenskaper, som hva slags materiale den er laget av og hvor den blir produsert. Bio-posen sine egenskaper og produksjonsområde er definert av Biobag Norge AS, heretter kalt Biobag. Biobag er en av de produsentene som, i følge datainnsamlingen fra avfallsselskapene til studien, leverer flest bio-poser til avfallsselskap i Norge. Utspørring av avfallsselskapene i Norge har gitt svar på at Total blir benyttet som leverandør for de selskapene som bruker papirposer til matavfallsposer. Total ble derfor kontaktet for å kunne se på mulighetene ved å innføre deres matavfallspose i papir i Oslo, og definere egenskapene til posen. I 2020 gjorde Norsus en livsløpsvurdering av produktene og tjenestene levert av RBA. I denne rapporten blir data med tanke på biogassanlegget og prosessen fra bruker til ferdig biogass og biogjødsel presentert (Lyng og Saxegård, 2020). Rapporten blir brukt til å kvantifisere strømmene som går inn og ut av RBA. Råvaredata for studien er vedlagt i vedlegg 1: Råvaredata. Bakgrunnsdata ble hentet fra Ecoinvent databasen. Data hentet inn til inventar i denne studien er fra 2011 til 2023.

3.2.6.1 Posene

Produksjon av de tre posene er første prosess som er inkludert i systemet definert i figur 1. **Plastposen** blir produsert i Bosnia-Hercegovina, og er laget av 75% jomfruelig plast, en blanding av HDPE og LDPE. Blandingsforholdet ble antatt å være 50% av HDPE og 50% av LDPE. De resterende 25% av posen består av resirkulert LDPE. En rull med matavfallsposer i plast veier 351 gram(g), og det er 40 poser per rull (Iversen, J., personlig kommunikasjon, 16.03.2023). En pose har dermed en vekt på 8.78 g. Det betyr at 2.19 g/pose består av resirkulert materiale, og 6.58 består av jomfruelig plast, hvor 3.29 kg/pose er av HDPE og 3.29 av LDPE. Elektrisitetsforbruket ved produksjon av posen og innpakningen er 0.0083 kWh per pose (Saibuatrong mfl., 2017). Plastposen må transporteres 2421 km fra produksjonslokale i Bosnia-Hercegovina til et lager utenfor Oslo på Vestby (Estimert fra Google Maps). Fra produksjon til lager blir det antatt at transporten blir gjort av en lastebil som er definert i ecoinvent databasen som 16–32 tonnes, EURO3 lorry (Dolci, Rigamonti mfl., 2021). Denne lasten har 64 paller, hvor 42 av dem er grønne matavfallsposer, resterende paller har lilla poser til plastavfall. Dette vil si at det er totalt 1 462 600 poser per lastebil og vekten er 12 826 kg/last (Iversen, J., personlig kommunikasjon, 16.03.2023). Det vil si at per pose blir det 0.0212 tkm i transport for plastposen. Råvaredata for plastposen er presentert i tabell 1 i vedlegg 1.

For å finne råvaredata om **bio-posen** ble Biobag kontaktet, og de svarte på spørsmål om en typisk bio-pose de produserer for bruk i matavfallskurv. Materialet som blir brukt i produksjon av bio-posen er Mater-BI, og en pose veier omtrent 7.25 g (Glomvik, M., personlig kommunikasjon, 02.05.23). Mater-BI skal etter EN13432 standarden være nedbrytbar. I følge analyser utført består Mater-BI av 10% tilsetningsstoffer, 20% stivelse og 70% polybutylene adipate terephthalate (PBAT) (Elfehri Borchani mfl., 2015). Mater-BI består av kalsitt (0.732 g/enhet), grus (2.78 g/enhet), natriumklorid (3.19 g/enhet), gass (0.0023 m³/enhet), olje (1.36 g/enhet), korn (mais)(2.53 g/enhet), frø (solsikke)(1.18 g/enhet) og frø (raps)(1.18 g/enhet). Sammensetningen av materialene er hentet fra Dolci, Rigamonti mfl. (2021), og er listet i tabell 2 i vedlegg 1. Videre kan EPD (environmental product declaration) til Mater-BI bekrefte sammensetningen av innholdene i produktet (Novamont, 2011). Bio-posene produseres i Estland og fraktes i lastebil til lageret på Vestby. Lastebilen kan frakte opptil 3 000 000 poser per last, og i følge Total bestiller ofte de store kundene fulle lastebiler (Glomvik, M., personlig kommunikasjon, 02.05.23). Siden Oslo er en kommune med mange innbyggere, blir det antatt at det vil bli bestilt full lastebil med poser. Fra Estland til lageret på Vestby er det omtrent 996 km (Estimert fra Google Maps), og vil veie 21 750 kg/last. Transporten per pose blir dermed 0.0072 tkm. Lastebilen som frakter lasten lagt inn som 16–32 tonnes, EURO3 lorry. Råvaredata for bio-posen er presentert i tabell 2 i vedlegg 1.

Papirposen blir produsert av Mondi Dynås AB i Sverige. Materiale er vannavvisende papir, og skal være nedbrytbart i kompost og biogassanlegg (Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 14.02.2023). Det blir antatt at papiret brukt for å produsere posen ikke er av resirkulert materiale. Grunnet lite detaljert informasjon om papiret blir det antatt at kraft paper RER—markedet for kraft paper i ecoinvent er det materiale som blir brukt til å produsere posene. Kraft paper er holdbart og kan brukes i situasjoner hvor det er høyt krav til styrke på papiret (Ecoinvent, 2020). Dette er kvaliteter en matavfallspose i papir bør ha. Papirposene veier 25 g/enhet, og blir fraktet med lastebil. En lastebil kan frakte 1 000 000 poser per last (Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 14.02.2023). Distansen mellom produksjonslokalet i Sverige til lageret på Vestby er 740 km (Estimert fra Google Maps), og en last veier omtrent 25 000 kg. Transporten til lageret blir dermed 0.02 tkm per pose. Papirposen antas å bli fraktet med en 16–32 tonnes, EURO3 lorry. Råvaredata for papirposen er presentert i tabell 3 i vedlegg 1.

	Verdi	Enhet	Kalkulasjon	Referanse
Plastpose vekt	8.78	g/enhet	-	(Iversen, J., personlig kommunikasjon, 16.03.23)
Bio-pose vekt	7.250	g/enhet	-	(Glomvik, M., personlig kommunikasjon, 02.05.23)
Papirpose vekt	25	g/enhet	-	(Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 12.04.2023)

Tabell 2: Matavfallspose

Når posene er produsert skal de pakkes og sendes til Norge. Det blir antatt at bio- og plastpo-

sene blir pakket i plastfilm (Dolci, Rigamonti mfl., 2021). For plast- og bio-posen blir det brukt henholdsvis 0.220 g/enhet og 0.182 g/enhet av plastfilm. Videre blir alle tre posene fraktet i pappesker (Dolci, Rigamonti mfl., 2021). For pappesken blir det brukt 2.870 g/enhet, 1.400 g/enhet og 4.200 for henholdsvis plast-, bio- og papirposen. Pappeskene har blitt registrert medecoinvent prosessen Corrugated boardbox — production, og blir resirkulert som papp her i Norge. Pappeskene blir satt på trepaller inn i lastebilene før frakt (Civancik-Uslu mfl., 2019). Mengden tre for å produsere trepaller er 0.07 g/enhet 0.05 g/enhet og 0.20 g/enhet for plast-, bio- og papirposen. I tabell 4 i vedlegg 1 er informasjon om pakning for transport lagt ved.

3.2.6.2 Lager til bruker

Lageret som Maske opererer med i dag ligger på Vestby, utenfor Oslo (Iversen, J., personlig kommunikasjon, 16.03.23). Det blir antatt at lageret vil være det samme for alle posene, og forbruket av elektrisitet på lageret og annet driftsrelaterte utslipp vil ikke endres på grunn av posekvalitet. Driften av lageret er derfor ikke inkludert i systemet. Posene blir delt ut til utleveringssteder som butikker og gjenvinningsanlegg der bruker kan hente ruller gratis. Posene må transporteres fra lager til utleveringssteder, og det antas at det i gjennomsnitt er 40 km transport per levering av poser (Estimert fra Google Maps). Antar at posene blir transportert med >32tonnes, EURO3 lorry fra lager til utleveringsstedene, da det er enkelte av utleveringsstedene hvor det kan være vanskelig å komme til i byen (Dolci, Rigamonti mfl., 2021). Transporten for posene fra lageret til utleveringssted blir 0.00035, 0.00029 og 0.001 tkm/enhet for henholdsvis plast-, bio- og papirposen. I tabell 5 i vedlegg 1 er transporten for de ulike posene presentert.

3.2.6.3 Sorteringsanlegget

Matavfallet blir i dag samlet inn med rest- og plastavfall i Oslo. Sorteringsanlegget tar i mot det samlede avfallet. Basert på farge på posene, blir plast- og matavfallet sortert ut og sendt videre til gjenvinning (Oslo kommune, 2018). Det blir antatt at sorteringsanlegget på Haraldsrud blir brukt. Driften av sorteringsanlegget blir kun en del av systemet for matavfallsposene i plast, fordi det er antatt at det er plastpose kvaliteten som tåler behandling på et slikt anlegg. Renovasjonsbilene kjører i snitt 30 km fra bruker til sorteringsanlegg, og beregnes å ha en kapasitet på maksimum 9.2 tonn per last (Seldal, 2014). Det antas at det er i gjennomsnitt 5.5 tonn per last. Sorteringsanlegget får inn 84 211 tonn avfall i året, og av dette er det 12 607 som blir utsortert som matavfall. Driften av anlegget krever et årlig elektrisitetsforbruk på 2 266 089.2 kWh/år (Terjesen, O.G., personlig kommunikasjon, 20.03.2023). Elektrisitetsforbruket per enhet blir 0.0269 kWh. Etter behandling og sortering på anlegget blir avfallet fraktet til RBA. Fra sorteringsanlegget er det antatt 35 km til biogassanlegget (Lyng og Saxegård,

2020). Data fra sorteringsanlegget er lagt ved i tabell 6 i vedlegg 1.

3.2.6.4 Biogassanlegget

Matavfallet i Oslo blir samlet inn hos innbyggerne og behandlet hos RBA. Transporten fra innbygger til biogassanlegget hentes fra ecoinvent databasen, da det ikke er gjort en datainn-samling av fyllingsgraden og drivstofforbruket til renovasjonsbilene. Renovasjonsbilene blir lagt inn som >32 tonnes, EURO3 lorry (Dolci, Rigamonti mfl., 2021). Renovasjonsbilene kjører i gjennomsnitt 35 km fra sorteringsanlegget til RBA, og 30 km fra bruker til sorteringsanlegg og har en kapasitet på 9.2 tonn med avfall (Seldal, 2014). Antas at 5.5 tonn per last er snitt på renovasjonsbilene. For bio- og papirposene vil denne transporten summeres slik at transporten er 65 km fra bruker til RBA. Anlegget har et elektrisitetsforbruk på 6.8 gWh i året (Lyng og Saxegård, 2020). Det vil si at per funksjonell enhet blir elektrisitetsforbruket 0.266 kWh. Videre blir posemateriale til bio- og plastposene fjernet i forbehandlingsprosessen. Gitt at de klarer å fjerne alt posemateriell blir det fjernet 8.78 g posemateriell ved plastposen, og 7.25 g posemateriell fra bio-posen. Bio-posemateriale blir fjernet da det blir antatt at materialet ikke brytes ned i anlegget, basert på informasjon fra andre biogassanlegg (Krågsrud, Å.T., personlig kommunikasjon, 24.02.2023). I tillegg vil 2% av den totale vekten matavfall bli med under fjerningen av posemateriale (Dolci, Rigamonti mfl., 2021). Dette blir 0.02 kg per enhet, og går ut av systemet til forbrenningsanlegget. Det tilsettes vann i forbehandlingsprosessen. I 2018 var dette vannforbruket på 34 868 m³ hos RBA (Lyng og Saxegård, 2020). Det blir 0.0012 m³/enhet vannforbruk i denne prosessen. Videre vil substratet gå ut av systemet og til biogass og biorest produksjon. Data fra RBA er presentert i tabell 7 i vedlegg 1.

3.2.7 Simapro

For å beregne LCA resultatene, og som datakilde, har analyseverktøyet SimaPro blitt brukt i denne studien. SimaPro er basert på ecoinvent databasen, og blir kontinuerlig oppdatert. Programvaren gir innsikt i produkter og tjenesters påvirkning på miljøet, og kan hjelpe virksomheter i å ta beslutninger som er mer bærekraftige (Simapro, udatert-a). Denne studien brukte versjon 9.4.0.3. av SimaPro med ecoinvent 3.8.

Systemene til de tre ulike posene ble satt opp i Simapro, og ecoinvent ble brukt til de ulike prosessene, input og output med tanke på informasjonen samlet inn i råvaredata analysen. Systemet inkluderte produksjonen av de ulike posene frem til forbehandlingen av avfall i biogassanlegget. Materialene til produksjon og transport ble hentet fra ecoinvent databasen. Videre ble de tre posene sammenlignet, og ga resultater som er presentert i kapittel 4. Resultater. I tillegg til å se på hele systemet, ble produksjonen av de tre matavfallsposene sammenlignet.

3.2.8 Miljøpåvirkningskategorier

Simapro inneholder flere ulike metoder for å utføre konsekvensutredning (Life cycle impact assessment”) av et produkt eller en tjeneste. Blant de tilgjengelige metodene finner vi ReCiPe (Simapro, udatert-b). Navnet ReCiPeer valgt fordi metoden fungerer som en oppskrift for å beregne miljøpåvirkning for de ulike miljøpåvirkningskategoriene gjennom hele livssyklusen. ReCiPe transformerer råvaredata resultatene til miljøpåvirkningskategorier. Metoden har to nivåer av indikatorer, kalt midpoint og endpoint (“ReCiPe”, 2016). I denne studien vil det bli benyttet midpoint-analyse, da det gir en mer helhetlig oversikt over miljøpåvirkningen fra systemet vi studerer. Kategoriene presenteres i form av poeng i tre kategorier: individualist, hierarchist og egalitarian. I denne studien har det blitt valgt å bruke hierarchist-perspektivet, som ofte anses som standardmodellen. ReCiPe midpoint-metoden omfatter 18 kategorier (“ReCiPe”, 2016). Det er imidlertid ikke alle som er relevante for denne studien. De som blir sett på i studien er oppført i tabell 3, og vil bidra til å presentere miljøpåvirkningen av de tre matavfallsposene.

Kategori	Enhet
Globalt oppvarmingspotensial (GWP)	kg CO ₂ eq
Terrestrisk forsuring	kg SO ₂ eq
Eutrofiering av ferskvann	kg P eq
Eutrofiering av marine miljøer,	kg N eq
Terrestrisk Økotoksisitet	kg 1,4-DCB
Økotoksisitet i ferskvann	kg 1,4-DCB
Økotoksisitet i marine miljø	kg 1,4-DCB
Human toksisitet	kg 1,4-DCB
Forbruk av fossil energi	kg oil eq

Tabell 3: Miljøpåvirkningskategorier fokusert på i studien, (Saibuatrong mfl., 2017)

3.2.9 Sensitivitetsanalyse

I analysen er de tre posene produsert i tre forskjellige land. Det var derfor interessant å se på om flytting av produksjonslokalet for en av posene ville kunne påvirke resultatene. Plastposen produseres i Bosnia-Hercegovina, og har lengst transport av de tre posene. Å flytte produksjonen til Norge vil redusere transporten av posene, i tillegg kommer norsk elektrisitet hovedsaklig fra fornybare energikilder (SSB, udatert-b). 38% av Bosnia-Hercegovia sitt energiforbruk fra fornybare kilder. Til sammenligning kommer 61% av Norges totale energiforbruk fra fornybare kilder (FN-sambandet, udatert). Det vil derfor bli gjennomført en sensitivitetsanalyse for å se virkningen på resultatene om plastposen er produsert i Norge. Lageret for matavfallsposer er på Vestby utenfor Oslo, og det blir antatt at produksjonslokalet kommer til å være her når produksjonen av plastposene blir satt til Norge. Transporten fra produksjon til lager vil derfor ikke bli inkludert. Elektrisitetsforbruket vil være det samme, men vil komme

fra norsk energiforbruk.

4 Resultater

I dette kapitlet vil resultatene fra datainnsamlingen, plukkanalysene og LCA bli presentert.

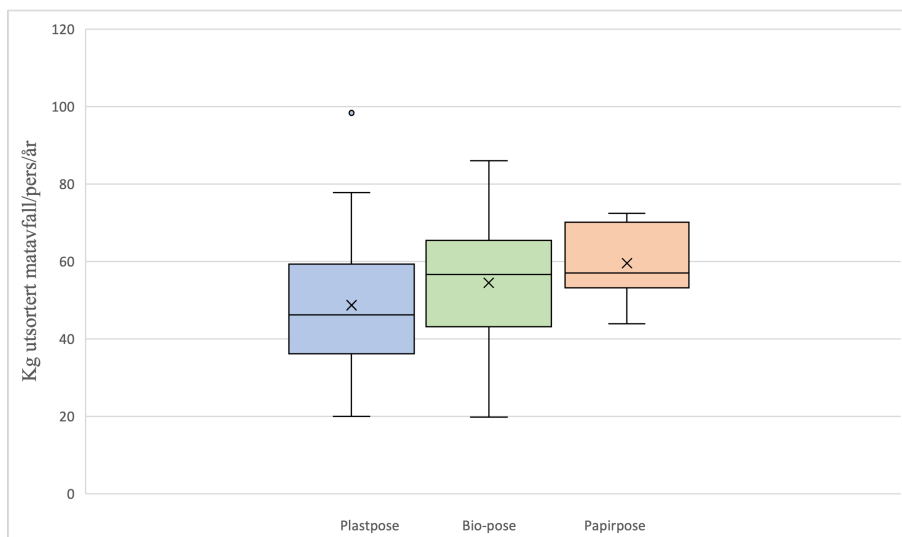
4.1 Analyse av innsamlede data

Datainnsamlingen har resultert i en oversikt over hva 355 av de 356 kommunene i Norge benytter som matavfallspose, om de har matavfallssortering. I oversikten er det informasjon om hvor mange innbyggere og husholdninger avfallsselskapet har ansvar for, kriterie for valg av pose, mengde matavfall utsortert i 2021, hvordan behandling avfallet får og resultater fra plukkanalyser de har gjort. Videre inkluderer oversikten kommunene og avfallsselskapene som per 25.03.2023 ikke har innført matavfallssortering, og de som ikke bestemt seg for hva slags type pose de skal benytte. Per 25.03.2023 er 5 445 481 innbyggere som blitt gjort rede for hva slags utsorteringsystem de har tilbud om. Dette er 99.99 % av befolkningen. Utspørringen av avfallsselskapene har vist at det er 5 266 609 som har tilbud om matavfallssortering. Dette inkluderer de selskapene som har bestemt seg for type pose, men ikke innført dette i noen eller alle ansvarsområder enda. 49.56% av de som har matavfallssortering har tilbud om plastpose, 37.16% bio-pose og 11.72% papirpose. Oversikt over data fra posene er presentert i tabell 4. Den totale oversikten over datainnsamlingen er vist i vedlegg 4.

	Plastposen	Bio-posen	Papirposen
Innbyggere	2 609 960	1 869 150	617 089
Husholdninger	1 226 237	870 136	297 709
Andel av totale befolkning som har tilbud	47.93%	35.94%	11.33%
Andel av befolkning som har utsorteringsstilbud	49.56%	37.16%	11.72%
Matavfall (tonn)	113 971	93 068	12 752
Matavfall (kg per pers)	43.67	56.62	50.40

Tabell 4: Matavfallspose oppsummering resultater

Tallene viser at det er gjennomsnittlig 43.67 kg/innbygger/år som blir samlet inn i plastposer, 56.62 kg/innbygger/år i bio-poser og 50.40 kg/innbygger/år i papirposer. De selskapene som nylig har innført matavfallssortering er ikke inkludert i beregningene, da de ikke har tall på innsamlet matavfall. Det er en betydelig økning fra plast- til bio-poser i mengde samlet inn matavfall i pose, 12.96 kg. Dette er en økning med nesten 30%. Figur 3 illustrerer fordelingen av kg innsamlet matavfall per innbygger for de tre posene.



Figur 3: Utsortert matavfall i kg/pers/år delt opp i de tre ulike posene

Figur 3 er et boksdiagram som viser spredningen av data. Diagrammet gir en visuell oversikt over sentralmålene, spredningen og eventuelle ekstreme verdier i datasettet (NTNU, udatert). Når man sammenligner datasett for de forskjellige matavfallsposene er boksdiagrammer er nyttige, og gir et raskt visuelt inntrykk av sentrale mål og spredning. Diagrammet viser at plastposen og bio-posen har større spredning i datasettet enn papirposen. Dette er naturlig da det er færre avfallsselskap som operer med papirposen, som resulterer i færre datapunkter.

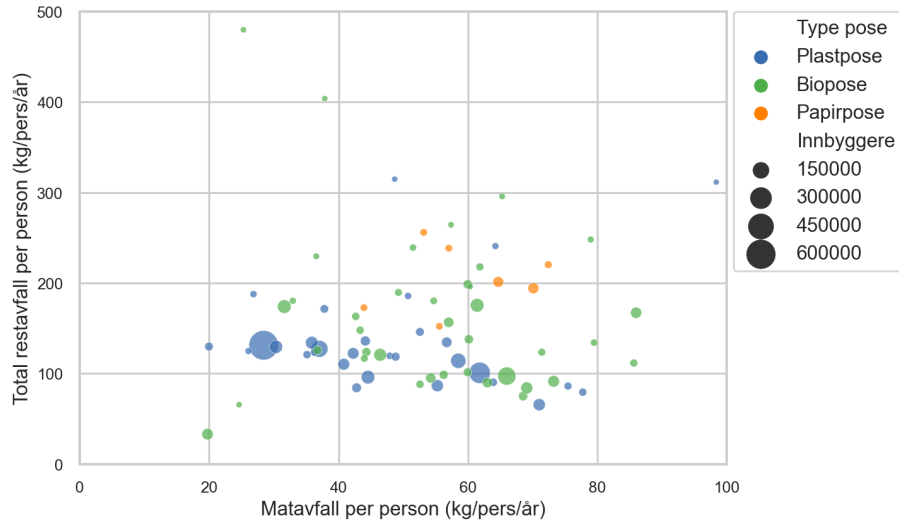
Videre viser datainnsamlingen at det er registrert 57 av avfallsselskapene som sender avfallet til biogassanlegg og 21 til komposteringsanlegg, dette er presentert i tabell 5. Blant avfallsselskapene som bruker bio-poser, velger 14 selskaper å sende matavfall til komposteringsanlegg. Imidlertid sender de fleste avfallsselskaper matavfallet sitt til biogassanlegg. Matavfall kan samles separat i egnede avfallsbeholdere eller sorteres ut fra annet avfall ved sorteringsanlegg. Av de avfallsselskapene som benytter plastposer, har 69% optisk eller nær infrarød (NIR)-innsamling for matavfall. For papir- og bio-poser benytter 100% av avfallsselskapene separat innsamling.

Antall som sender til biogass	24	25	8
Antall som sender til kompost	6	14	1
Andel som har separat innsamling	69%	100%	100%
Andel som har optisk/NIR sortering	31%	0%	0%

Tabell 5: Oversikt over antall/andel avfallsselskap, innsamlings- og sorteringsmetode

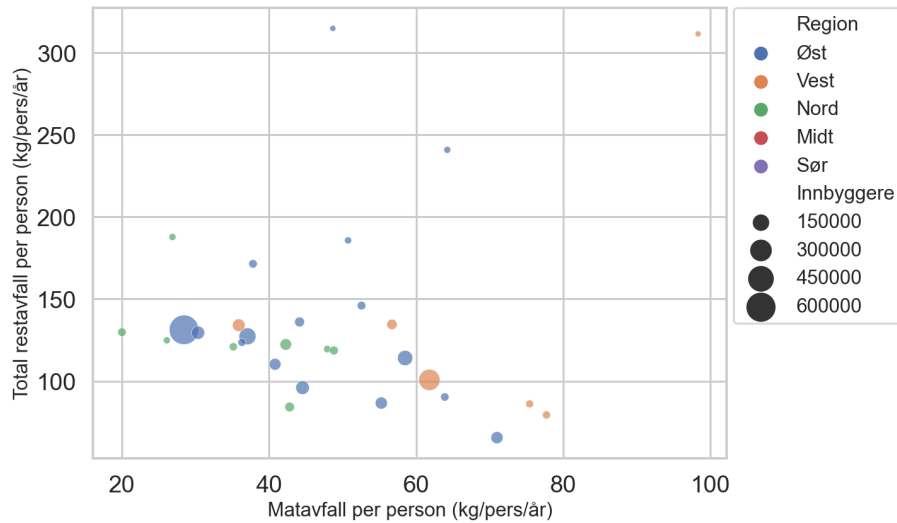
I tillegg omfatter datainnsamlingen mengden restavfall som hvert avfallsselskap samler inn, og det var derfor interessant å undersøke forholdet mellom totalt restavfall og innsamlet

matavfall. Hvis man sorterer ut høyere mengder matavfall, kan dette indikere at man har mindre mengde restavfall, da mer avfall materialgjenvinnes. Resultatet er illustrert i figur 4. Prikkene i figuren representerer avfallsselskapene og plasseringen er basert på rest- og matavfall i kg/person/år. Fargene på prikkene indikerer hvilken type pose avfallsselskapet operer med, og størrelsen hvor mange innbyggere de har ansvar for.



Figur 4: Totalt mat- og restavfall med totalt innsamlet matavfall

Noen få ytterpunkter skiller seg ut på grafen, og viser høyere mengder restavfall per person enn resten av kommunene. Rollag og Nore og Uvdal kommune utmerker seg spesielt med henholdsvis 403 og 479 kg/person/år i restavfallsmengde. Både Rollag og Nore og Uvdal kommune har lave innbyggertall, med henholdsvis 1347 og 2411 innbyggere. Ved bruk av plastpose som matavfallspose kan man observere en tendens for at mengden innsamlet restavfall går ned jo større mengden innsamlet matavfall er. For å se nærmere på dette er kun plastposen inkludert i figur 5. Når det gjelder bio- og papirposer, er det ikke en tydelig sammenheng mellom mengden rest- og matavfall per år, da punktene er spredt.

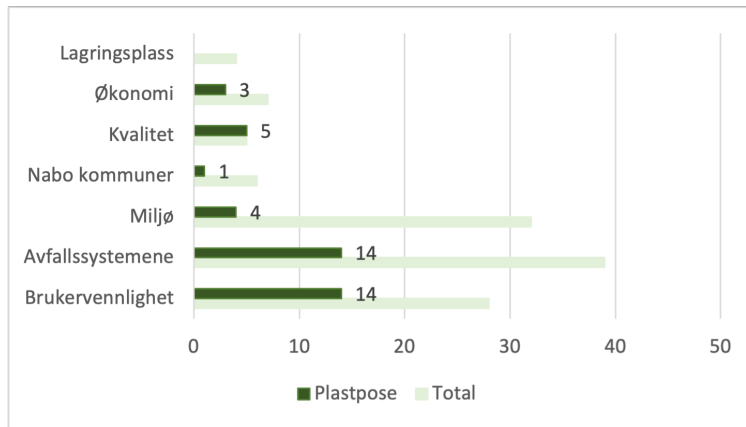


Figur 5: Totalt mat- og restavfall med totalt innsamlet matavfall for plastposen

I figur 5 er kun de avfallsselskapene som operer med plastposen inkludert. Fargene på prikkene representerer hvilken region i Norge avfallsselskapet er lokalisert. En tendens som blir observert er at jo høyere mengden matavfall er, jo lavere blir mengden restavfall. Dette kan forklares ved at de som sorterer ut mye matavfall, har mindre mengde matavfall i restavfallet sitt sammenlignet med de som ikke sorterer ut like mye matavfall.

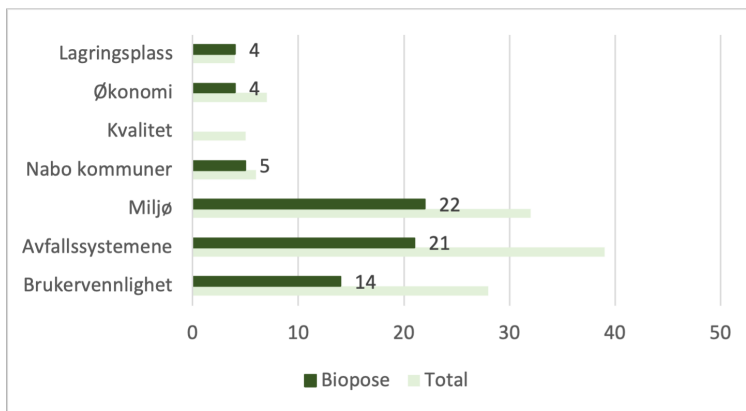
4.1.1 Kriterie for valg av pose

En av problemstillingene for studien gikk ut på å identifisere hva kriteriene for valg av matavfallspose er hos avfallsselskapene. Studien viser at det er syv kategorier som presenterer kriterie for valg av pose. Kategoriene er brukervennlighet, avfallssystemene, miljø, nabo kommuner, kvalitet, økonomi og lagerplass. Figur 6, 7 og 8 illustrerer hvor mange avfallsselskap som har svart de ulike kategoriene av de som har valgt plast, bio- og papirposer. Den mindre tydelige streken representerer det totale antall avfallsselskap som har svart den gjeldende kategorien uavhengig av posetype. Noen av avfallsselskapene har svart flere av kriteriene. I vedlegg 4 er tabell for kriteriene lagt ved.



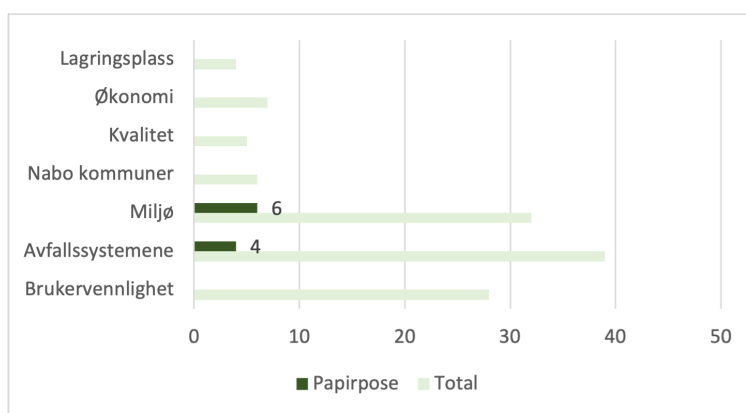
Figur 6: Kriterie for valg av plastpose

Det er 30 avfallsselskap som operer med plastpose som matavfallspose. Av de 30 er det 5 som enten ikke har svart på henvendelser eller ikke har tilstrekkelig med informasjon på sidene sine til å konkludere med hva kriterie for valg av pose er. Figur 6 viser at de to mest vanlige kategoriene er brukervennlighet og avfallssystemer. Sirkula IKS er et eksempel der brukervennlighet på posene har vært en viktig faktor når valget om hva slags matavfallspose de skal ha ble tatt. De hadde tidligere papirposer, men de fikk inn mye klager fra brukerne om at posene revnet og at det kunne komme mark om sommeren (Skogly, E., personlig kommunikasjon, 16.02.23). Videre innebærer kategorien avfallssystemer alle systemer posene skal gjennom fra bruker har kastet posen med matavfall i en avfallsbeholder til det er produsert biogass og biogjødsel. De avfallsselskapene som opererer med optiske sorteringssystemer, som for eksempel Finnmark Miljøtjeneste AS og Remiks miljøpark AS, har svart at en av grunnene for valg av plastposer er på grunn av det optiske anlegget ((Bruvoll, M, personlig kommunikasjon, 16.02.2023), (Handeland, I.S., personlig kommunikasjon, 30.01.2023)).



Figur 7: Bakgrunn for valg av bio-pose

For øyeblikket har 43 avfallsselskap identifisert at de allerede bruker eller planlegger å ta i bruk bio-poseden i sitt ansvarsområde. Av disse har 6 selskap ikke svart på spørsmål om hva som er kriterie for deres valg av pose. I figur 7 kan man se at miljøet er den kategorien som mest begrunner valg av bio-pose, etterfulgt av avfallssystemene. Et eksempel er Sogn interkommunale miljø- og avfallsselskap (SIMAS) som har valgt bio-poseden på bakgrunn av at den er nedbrytbar i komposteringsanlegg (Mortensen, J., personlig kommunikasjon, 17.02.2023). I likhet med SIMAS komposteres også matavfallet hos Lofoten Avfallsselskap. Et av kriteriene for valg av bio-pose var derfor at disse posene kunne komposteres i større anlegg, uten å gjøre det i avfallsbeholderen hjemme hos bruker (Hartviksen, M.K., personlig kommunikasjon, 15.02.23).



Figur 8: Bakgrunn for valg av papirpose

Papirposen er den matavfallsposen som blir brukt minst av de tre alternativene. Av de 9 avfallsselskapene som benytter denne posen er det 8 som har svart på hva kriteriene for valg av pose er. I figur 8 er det presentert at det er kun to av kategoriene som har blitt begrunnet som bakgrunn; miljø og avfallssystemer. Risør og Tvedestrandregionens avfallsselskap AS valgte posen da de hadde komposering frem til 2018, og papirposen ga en enklere komposeringsprosess. Da de byttet til biogassanlegg i 2018 fortsatte de med papirposen da anlegget ga tilbakemelding på at dette ga en enklere prosess sammenlignet med bio-poser (Hagane, T., personlig kommunikasjon, 15.02.23).

4.2 Analyse av innsamlede plukkanalyser

Ifølge plukkanalysene viser det seg at mange avfallsselskap og kommuner opplever at innbyggerne kaster avfall som egentlig kunne blitt kildesortert i restavfallet. For eksempel har SIMAS sin analyse av ansvarsområdet fra 2020 vist at restavfallet består av 4.7 % papp og papir, 27.1 % våtorganisk avfall, 10.0 % plastemballasje, 5.7 % glass- og metallemballasje, 1.1 % farlig avfall og 3.8 % tekstiler (Syed, 2020). Dette vil si at det i snitt er omtrent 52 % av restavfallet

som ikke er sortert riktig, og kunne potensielt blitt materialgjenvunnet. SIMAS bruker bio-pose til å samle inn matavfall. Resultatene fra plukkanalysene varierer mellom de forskjellige avfallsselskapene, men det er tydelig at det er et stort forbedringspotensiale hos innbyggerne når det gjelder kildesortering. I tabell 6 er plukkanalysene oppsummert på type pose. Det er bio-poseden som i snitt har lavest andel matavfall i restavfallet med 24.0%, og er under det totale snittet på 27.0%. Videre blir det også sett på utsorteringsgraden. I utsorteringsgraden blir det sett på hvor mye av det totale matavfallet som havner i matavfallssorteringen.

	Plastposen	Bio-poseden	Papirposen	Totalt
% av matavfall i restavfallet	27.3%	24.0%	29.6%	27.0%
% utsortert matavfall av totalt matavfall	49.8%	45.1%	49.9%	48.98%
Høyeste utsorteringsgrad	72.7% (Sirkula IKS)	79.3% (IATA)	60.3% (Horisont)	-
Laveste utsorteringsgrad	17.5% (SHMIL)	21.7% (FIAS)	39.8% (IHM)	-

Tabell 6: Plukkanalyse resultater

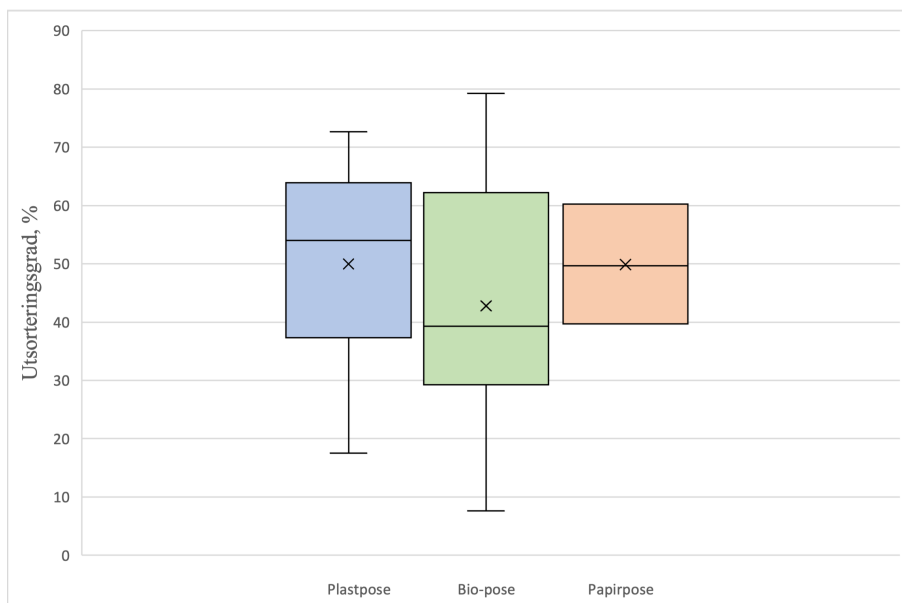
Det avfallsselskapet som har høyest utsorteringsgrad i følge denne studien er Indre Agder og Telemark Avfallsselskap IKS (IATA), med 79.3%, mens Søndre Helgeland Miljøverk IKS (SHMIL) har lavest med 17.5%. IATA bruker bio-poseden, og SHMIL bruker plastpose. For å forbedre utsortereringen av matavfall hos innbyggerne, er det viktig å undersøke hvilke faktorer som kan påvirke utsorteringsgraden. Det har blitt utviklet hypoteser for å identifisere hva påvirkningsfaktorene potensielt kan være. Hypotesene er listet, og resultatene presentert videre i kapitlet.

- Type pose påvirker utsorteringsgraden av matavfall.
- Kommunene og avfallsselskapene med høy andel boliger med mindre areal (under 60 kvadratmeter (kvm)) har lavere utsorteringsgrad av matavfall.
- Kommunene og avfallsselskapene med høy andel boligblokker har lavere utsorteringsgrad av matavfall.
- Kommunene og avfallsselskapene med høy andel fritidsboliger har lavere utsorteringsgrad av matavfall.
- Hva slags utsorteringsystem avfallsselskapet har vil påvirke hvor mye matavfall som blir utsortert.

4.2.1 Utsortering og type pose

I tabell 6 er gjennomsnittstallene for de tre posetyperne med tanke på utsorteringsgrad presentert. Tallene viser at det er liten forskjell i gjennomsnittene mellom de ulike posene. Bio-posedene

har i gjennomsnitt den laveste utsorteringsgraden på 45.12%. Dette er 4,63 prosentpoeng lavere enn den nest laveste, som er plastposen. For plast og papirposen er det kun 0.13 prosentpoeng som skiller dem. Papirposen er den med høyest utsorteringsgrad, på 49.9%. Det er imidlertid kun 3 avfallsselskap som danner grunnlaget for tallene om papirposen, mens for plast og bio-posen er det henholdsvis 16 og 15. I figur 9 er det presentert hvordan utsorteringsgraden varierer avhengig av hvilken pose som blir brukt.



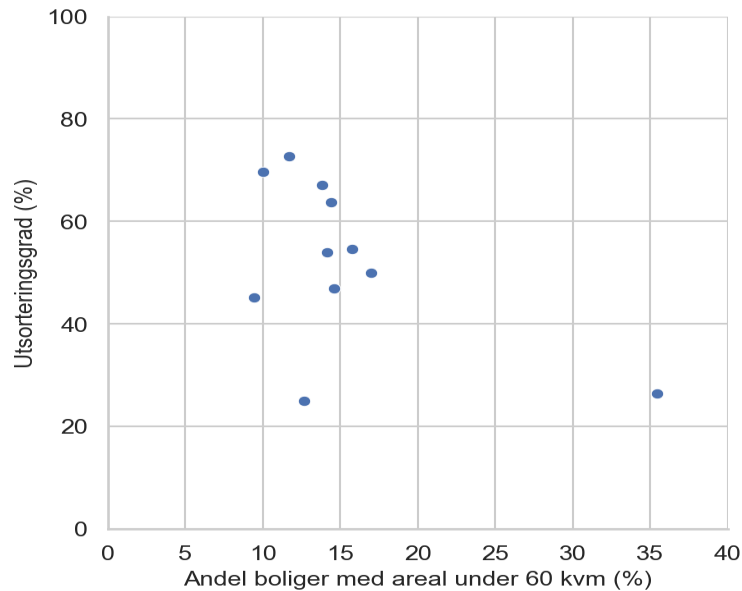
Figur 9: Type pose

Figur 9 er et boksdiagram som viser spredningen av data, og diagrammet presenterer at bio-posen har større spredning av data enn de to andre posene. Videre er papirposen den med minst spredning, men også den posen med minst datapunkter, da kun tre avfallsselskap har gjennomført analyser av avfallet fra papirposen.

4.2.2 Utsortering, areal og type bolig

Ved å innføre matavfallssortering i husholdningene, må husholdningene ha en egen dunk til dette avfallet. Dette krever at kjøkkenbenken må være av en størrelse hvor dette er mulig. I de mindre boligene er det begrenset med plass, og å ha en tilegnet dunk til matavfallet kan være en utfordring. I denne studien har liten bolig blitt definert som en bolig med areal på under 60 kvm. For at andre faktorer ikke skal spille inn på sammenhengen mellom areal og utsorteringsgrad, blir det sett på kun en type pose i en region. Det er samlet inn 16 plukkanalyser der plastposen har blitt benyttet, og av disse er det 11 som er av avfallsselskap fra østlandet. Dette er dermed den regionen og posetypen som har gjennomført flest plukkanalyser, og vil

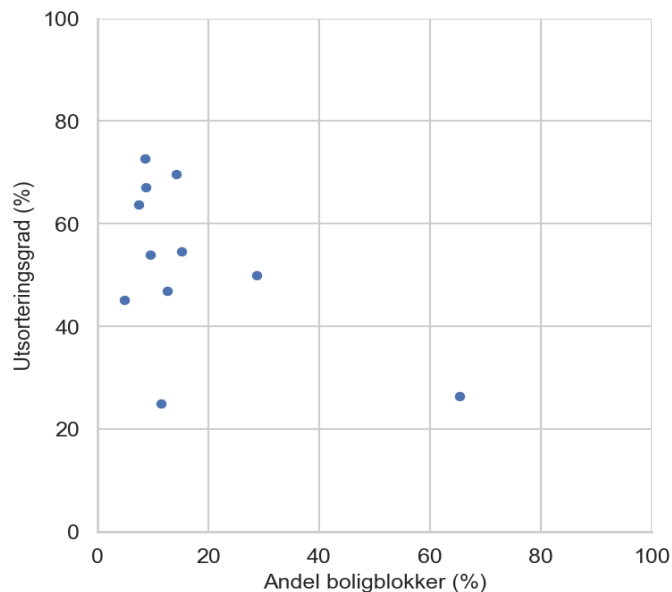
dermed bli undersøkt videre. Forholdet mellom utsorteringsgraden og andel boliger under 60 kvm av de 11 avfallsselskapene er presentert i figur 10.



Figur 10: Areal og andel matavfall utsortert

I tabell 1 i vedlegg 2 er de 11 avfallsselskapene som er illustrert i figur 10 listet. Oslo og Øvre Romerike avfallsselskap IKS (ØRAS) er de som skiller seg mest ut fra de andre da begge har lav utsorteringsgrad. Det som skiller ØRAS og Oslo er at Oslo har en høy andel (35.45%) boliger med areal under 60 kvm, mens ØRAS har lav andel (12.68%). Av de 11 selskapene er det kun ØRAS og Oslo som operer med optiske sorteringssystemer. Sirkula IKS er den av de 11 selskapene som har høyest utsorteringsgrad. Korrelasjonskoeffisienten er for sammenhengen mellom andel mindre boliger og utsorteringsgrad -0.5365 . Som vil si at det er en negativ korrelasjon mellom de to variablene. I dette tilfellet er det ikke nok grunnlag for å si at det er en sterk sammenheng mellom andel boliger under 60 kvm og andel utsortert matavfall, men det er mulig å se en moderat sammenheng mellom de to variablene.

Videre hypotese på boligsituasjonen til innbyggerne var at type bolig kunne påvirke utsorteringsgraden. Ved boligblokker samles matavfallet til flere innbyggere i en dunk, og husholdningene har derfor ikke en personlig dunk utenfor husene. Avfallet blir dermed anonymisert, og utsorteringen kan ikke bli knyttet tilbake til husholdningen. Hypotesen er derfor at innbyggere som bor i boligblokker vil sortere ut mindre matavfall, da det ikke er noen som kan spore avfallet tilbake til den enkelte husholdning. For denne hypotesen blir de samme 11 avfallsselskapene som i figur 10. I tabell 2 i vedlegg 2 er de 11 avfallsselskapene som er illustrert i figur 11 listet.

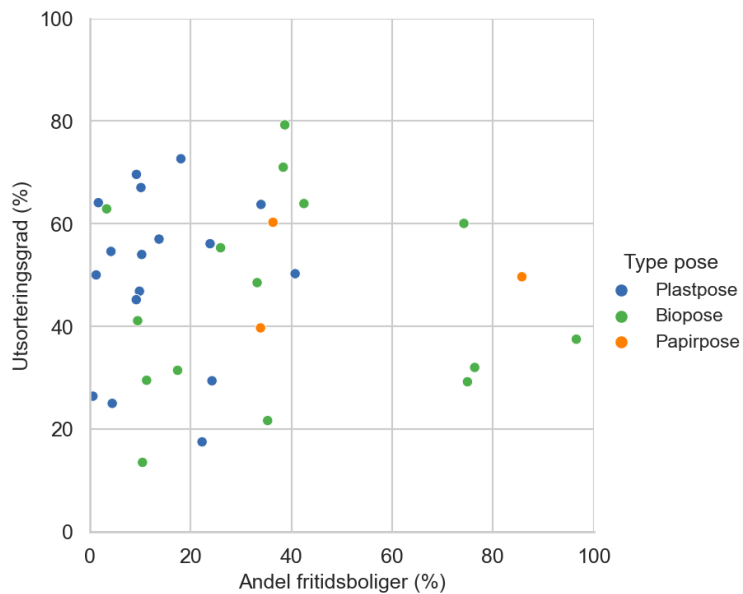


Figur 11: Boligblokk og andel matavfall utsortert

Korrelasjonskoeffisienten er beregnet til -0.5366 . I likhet med areal er det negativ korrelasjon mellom de to variablene. Figur 10 og figur 11 er ganske like og har omtrent lik korrelasjonskoeffisient. Dette kan være fordi det ofte er boligblokker der leilighetene er mindre enn 60 kvm. Grunnet lite datapunkter i grafen og en korrelasjonskoeffisient som ikke er signifikant kan man ikke si det er en tydelig sammenheng mellom de to variablene utsorteringsgrad og andel boligblokker.

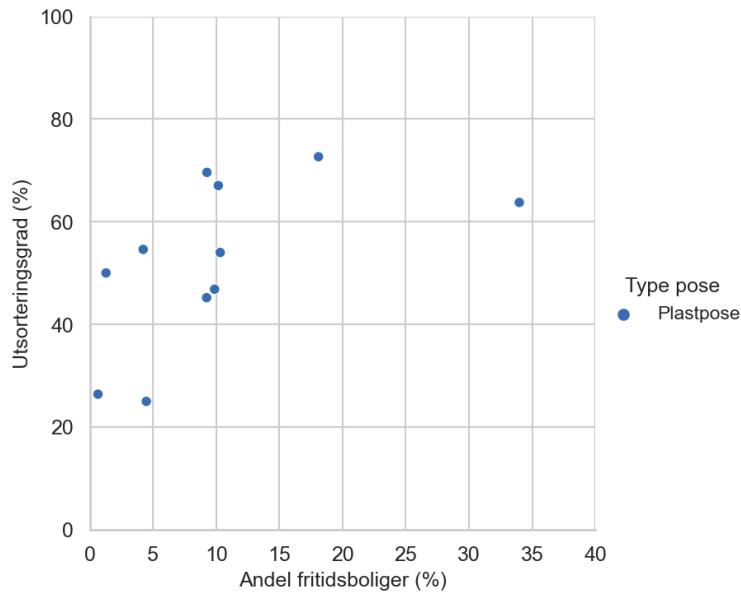
4.2.3 Utsortering og andel fritidsboliger

I enkelte av kommunene er det stor andel fritidsboliger, og det er ikke alle avfallsselskap som har hatt bredt tilbud for utsortering av matavfall for fritidsboligene. Det blir stilt stadige høyere krav til fritidsrenovasjon fra både brukere og i lover (Grønt Punkt Norge (2020), Trondheim kommune (2023)). Hypotesen er derfor at i de kommunene det er høyere andel med fritidsboliger kan man se en lavere utsorteringsgrad i plukkanalysene. Forholdet mellom andel fritidsboliger og utsorteringsgrad er illustrert i 12.



Figur 12: Utsortering og andel fritidsboliger

Det er datapunkter som skiller seg ut med høy andel fritidsboliger. De fem avfallsselskapene som har over 70% andel fritidsboliger er Innherred renovasjon IKS, Reno-vest IKS, Romsdalshalvøya Interkommunale Renovasjonsselskap IKS (RIR), Tinn kommune og HRA. Det er imidlertid ikke tydelig lavere utsorteringsgrad hos disse avfallsselskapene. For at andre faktorer ikke skal spille inn på sammenhengen mellom andel fritidsboliger og utsorteringsgrad, blir det sett på kun en type pose i en region i figur 13.



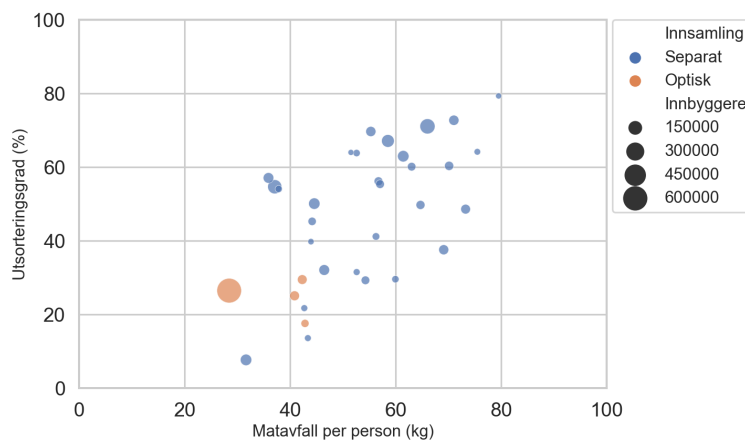
Figur 13: Utsortering og andel fritidsboliger for plastposen

I figur 13 rettes blikket mot plastposene i øst. Datapunktene er presentert i tabell 3 i vedlegg 2. Korrelasjonskoeffisienten er 0.558. Det er positiv korrelasjon mellom de to variablene. Den er ikke signifikant, men det kan observeres at det eksisterer en tendens til økende utsorteringsgrad, i takt med økende andel fritidsboliger i kommunen.

4.2.4 Utsortering og sorteringssystem

Datainnsamlingen viser at det er 9 avfallsselskap som samler inn matavfallet med annet avfall. Av disse er det 7 som opererer med optisk sorteringssystemer og 2 med NIR sortering. Optiske sorteringsanlegg er avanserte systemer som brukes til å sortere og separere ulike typer materialer basert på deres optiske egenskaper. Disse anleggene er spesielt nyttige i avfalls- og gjenvinningsindustrien, der de bidrar til å forbedre effektiviteten og nøyaktigheten i sorteringen av avfallsmaterialer (Alvarez de Davila (2002)).

Av de 7 som har optisk er det 5 av selskapene som har gjennomført en plukkanalyse de siste årene. En av hypotesene går ut på at utsorteringsystemet kan påvirke hvor mye matavfall man får utsortert. Begrunnelsen for dette er at hvis man kaster matavfallet med annet avfall kan det påvirke bruker til å tenke at sorteringen av avfallet ikke er like nøye. I figur 10 og figur 11 er de to med lavest utsorteringsgrad (Oslo og ØRAS) de to som har optisk sorteringssystem. Resultatene av sammenhengen mellom utsorteringsgrad og sorteringssystem er presentert i figur 14.

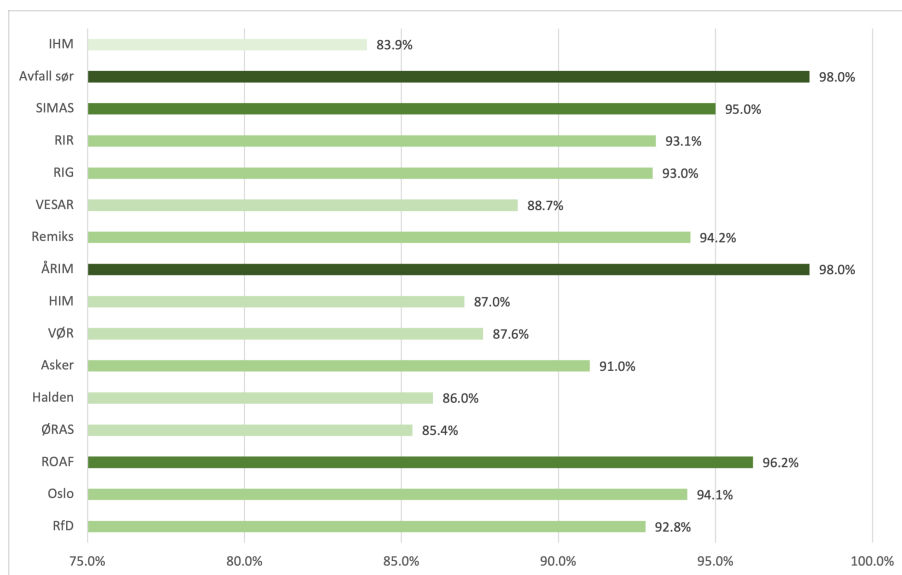


Figur 14: Utsortering og sorteringssystem

Figur 14 representerer avfallsselskapenes utsorteringsgrad, og matavfall i kg/pers/år. Fargene illustrerer hvilke innsamlingsløsning avfallsselskapet har og størrelsen hvor mange innbyggere de har ansvar for. Det er få avfallsselskap som har optisk eller NIR sortering, men de som operer med optisk sortering har alle under 54.6% i utsorteringsgrad, og et gjennomsnitt på 30.6%. Sammenlignet med det totale gjennomsnittet som er på 48.3 %, er det betydelig mindre. Det er allikevel ikke nok datagrunnlag til å si at det er en sammenheng mellom sorteringssystem og utsorteringen av matavfall, da det er kun 4 avfallsselskap med optisk sortering som har gjennomført plukkanalyser. Imidlertid kan man se at det er betydelig mindre utsorteringsgrad blant de avfallsselskapene som operer med optisk sortering sammenlignet med de som har separat sortering.

4.2.5 Renhet i matavfallet

I 21 av plukkanalysene har det kun blitt foretatt analyse av restavfallet. Det betyr at kun 16 analyser har sett på matavfallet, og kan fortelle hvordan sammensetningen til det utsorterte matavfallet er. Siden det er få resultater på renheten i matavfallet vil det ikke være hensiktsmessig å se på eventuelle sammenhenger. Det er allikevel interessant å se på renheten til de avfallsselskapene som har gjennomført analysen, da man kan se hvordan det varierer mellom de ulike avfallsselskapene. De 16 avfallsselskapene som har resultater for renhet i matavfallet er presentert i figur 15.

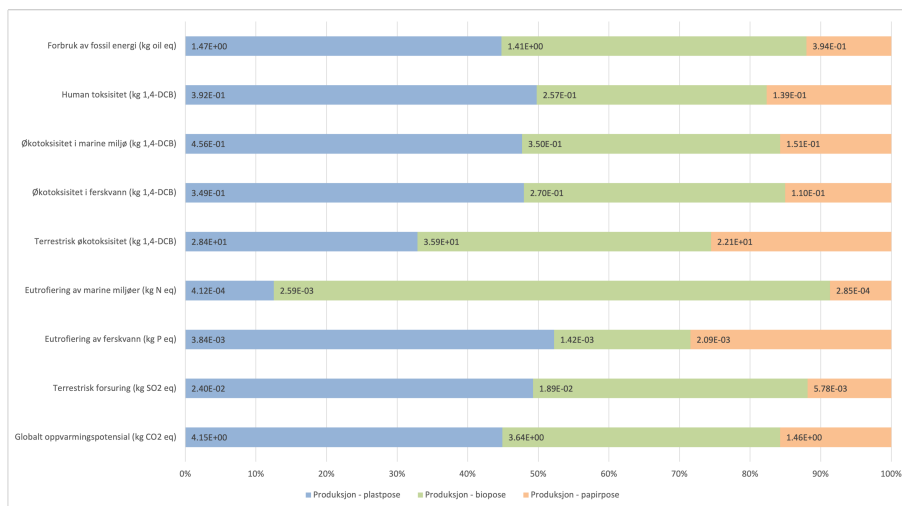


Figur 15: Renhet i matavfallet

To av avfallselskapene, ÅRIM med plastpose og Avfall Sør med bio-pose, har oppnådd 98.0% riktig sortering for matavfall. På den annen side har Indre Hordaland Miljøverk (IHM) med papirpose, den laveste andelen riktig sortert matavfall på 84%. Det er verdt å merke seg at IHM er det eneste avfallselskapet med papirpose som har utført plukkanalyser på matavfallet i løpet av de siste årene.

4.3 Livssyklusanalyse resultater

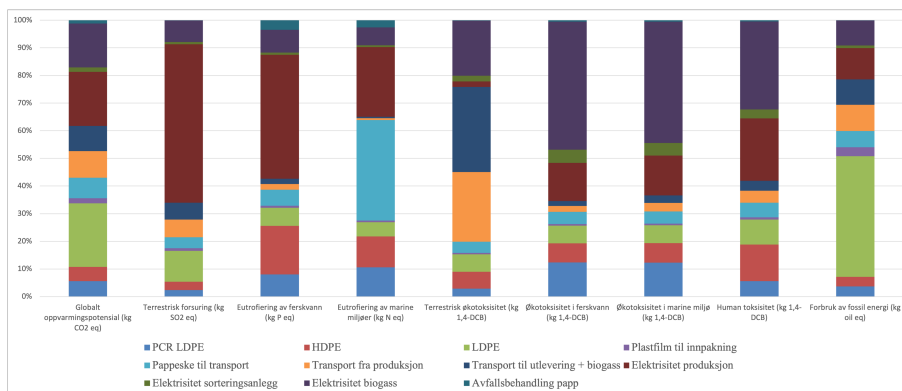
Resultatene fra LCA gjennomført på produksjon og biogassanlegget vil bli presentert. Det vil først bli sett på resultatene av den totale påvirkningen fra de tre posene i de ni påvirkningskategoriene, og sammenligne disse. Videre vil det bli sett på hva som er årsaken til påvirkningene for hver av posene. I tabell 1 i vedlegg 3 er resultatene fra analysen av sammenligningen av matavfallsposene presentert. I denne analysen blir det sett på systemet definert i figur 1. Resultatene er for frakt av 1 kilo matavfall, og for alle posene er dette produksjon av en matavfallspose. I figur 16 er resultater for miljøpåvirkningskategoriene som er fokuset på i studien illustrert for alle tre posene. Figuren viser sammenligningen av påvirkningen mellom de tre posetypene.



Figur 16: ReCiPe (H) 2016 Midpoint - Sammenligning av plast-, bio- og papirpose

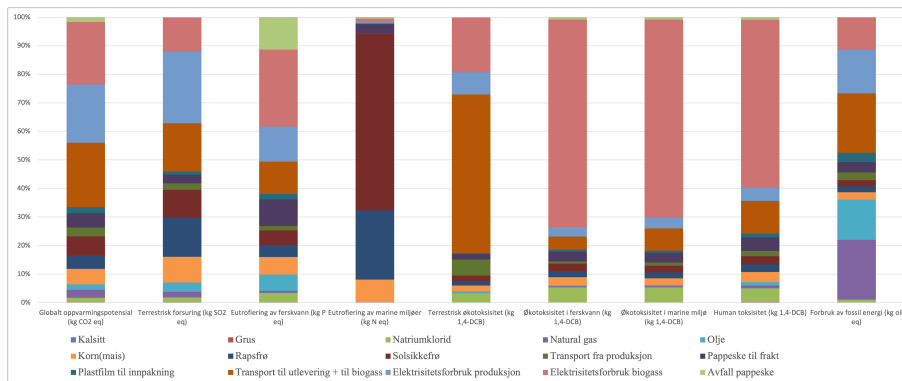
I følge resultatene fra LCA av produksjonen til RBA er det papirposen som har minst påvirkning i åtte av de ni påvirkningskategorier presentert i figur 16. Dataene viser at plastposen er den største påvirkeren når det gjelder syv av ni påvirkningskategorier. Disse er globale oppvarmingspotensialet (GWP), terrestrisk forsurening, ferskvann forsurening, økotoksisitet i ferskvann, økotoksisitet i marine miljøer, human toksisitet og bruk av fossil energi. Med en GWP-verdi på $4.15E+00$ kg CO₂ eq/enhet, er det en betydelig høyere påvirkning på miljøet enn papirposen, som har $1.46E+00$ kg CO₂ eq/enhet. Bio-posen har en GWP på $3.64E+00$. For eutrofiering i marine miljøer og terrestrisk økotoksisitet er det bio-posen som har høyest påvirkning av de tre posene, med henholdsvis $2.59E-03$ kg N eq/enhet og $3.59E+01$ kg 1,4-DCB/enhet. I marine miljøer og terrestrisk økotoksisitet har plastposen henholdsvis $4.12E-04$ kg N eq/enhet og $2.84E+01$ kg 1,4-DCB/enhet, mens papirposen har henholdsvis $2.85E-04$ kg N eq/enhet og $2.21E+01$ kg 1,4-DCB/enhet. Kategorien der papirposen ikke har minst påvirkning er eutrofiering i ferskvann. I denne kategorien har bio-posen lavest påvirkning med $1.42E-03$ kg P eq/enhet, mens papirposen har $2.09E-03$ kg P eq/enhet og plastposen $3.84E-03$ kg P eq/enhet. Videre er alle påvirkningene illustrert i figur 16, og presentert i tabell 1 i vedlegg 3.

Videre ble det sett på hva som påvirker innenfor de ulike posene. I figur 17 er det illustrert hvilke av de ulike prosessene som bidrar til påvirkningen for plastposen. Figuren er relativ. For GWP er det bruk av LDPE i posen og elektrisitetsforbruket til produksjonen i Bosnia-Hercegovina som har størst innvirkning ved produksjon av plastposen. Generelt er det elektrisitetsforbruket og transporten som påvirker i flere kategorier. Videre er resultatene lagt frem i tabell 2 i vedlegg 3.



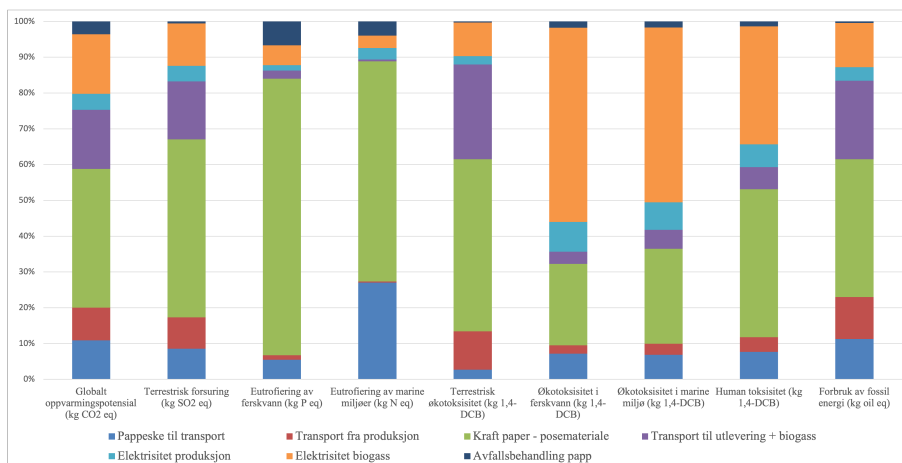
Figur 17: ReCiPe (H) 2016 Midpoint - Plastpose resultater

I figur 18 er de prosessene som bidrar til utslipp fra produksjon av bio-posen framstilt. Når det gjelder påvirkningsfaktorer, viser studien at i likhet med plastposen er det elektrisitetsforbruket og transport er en betydelig faktor i flere kategorier når det gjelder bio-posen. Når det gjelder eutrofiering i marine miljøer, er det derimot solsikkefrø, som brukes i produksjonen av Mater-BI, som bidrar mest til utslippene for denne faktoren. For terrestrisk økotoxisitet er det transporten som har høyest effekt for bio-posen. Resultatene er lagt frem i tabell 3 i vedlegg 3.



Figur 18: ReCiPe (H) 2016 Midpoint - Bio-pose resultater

Ifølge studien har papirposen minst påvirkning på åtte av påvirkningsfaktorene. Eutrofiering i ferskvann er den faktoren der bio-posen har lavest påvirkning. Figur 19 viser de ulike prosessene som fører til utslipp i forbindelse med produksjonen av papirposen. Kraftpapirmaterialet bidrar mest til utslippene i alle påvirkningsfaktorene for papirposen, etterfulgt av elektrisitetsforbruket på biogassanlegget. Resultatene er lagt frem i tabell 4 i vedlegg 3.

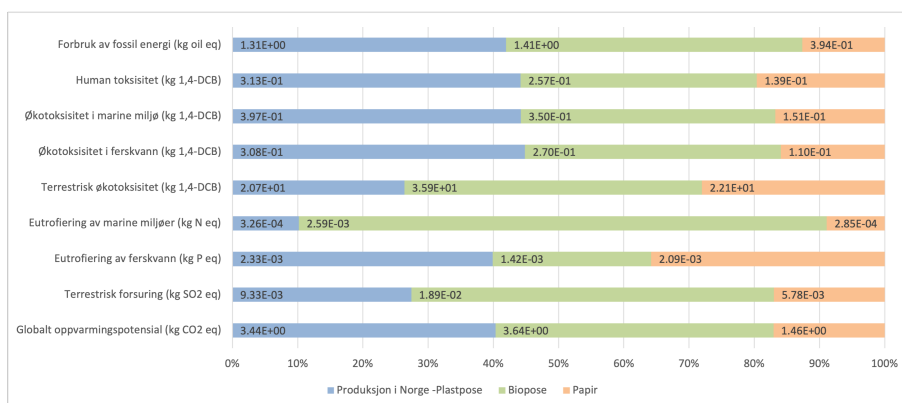


Figur 19: ReCiPe (H) 2016 Midpoint - Papirpose resultater

Det er imidlertid plastposen som har høyest miljøpåvirkning i flest av kategoriene som har blitt fokusert på i denne studien. Avhengig av hvilke påvirkningsfaktorer man velger å fokusere på vil figur 16 fortelle hvilke av de ulike posene som har minst påvirkning. Blant de ni påvirkningsfaktorene som er valgt som fokus for denne studien er det papirposen som har minst påvirkning på miljøet ved å se på produksjonen av posen.

4.3.1 Sensitivitetsanalyse

Det ble gjennomført en sensitivitetsanalyse av dataene for å evaluere hvordan usikkerhet og variasjon i inputdataene påvirker resultatene av analysen. De tre posene vurdert i denne studien er alle produsert i forskjellige land. Det var derfor interessant å se på hvordan resultatene hadde blitt om produksjonen hadde foregått i Norge for plastposen. I figur 20 er resultatene for alle tre posene. For bio- og papirposen er resultatene tatt fra utgangspunkt scenarioet, mens plastposen har flyttet produksjonen til Norge.



Figur 20: ReCiPe 2016 Midpoint (H) - Sensitivitetsanalyse

I det nye scenarioet har papirposen lavest påvirkning i syv av ni påvirkningskategorier. I utgangspunkt scenarioet er det plastposen som har høyest påvirkning i syv av ni kategorier. For scenarioet med produksjon i Norge er det imidlertid fire påvirkningskategorier der plastposen har høyest påvirkning. Ved produksjon av plastpose i Norge har bio-posen størst påvirkning i fem kategorier. Figur 20 illustrerer. Sammenligning av plastposens påvirkning i de to scenarioene er lagt frem i tabell 7. I tabellen er også endring i utslipp i % for plastposen inkludert.

Impact category	Utgangspunkt (plastpose)	Produksjon Norge (Plastpose)	Endring
Globalt oppvarmingspotensial (kg CO ₂ eq)	4.15E+00	3.44E+00	-17%
Terrestrisk forsuring (kg SO ₂ eq)	2.40E-02	9.33E-03	-61%
Eutrofiering av ferskvann (kg P eq)	3.84E-03	2.33E-03	-39%
Eutrofiering av marine miljøer (kg N eq)	4.12E-04	3.26E-04	-21%
Terrestrisk økotoksisitet (kg 1,4-DCB)	2.84E+01	2.07E+01	-27%
Økotoksisitet i ferskvann (kg 1,4-DCB)	3.49E-01	3.08E-01	-12%
Økotoksisitet i marine miljøer (kg 1,4-DCB)	4.56E-01	3.97E-01	-13%
Human toksisitet (kg 1,4-DCB)	3.92E-01	3.13E-01	-20%
Forbruk av fossil energi (kg oil eq)	1.47E+00	1.31E+00	-11%

Tabell 7: Sensitivitetsanalyse resultater fra plastposen

Plastposen ble originalt produsert i Bosnia-Hercogovia, og hadde en transport på 2421 km. Ved å ta bort transportkostnaden og endre elektrisitetsforbruket til Norge blir det reduksjon i alle påvirkningskategoriene sett på i studien. Den største reduksjonen er i terrestrisk forsuring med en reduksjon på 61%, etterfulgt av eutrofisering av fersvann med 39% reduksjon. Påvirkningen ble redusert, men papirposen er fortsatt den med lavest påvirkning i flest påvirkningsfaktorer.

5 Diskusjon

I dette kapitlet vil resultatene av studien bli diskutert. Det blir sett på og diskutert rundt de ulike kriteriene for valg av pose og hva resultatene av utsorteringsgrad analysene viser. Videre vil data og resultat i LCA bli tolket.

5.1 Kriterie for valg av pose

Det første som skal bli sett på er de ulike kriteriene for valg av pose. Datainnsamlingen viser at kriteriene for valg av matavfallspose kan deles inn i syv kategorier; brukervennlighet, avfallssystemene, miljø, nabokommuner, kvalitet, økonomi og lagringsplass. Resultatene fra analysene av datainnsamlingen, plukkanalysene og LCA-en vil danne grunnlag for diskusjonen rundt de ulike kategoriene.

5.1.1 Brukervennlighet

Litteraturstudien og datainnsamlingen har vist at brukervennligheten til posen er svært viktig faktor for valg av matavfallspose hos flere av avfallsselskapene. Som presentert i figur 6 var det 14 av 24 avfallsselskap som svarte at de har valgt plastposen på bakgrunn av at den var brukervennlig. I likhet med plastposen var det 14 av avfallsselskapene som svarte de valgte bio-posen på bakgrunn av brukervennlighet. For papirposen er det ingen av avfallsselskapene som har valgt denne på bakgrunn av brukervennlighet.

Datainnsamlingen i studien viser at papirposen ikke oppfattes som like brukervennlig som de to andre alternativene. Basert på avfallsselskapenes erfaringer blir plastposen sett på som svært brukervennlig sammenlignet med de andre alternativene (IVAR (2018a), SØIR (2018)). Videre er bio-posen mer brukervennlig sammenlignet med papirposen, men ikke like brukervennlig som plastposen (Halstensen, K. (15.02.2023), Elstad, E. (17.02.2023), Innherred Renovasjon (2021)). Derimot viser brukerundersøkelser gjort i sammenheng med *Plastfri innsamling av matavfall* at bruk av papirposen virker å være en vanesak. Testen gjort av HRA sine brukere er 2 av 3 fornøyde med papirposen. HRA er et av avfallsselskapene som operer med papirposen fra før, og brukerne er vandt med bruk av papirposen (Marthinsen, 2022). Videre bekrefter datainnsamlingen fra avfallsselskapene i denne studien at for de brukerne som har hatt papirposen i flere år, er ikke håndteringen av posen et problem. Hos VKR opplever de lite negative tilbakemeldinger tross bruk av papirpose for utsortering av matavfall. VKR har benyttet denne posen i en årrekke (Harrang, E., personlig kommunikasjon, 15.02.2023).

I Fredrikstad har de introdusert matavfallssortering nylig, og gjennomførte tester av de ulike posene hos sine innbyggere. De endte opp med å få en del dårlige tilbakemeldinger ved test av

papirposen, og valgte ikke denne posen. De valgte derimot en kombinasjon av plast- og bio-poser (A. Svendsen, personlig kommunikasjon, 30.05.2023). Videre testet *Plastfri innsamling av matavfall* bio- og papirposen på Vestfold avfall og ressurs AS (VESAR). Tilbakemeldingene var at 60% var lite fornøyd med papirposen, og over 70% var fornøyde med bio-posen. I VESAR bruker de bio-posen til vanlig (Marthinsen, 2022). Et par eksempler der tilfredsheten har økt ved bruk av bio-poser istedenfor papir hentet fra datainnsamlingen er fra Dalane Miljøverk AS (DIM) og ØyVAR AS. DIM gjennomførte en test i 2009 etter bytte fra papir til bio-poser, og tilfredsheten hadde økt fra 56% til 66% (Halstensen, K., personlig kommunikasjon, 15.02.2023). I likhet med DIM opplevde ØyVAR AS økt tilfredshet ved bytte fra papir til bio-pose (Elstad, E., personlig kommunikasjon, 17.02.2023).

Til tross for at det kan virke som papirposene er en vanesak, har det vært avfallsselskap som har opplevd å få en del klager på papirposene der de har blitt brukt over lenger tid. Sirkula IKS fikk inn en del klager når de opererte med papirposer da de kunne revne og det oppsto mark i matavfallet på sommeren. Om vinteren satt posen seg fast i beholderen, og de bruker derfor plastposen nå (Skogly, E., personlig kommunikasjon, 16.02.2023). Hvis brukerne ikke er fornøyd med den posen som har blitt valgt kan dette bidra til at man heller velger å ikke sortere ut matavfallet eller sorterer ut i liten grad (IVAR (2018a), Furunes (2017)). Det er derfor viktig for avfallsselskapene at kundene er fornøyde for å få et optimalt matavfallsortering system og øke materialgjenvinningsgraden. Resultatene presentert i tabell 6 viser at papirposen er den med høyest utsorteringsgrad, med 49.9%. Det er derimot kun tre avfallsselskap i denne beregningen, sammenlignet med bio- og plastposen som har 15 og 16 avfallsselskap.

5.1.2 Avfallssystemene: Innsamling og sortering

Innsamlingen av avfallet skjer på ulike måter, enten separat eller med annet avfall. Separat innsamling innebærer at ulike avfallstyper blir samlet i separate avfallsbeholdere. Resultatene fra innsamlingen av data viser at dette er et avfallssystem som blir brukt av flest avfallsselskap i Norge, og at ved bruk av separat utsortering blir alle de tre posetypene benyttet. I likhet med Sirkula IKS har Midt-Gudbrandsdal Renovasjonsselskap hatt problemer med fryst matavfall i de separate beholderne om vinteren (M.G. Hernæs, personlig kommunikasjon, 14.02.2023). En av kriteriene for valg av plastposen til deres matavfallssystem er derfor basert på innsamlingensmetoden de operer med, slik at posene ikke sitter fast i avfallsbeholderne.

For optisk sortering viser datainnsamlingen at det kun blir brukt plastposer i Norge. Det er avgjørende å ha en pose som tåler behandlingen, da tap av verdifullt matavfall som kan brukes til å produsere biogass og biorest kan oppstå hvis posen blir ødelagt. Videre vil eventuelle

brudd på posene føre til betydelig søl og hyppigere behov for rengjøring. Basert på datainn-samlingen vil plastposer tåle behandlingen som skjer i et slikt anlegg ((Hansen, M.H, personlig kommunikasjon, 15.02.2023), (Handeland, I.S., personlig kommunikasjon, 30.01.2023)). Telge Återvinning i Södertälje har imidlertid utviklet en papirpose som vil fungere i sorteringsanlegg (Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 12.04.2023). Dette kan legge tilrette for at avfallsselskap med optisk sorteringsanlegg kan velge andre poser enn plastposen i fremtiden.

5.1.3 Avfallssystemene: Behandlingsanleggene

Enkelte avfallsselskap har svart at de har valgt avfallsposen på bakgrunn av behandlingsanlegget som behandler matavfallet. Et av disse er HRA, som har et biogassanlegg der temperaturen er for lav og oppholdstiden for kort til å kunne bryte ned bio-posen. Ved denne type behandling blir bio-posen mykgjort og samler seg i tyggegummi lignende klumper som må bli fjernet manuelt. Papirposen er derfor et bedre alternativ da den løses opp effektivt og brytes fullstendig ned (Krågsrud, Å.T., personlig kommunikasjon, 24.02.2023). Dette problemet har imidlertid ikke alle biogassanlegg i Norge. Ecopro AS mener dette ikke er et problem i deres anlegg. De mottar matavfall i bio-poser fra avfallsselskap som leverer til dem, og disse er ikke med på å påvirke driften av anlegget (Fløan, T., personlig kommunikasjon, 03.11.2022).

Videre er det i likhet med biogassanleggene problemer i komposteringsanleggene ved bruk av enkelte av posene. Solør Renovasjon IKS (SOR) sender avfallet til et substratanlegg og videre til biogassanlegg i dag, men da de valgte posen behandlet de matavfallet i et komposteringsanlegg. Grunnet plastposer og bio-poser gjorde at matavfallet ikke fikk tilstrekkelig luft, begynte ikke utråtningsprosessen på en god måte. Det ble derfor valgt papirpose til matavfallssortering (Aaslie, J.A., personlig kommunikasjon, 20.02.2023). I tillegg til problemer med prosessene i anleggene er det også et miljøaspektet ved hvorvidt bio-plasten faktisk blir brutt ned i anleggene om denne posen kan brukes i anleggene. Dette diskuteres videre i kapittel ”5.1.5. Miljø: Mikroplast og nedbrytbart materiale”.

5.1.4 Miljø: Miljøpåvirkning

Resultatene fra LCA av de tre posene viser at det er papirposen som påvirker minst i åtte av ni produksjonskategorier. Det er totalt 32 avfallsselskap som har svart at bakgrunn for valg av pose er relatert til miljøet enten på bakgrunn av nedbrytbarpose eller ved at de regner med å få redusert andelen matavfall som havner i restavfallet. Miljøet er dermed den nest største kategorien etter avfallssystemene. Det er derfor grunnlag for at avfallsselskapene er interessert i hvilken av posene som har størst påvirkning på miljøet. Analysene viser til at det er papirposen som har minst påvirkning på miljøet. Det er imidlertid kun 9 avfallsselskap som har valgt å operere med denne posen.

5.1.5 Miljø: Mikroplast og nedbrytbart materiale

Et problem knyttet til bioresten som blir produsert av matavfallet fra husholdningene er at pose materialet ved bruk av bio-pose eller plastpose kan ende opp i bio-gjødselet. Det vil dermed bli spredd utover jordene til bøndene som bruker dette gjødselet, og kan være med på å forurense jordene med mikroplast (Gulden, 2019). Matavfallsposene i plast skal bli fjernet i prosessen i biogassanlegget. Det er presentert i tabell 7 i vedlegg 1 at pose materialet blir fjernet i forbehandlings-stadiet, og tar med seg 2% av matavfallet. LCA-en som er gjennomført i denne studien vurderer ikke mikroplasten som kan komme ved matavfallssortering hos husholdninger. At alt pose materiell blir fjernet er det mest ønskelige scenariet. Det har imidlertid blitt vist at dette ikke alltid er tilfellet, og noe av pose materialet, i tillegg til potensielle feilsorterings, kan ende opp i bioresten (Gulden, 2019).

Det er flere kommuner som har valgt å ikke benytte seg av enten plast- eller bio-posen på bakgrunn av de ikke ønsker mikroplast i bioresten. For eksempel har Karmøy kommune ikke valgt plastposen på bakgrunn av potensielt å øke mengden mikroplast, de har heller gått for bio-posen (Heggheim, T., personlig kommunikasjon, 07.02.23). Imidlertid så har BIR AS valgt å gå for papirposen, da de ser at det tidligere har vært problemer med mikroplast ved bruk av bio-posene selv om de skal være nedbrytbare i komposteringsanlegg (Relling, B., personlig kommunikasjon, 02.10.23). Selv om et materiale blir kategorisert som nedbrytbart er det faktorer som kan påvirke hvorvidt det faktisk blir brutt ned. For eksempel vil den nedbrytbare plasten brytes ned i ulik hastighet i ulike klima (Hann mfl., 2018). I denne studien blir det sett på klimaet i Norge. For at den nedbrytbare plasten faktisk skal bli brutt ned trenger den høye temperaturer (50-60 grader) over lenger tid. Denne temperaturen over tid får man ikke i naturen. Noen former for nedbrytbar plast vil heller ikke nedbrytes i biogassanlegg som behandler matavfall uten høy varme i omtrent en måned (Avfall Norge, 2020). Et eksempel er HRA, som bruker papirposer på bakgrunn av at bio-posene ikke vil brytes ned i deres biogassanlegg (Krågsrud, Å.T., personlig kommunikasjon, 24.02.2023). Basert på samtaler med avfallsselskapene virker som det er ulik oppfatning om hvilke poser som kan brytes ned og hvilke som bidrar til mikroplast i bioresten. Biogassanleggene operer også med ulike teknologier, noe som kan påvirke hvorvidt pose materialet brytes ned.

5.1.6 Logistikk

Logistikken rundt avfallssystemene i de ulike kommunene kan være utfordrende, spesielt med tanke på ressurser som er tilgjengelig. Det er derfor hensiktsmessig for enkelte avfallsselskap å samarbeide med nabo kommuner. Et eksempel på dette er Hægebostad og Åseral renovasjonsselskap IKS (HÅR). HÅR valgte bio-posen grunnet dette var avfallsposen som Setesdal miljø og gjenvinning IKS (SMG) hadde valgt, og de kunne dermed dele lagerplass. De valgte

bio-posene (HÅR IKS, personlig kommunikasjon, 06.12.2023). Ved å gjennomføre logistikken rundt matavfallsposene på denne måten vil begge avfallsselskapene spare ressurser.

Videre tar posene opp plass i transport, på lager og hos brukeren. Plast- og bio-posene blir levert i ruller, og kommer derfor i større kvanta enn papirposen. Det bekreftes i råvaredata innsamlingen til LCA i studien. I en last med papirposer blir det transportert omtrent 1 000 000 poser (Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 12.04.2023), mens bio-posene blir levert 3 000 000 stk per last (Glomvik, M., personlig kommunikasjon, 02.05.2023). En last med plastposer kan transportere 1 462 600 poser ((Iversen, J., personlig kommunikasjon, 16.03.2023)). Hvis posene tar opp mer plass vil det føre til behov for større lagerplass og flere transportrunder for å distribuere samme mengde poser. Dette vil dermed øke behovet for ressurser med tanke på distribusjon, og øke miljøpåvirkningen som kommer av matavfallsposene. Et eksempel hvor lagerplass og distribusjon var en faktor er TRV. For TRV var lagerplass og distribusjon, i tillegg til miljøet, bakgrunn for valg av bio-posen, da de måtte funnet større lagerplass hvis de skulle valgt papirposen (Borgersen, C.Ø., personlig kommunikasjon, 04.10.2022).

5.1.7 Kvalitet

Kvaliteten og materialene som posen består av har vært en faktor hos enkelte avfallsselskap når de har bestemt seg for hva slags type pose de vil distribuere ut til sine brukere. Kvaliteten baserer seg enten på om de ønsker at den skal tåle behandlingen i de ulike systemene eller hva slags materiale posen er laget av. Kvaliteten på posen i behandlingssystemene er diskutert tidligere, og fokuset for dette delkapittelet blir derfor på materialet i posen. Et eksempel der materialet er med på å påvirke beslutningen om type pose er Midtre Namdal Avfallsselskap IKS (MNA). MNA ønsker å begrense mengden plast i omløp og har derfor valgt bio-posen. Videre ønsker de å velge en pose som er laget av 100% fornybare råvarer, mens den samtidig kan holde matavfall i inntil fire uker av gangen. De har imidlertid ikke klart å finne en pose som tilfredsstiller disse kravene, og har derfor gått for en bio-pose som er av 50% fornybare råvarer og 20% resirkulerte råvarer, men jobber stadig med å finne en pose som er av 100% fornybare råvarer (Nesser, T., personlig kommunikasjon, 20.02.2023).

5.1.8 Økonomi

Økonomi ble identifisert som et potensiell kriterie for valg av pose, og det fokuseres på pris som faktor. I de andre kriteriene, som lagerplass og nabo kommuner, kan reduserte kostnader være en effekt av denne faktoren. Det er imidlertid fokusert på de avfallsselskapene som velger en pose ovenfor en annen på bakgrunn av at den ene er billigere enn den andre under dette delkapittelet. I utspørringen av avfallsselskapene har det kommet frem at det blir lagt ut anbud på matavfallsposene, og det selskapet som kan tilby posen som best tilfredsstiller kravene som

er satt blir valgt. I disse anbudsrundene er det flere som har svart at pris er en av faktorene de vurderer og bestemmer pose ut i fra. SIMAS og Nordfjord Miljøverk IKS(Nomil) er to av avfallsselskapene som har svart at pris, i tillegg til evne til å bryte ned i anlegg, er hvorfor de har valgt bio-posen de har i dag (Mortensen, J., personlig kommunikasjon, 17.02.2023; Bereksten, J., personlig kommunikasjon, 15.02.2023). I tillegg til å vurdere hvilken leverandør som leverer den type posen som best tilfredsstillter kravene, er det også økonomi som hindrer enkelte av avfallsselskapene i å endre hva slags type pose de operer med. Et eksempel på dette er Indre Østfold Renovasjon IKS (IØR), som bruker plastposen da den er billigere enn de to andre alternativene, og er mer brukervennlig (Matre, T., personlig kommunikasjon, 13.12.2022).

5.2 Utsorteringsgrad

Det ble etablert fem hypoteser som ble testet med tanke på utsorteringsgraden. Målet var å kunne identifisere faktorer som kan påvirke hvor bra innbyggerne sorterer avfallet sitt.

5.2.1 Type pose

En av hypotesene i studien var at utsorteringsgraden kom til å endre seg ut i fra hvilken pose som blir brukt. Resultatene viser imidlertid at det er liten forskjell i gjennomsnittlig utsorteringsgrad for de tre posene. Det er derfor mulig å anta at basert på denne studien vil ikke hva slags type pose man velger påvirke hvor flinke innbyggerne er til å sortere ut matavfallet. Det er imidlertid flere avfallsselskap som ikke har gjennomført plukkanalyser og resultatene kan potensielt bli forandret når man ser på flere analyser.

I figur 9 vises spredningen av dataene for de tre posene. Spredningen er størst for bio-posene, og papirposen har lavest. Den laveste verdien registrert for papirposen er 39.70%, høyeste 60.27% og gjennomsnittsverdi på 49.9%. Papirposen har dermed høyeste gjennomsnitts utsorteringsgraden, i tillegg til den høyeste laveste utsorteringen. Resultatene viser dermed at papirpose har en mer stabil utsorteringsgrad av matavfall. Det kan være på bakgrunn av at når man innfører papirpose som matavfallspose må man lære opp befolkningen i hvordan å gjøre dette på best måte, da det kan være utfordringer knyttet til ukorrekt bruk (BIR, udatert). Man skaper da en bevissthet og holdning hos befolkningen om utsortering av matavfall. Det er imidlertid kun tre plukkanalyser fra papirposen samlet inn for studien. Dette er på grunn av at flere avfallsselskap som operer med papirposen ikke har gjennomført plukkanalyser på sitt avfall.

5.2.2 Areal og type bolig

Videre ble det utviklet hypotese om påvirkningen av areal og boligtype på utsorteringsgraden. Resultatene viste at det ikke var nok datagrunnlag for å kunne si om det er en sammenheng mellom utsorteringsgraden og disse to faktorene. Man kunne imidlertid se en potensiell trend ved at i områdene der det var høyere andel boligblokker og boliger med areal under 60 kvm sorterte ut mindre avfall. I større boliger er det vanligvis mer plass tilgjengelig for å installere egnede oppbevaringsbeholdere for matavfall. Det kan også bli generert mer matavfall da man kan ha flere beboere eller større husholdninger. Flere beboere i en husholdning øker avfallsmengden, da SSB sine tall viser avfallsmengden per person (SSB, 2022). For mindre boliger som ikke produserer så mye matavfall kan man dermed tenke at det er lite vits å sortere ut avfallet når man i utgangspunktet ikke produserer store mengder matavfall.

En av bakgrunnene for teorien med at andel boligblokker av total boliger i området kunne være med på å påvirke følelsen av anonymiseringen av avfallet. Det er vanskelig å skulle finne tilbake til den husholdningen som har sortert feil i et system hvor det er flere som kaster matavfallet på samme sted. I motsetning er separate dunker ved eneboliger enklere å identifisere hvem som har sortert feil, og man kan potensielt føle et større behov for å sortere riktig. Det er imidlertid ikke vist i studien at det er en tydelig sammenheng mellom andel boligblokker i området og utsorteringsgraden.

5.2.3 Fritidsboliger

Studien viser ikke at det er sammenheng med andel fritidsboliger og utsorteringsgrad ved å se på alle plukkanalysene gjennomført på samtlige matavfallsposer. Fokuserer man imidlertid kun på de 11 avfallsselskapene som er i øst og operer med plastposer er det en tendens der man ser at jo høyere andel fritidsboliger, jo høyere utsorteringsgrad har avfallsselskapet. Denne trenden er motsatt av teorien hypotesen bygger på. Teorien var at på bakgrunn av dårligere systemer for utsortering av matavfall i enkelte av områdene med fritidsboliger ville det være en lavere utsorteringsgrad for steder med mange fritidsboliger.

På bakgrunn av at resultatene viser motsatt, kan man tenke seg at områder der det er høy andel av fritidsboliger ha etablerte og gode avfallssystemer (Grønt Punkt Norge, 2020). Områder der det er liten andel fritidsboliger kan det tenkes at det ikke er like stort behov for avfallssystemer å etablere avanserte systemer, da det er små avfallsmengder som blir produsert sammenlignet med ressursene det kreves for å etablere et system og regelmessig holde det ved like. I likhet med lite fritidsboliger i et område er generelt lite boliger i områder med på å gjøre avfallshåndteringen mer komplisert. Et eksempel på dette er Senja Avfall Miljø AS. De har ikke matavfallssortering, men har hatt det tidligere. Da logistikk med kompostering ikke

gikk opp, og det ikke er biogassanlegg i nærheten har de valgt å ikke ha matavfallsinnsamling. Innsamlingsrutene som de operer er lange og utilgjengelige, og potensiell innføringen vil ikke være fornuftig miljømessig (Karolius, B., personlig kommunikasjon, 07.02.2023).

5.2.4 Sorteringssystem

Den siste hypotesen som ble sett på med tanke på utsortering var sorteringssystemets påvirkning på utsorteringsgraden. I Oslo operer de med et optisk sorteringssystem, og innbyggerne hiver dermed matavfallet med plast- og restavfall. Det blir deretter sortert ut og fraktet til behandling. I figur 14 er det illustrert at det er fire avfallsselskapene Oslo, ØRAS, Romerike Avfallsforedling IKS (ROAF), SHMIL og ReMiks IKS som har optisk sortering av avfall, og har gjennomført plukkanalyser de siste årene. Av disse er det ROAF som har høyest utsorteringsgrad, med 54.6%. De fire avfallsselskapene operer med plastpose, og i tabell 6 er det presentert at det er liten forskjell i utsorteringsgradene på type pose. Gjennomsnittet av de avfallsselskapene med optiske sorteringsanlegg er 30.6%. Gjennomsnittet totalt er på 49.0% og for separat utsortering er den på 49.9%. Optiske sorteringssystemer skal øke effektiviteten og hastigheten på sorteringen sammenlignet med manuell sortering, dette skal igjen resultere i økt gjenvinningsgrad (Alvarez de Davila, 2002). Man ser imidlertid i analysene at det er betydelig mindre utsortert matavfall i de optiske sorteringsanleggene sammenlignet med separat innsamling.

I tillegg til de fire avfallsselskapene er det også fem andre avfallsselskap som operer med optisk sorteringsanlegg. Det er Avfallsservice AS, Finnmark miljøtjeneste AS (FIMIL), Reno-Vest, Vest Finnmark Avfallsselskap IKS (Vefas) og Finnmark ressurselskap AS, som alle ligger i Nord-Norge. Avfallsselskapene har ikke gjennomført plukkanalyser og det er derfor ikke grunnlag for å si noe om utsorteringsgraden. Det er imidlertid blitt samlet inn data på mengde matavfall, og gjennomsnittet for de fem er 31.19 kg/pers/år. Gjennomsnittet for avfallsselskapene som operer med plastpose er 43.67 kg/pers/år, mens det totale gjennomsnittet er 50.23 kg/pers/år. Det er betydelig lavere innsamlet mengder av matavfall for de avfallsselskapene som operer med optisk sorteringsanlegg. Vekt sider derimot ingenting om sorteringsgraden til et avfallsselskap.

Forklaringen på at de optiske sorteringssystemene får inn mindre utsortertmatavfall kan enten ligge i selve sorteringssystemet eller hos brukeren av posen. Plukkanalysene er imidlertid gjennomført på avfall før det når sorteringssystemet, og det er derfor hos brukeren den lave utsorteringsgraden kommer fra. Ved sortering i optiske systemer kaster man avfallet sammen med annet avfall, som rest- og plastavfall. Dette kan bidra til at innbyggerne tenker at alt havner på samme sted, og at det derfor er liten vits i å sortere ut matavfallet. Det er der-

for viktig å kommunisere til husholdningene viktigheten og effekten av å sortere avfallet, og hvordan prosessene rundt avfallshåndteringen fungerer. Det har vært tilfeller hvor mistillit blant folket mot avfallshåndtering har oppstått, og det er derfor viktig å etablere kunnskap og skape tillit rundt håndteringen av avfallet (Avfall Norge, 2011).

5.3 Faktorer som påvirker avfallsinnsamling og plukkanalysene

I studien er det samlet inn data fra avfallselskapene i Norge. Gjennom studien har det blitt oppdaget faktorer som kan være med på å påvirke resultatene. Innsamling av data fra avfallselskapene er basert på det som er tilgjengelig av informasjon på nett, og hva avfallsselskapene selv har svart ved personlig kommunikasjon. Tabellen i vedlegg 4 er datainnsamlingen fra avfallsselskapene.

Plukkanalysene som er brukt i analysene i studien er gjort av ulike aktører. Innsamlingen av plukkanalyser viser at de selskapene som oftest gjennomfører plukkanalysene til avfallsselskapene er Mepex Consult AS, Multiconsult ASA og EcoRetur AB. Det er ulike mennesker som vurderer og grupperer avfallet i plukkanalysene. Det kan generelt sett være utfordrende å sortere likt gjennom en plukkanalyse, og det kan derfor bli feilkilder i plukkanalysene og materialer gruppert feil. Dette kan påvirke sluttresultatet ved at avfallet kan bli definert og gruppert på ulike måter i de ulike selskapene, selvom man følger en standard for plukkanalyser. For å begrense feil er god opplæring, kvalitetskontroller og minst mulig individuelle forskjeller på avfallssorteringen viktig. Videre kan kompleksiteten i blanding av materialer påvirke plukkanalyseresultatene og derfor endre resultatene i analysene i studien. For eksempel kan matrester og annet organisk avfall være sortert som annet materiale da andre materialer er dominant eller tilgriset av matavfall (Syed, 2020). Det er imidlertid ikke antatt at dette har stor effekt på vurderingene i plukkanalysene. I tillegg til sorteringen av materialene kan tidspunktet for gjennomføringen av analysene påvirke resultatene fra plukkanalysene. Både når i uken og når på året kan være med på å påvirke det endelige resultatet (Renovasjons- og gjenvinningsetaten, 2021). Det er derfor mest hensiktsmessig å ikke gjennomføre analysene i perioder rundt helligdager og ferier.

På tross av at plukkanalysene er gjort av ulike selskap har det blitt observert at det er mange av de samme i selskapene som skriver rapportene som er samlet inn til studien. At plukkanalysene blir skrevet av de samme kan være med på å gjøre de mer standardisert og bedre å sammenligne. Det kan imidlertid også påvirke resultatene i en retning.

5.3.1 Hjemmekompostering

En faktor som ikke er tatt hensyn til i datainnsamlingen og plukkanalysene er at enkelte husholdninger har hjemmekompostering. Dette er et tilbud alle har, og man kan søke om å heller ha hjemmekompostering istedenfor å ha matavfallssortering i pose (Sirkula IKS (udatert), ReMidt (udatert)). Det er ulik interesse for dette tilbudet. Hvis det er mange i kommunen som har valgt å ha hjemmesortering vil dette påvirke mengden matavfall som blir samlet inn. Mengde matavfall per person vil i en kommune med høy andel befolkning som benytter seg av hjemmekompost ikke være korrekt med tanke på at den totale innsamlet matavfall blir dividert på alle innbyggerne i kommunen.

5.3.2 Fritidsboliger

I tabellen i vedlegg 4 er andel fritidsboliger i avfallsselskapene presentert, og virkningen på utsorteringsgraden er presentert i figur 12. Fritidsboliger har ofte en sesongbasert karakter, med perioder med høy aktivitet og andre perioder med begrenset eller ingen bruk. Dette kan påvirke utsorteringen av matavfall, og dermed plukkanalysene som er presentert. I perioder med høy aktivitet kan det være behov for effektive ordninger for å håndtere større mengder matavfall fra fritidsboliger. I tillegg kan tilgjengeligheten av tilrettelagt infrastruktur for utsortering av matavfall kan variere avhengig av området og karakteren til fritidsboliger (Grønt Punkt Norge, 2020). Resultatene fra studien viser ingen tydelig sammenheng mellom utsorteringsgrad og andel fritidsboliger i ansvarsområdet. Det er imidlertid ikke tatt hensyn til andel fritidsboliger i ansvarsområdet til avfallsselskapet ved kalkulering av mengde avfall per person. I kommuner med høy andel fritidsboliger som har matavfallssortering kan det derfor være at dette påvirker resultatet for innsamlet mengde matavfall/person/år.

5.3.3 Avfallsselskap og kommuner

Dataene samlet inn baserer seg på avfallsselskap sine ansvarsområder og er ikke delt opp i kommunene de har ansvar over. Det har blitt observert at enkelte avfallsselskap har ansvar for kommuner som er forskjellig i størrelse, noe som potensielt kan gi forskjellige resultater i analyser. Et eksempel på dette er IVAR IKS. Datainnsamlingen har vist at IVAR IKS har ansvar for 12 kommuner, og kan sees i oversikten i vedlegg 4. To av kommunene er Stavanger, med over 146 000 innbyggere, og Hjelmeland med litt over 2 600 innbyggere (SSB, udatert-a). Avfallshåndteringen og systemene vil ikke være det samme for områder med høy befolkningstetthet sammenlignet med de områdene det er lange avstander mellom hver husholdning. Dette er på grunnlag av at det genereres mer avfall på mindre områder der det er høyere innbyggertall. Det kreves dermed systemer som må tåle større mengder avfall. Det er imidlertid lengre transportruter hvis det er en spredt befolkning. Dette kan skape logistikkproblemer og kreve ressurser i form av kjøretøy, ansatte og klimagassutslipp ved kjøring.

5.4 Matsvinn

I denne studien er ikke matsvinn blitt separert fra ikke nyttbart matavfall. Matsvinn er den delen av matavfallet som er nyttbart. Det er med andre ord mat produsert til konsumering av mennesker som fortsatt er spiselig, men blir kastet (Matsentralen, udatert). Det er omtrent en tredjedel av produsert mat som ender opp som matsvinn på verdensbasis (Miljødepartementet, 2021). Matproduksjonen bidrar på verdensbasis til 24% av de globale klimagassutslippene og tar opp 37% av landarealene. Det er derfor problematisk at en tredjedel av maten aldri blir spist. Ifølge statistikk kaster vi i overkant av 450 000 tonn fullt spiselig matavfall hvert år her i Norge. Husholdninger står for hele 48% av denne mengden (Matsentralen, udatert). Dette er en utfordring som krever en koordinert og helhetlig tilnærming fra alle aktører i samfunnet, inkludert forbrukere og virksomheter. Et av FN's bærekraftsmål har som mål å redusere matsvinnet og halvere det per innbygger innen 2030 (Matsentralen, udatert). Det er observert at plukkanalysene samlet inn til studien har gruppert matavfallet forskjellig. I noen analyser er matavfallet delt opp i nyttbart og ikke-nyttbart matavfall, mens andre har ikke skilt på dette. Haugaland Interkommunale Miljøverk AS (HIM) og Halden kommune sine plukkanalyser fra 2022 og 2021 grupperer matavfallet i to kategorier; matsvinn og ikke-nyttbart matavfall. I HIM sin rapport står matsvinnet for 32.4% av innholdet i det kildesorterte matavfallet (Bjørnerud, 2022). Halden sin plukkanalyse viser imidlertid at de har 18% matsvinn i matavfallet (Larsson, 2021). Matsvinnet varierer, men resultatene viser i likhet med litteraturen at det er forbedringspotensiale.

5.5 Mål for materialgjenvinning

For å nå målet om 65% materialgjenvinning innen 2035 må tiltak iverksettes i avfallsbransjen. Å innføre matavfallssortering i alle kommuner i Norge var et av tiltakene for å kunne nå målet. Studien viser at det er 5 av avfallsselskapene som har en utsorteringsgrad på over 65% i dag. Dette er Renovasjonsselskapet for Drammensregionen, Sirkula IKS og Asker kommune som bruker plastposen, og VESAR og IATA, som bruker bio-pose. Plukkanalysene viser dermed at det er flere steder i Norge hvor det er et stort forbedringspotensiale på mengde utsortert matavfall. På bakgrunn av at enkelte av avfallsselskapene får materialgjenvunnet over 65% av det totale matavfallet, vil man kunne anta at dette vil være mulig for andre avfallsselskaper å oppnå. Regjeringen antar at det vil være en økning i utsortert matavfall, og at utsorteringen vil være på 71 % i 2035 (Miljødepartementet, 2022). Her i Norge har de satt videre krav som er høyere enn EU sine ambisiøse mål. Det skal sorteres ut 70% av alt matavfall i kommunene innen 2035 (Miljødirektoratet, 2022b).

Det har blitt observert at enkelte avfallsselskaper med etablerte matavfallssorteringssystemer, som for eksempel Oslo kommune, opplever fortsatt en utfordring med lav utsortering av

matavfall. Oslo kommune sorterer ut 26.40% av det totale matavfallet (Renovasjon og gjenvinningsetaten, 2021). Det er derfor nødvendig å iverksette tiltak som vil være med på å øke utsorteringen. IVAR sender vanligvis avfallet sitt til et ettersorteringsanlegg kalt Forus, men det oppsto en brann som har gjort at anlegget er ute av drift midlertidig. Ettersorteringsanlegget henter ut materialer fra restavfallet, og materialgjenvinner dette. Anlegget er med på å nå målene og kravene satt av EU og Norge innenfor materialgjenvinning, men er imidlertid fokusert på uttak av plast (IVAR, 2018b). Et slikt type anlegg vil bli installert i Fredrikstad, og vil ha samme funksjon som IVAR. Å videre utvikle teknologi som ikke avhenger av sorteringsevnen til innbyggerne innenfor matavfall i tillegg til plast kan være en potensiell løsning for å kunne øke materialgjenvinningen.

Det er vist gjennom analyse av plukkanalysene at innbyggerne ikke sorterer ut alt matavfallet sitt. Derfor vil tiltak som øker bevisstheten til innbyggerne i ansvarsområdet til avfallsselskapene spille en viktig rolle i å forbedre den nåværende situasjonen. Informere hva slags avfall som skal hvor, og hvorfor utsorteringen er viktig kan bidra til å gjøre innbyggerne mer bevisste på og skaper tillit til avfallssystemene (Avfall Norge, 2011). Kommunikasjon spiller dermed en viktig rolle i avfallsbransjen for å informere, engasjere og oppmuntre både enkeltpersoner og samfunnet som helhet til å delta aktivt i avfallshåndtering og gjenvinning. Hvis kravene til utsortering øker, og bevisstheten om de positive effektene av kildesortering øker i befolkningen, kan dette føre til økte mengder matavfall som blir tilgjengelig. Et tiltak som gjør det enklere for forbrukerne å sortere riktig er den nye merkeordningen for utsortering av avfall. Merkeordningen går ut på at produkter blir merket med et symbol som forteller hvordan man skal sortere produktet (Sortere.no, udatert). Ved å merke alle produkter blir det kommunisert til forbrukeren hvordan å sortere avfallet, og det blir enklere å ta riktige avgjørelser.

5.6 Livssyklusanalyse

I studien er det foretatt en LCA av produksjonen til de tre type posene man operer med i Norge. Resultatene fra denne analysen vil bli diskutert videre.

5.6.1 Tolkning av råvaredata

I studien er det antatt at en matavfallspose holder en kilo matavfall. Oslo kommune har oppgitt at de delte ut 42 228 000 grønne poser til matavfallssortering i 2021, og sorterte ut 20 000 tonn matavfall (Guttormsen, M., personlig kommunikasjon, 09.11.2022). Dette vil si at det i per pose er 0.47 kg. Det er usikkert om posene blir brukt til andre formål enn matavfall eller om innbyggerne har hentet poser de ikke bruker dette året. Videre viser gjennomsnittet for plastpose avfallsselskapene som har oppgitt hvor mange poser de deler ut i året at det er omtrent 0.78 kg matavfall per pose. For bio- og papirposer er gjennomsnittet 0.85 og

0.91 kg/pose. Det totale gjennomsnittet uavhengig av type pose er 0.8 kg/pose. Dolce, Rigamonti mfl. (2021) har imidlertid konkludert med at det er samlet inn 2 kg matavfall per pose. Studien ble gjennomført på avfallssystemet i Italia. Antakelsen om at en kilo matavfall vil bli samlet i en pose er basert på en blanding mellom hva tidligere analyser har brukt som funksjonell enhet og hva datainnsamlingen har vist er tilfellet. Det er ikke tatt hensyn til at innbyggerne potensielt bruker flere matavfallsposer per kilo matavfall eller at den revner.

I følge testene gjennomført av Dolce, Catenacci mfl. (2021), vil avfallet minske i vekt grunnet fordamping hos hudholdningen. Reduksjonen i vekt var høyest for papirposen som reduserte vekten mellom 29% og 44% mer enn bio-posen (Dolce, Catenacci mfl., 2021). I denne studien har det ikke blitt vurdert at bruk av noen av posene kan føre til reduksjon i vekten på matavfallet. Reduksjon i vekten av avfallet kan ha positive konsekvenser for avfallshåndteringen, spesielt når det gjelder transporteffektivitet (Dolce, Catenacci mfl., 2021). Ved å frakte mer avfall på hver kjørerunde, kan også renovasjonsselskapene oppnå kostnadsbesparelser. Færre kjørerunder betyr lavere driftskostnader, mindre slitasje på kjøretøyene og mer effektiv ressursbruk.

Det er antatt at bio- og papirposen må sorteres i separate avfallsbeholdere istedenfor å gå gjennom sorteringsanlegget det opereres med i Oslo i dag. Dette krever at avfallssystemet som det er satt opp i dag må endres. Avfallet må potensielt samles inn av andre renovasjonsbiler, eller renovasjonsbil med to kamre må benyttes, slik andre avfallsselskap opererer. Innføringen av nye avfallsbeholdere og endringer utenom å ikke inkludere optisk sortering i systemet er ikke inkludert. Det vil være ressurskrevende å innføre et slikt system. Det er imidlertid blitt testet papirposer som kan tåle behandlingen av et sorteringsanlegg hos Telge Återvinning i Södertälje i Sverige (Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 14.02.2023). Dette kan føre til at det er mulighet for å beholde det etablerte systemet og at papirposene kan potensielt bli sendt gjennom optisk sortering. Det er imidlertid ikke testet godt nok for papirpose i slike systemer i Norge enda (Syed og Hovland, 2018).

5.6.1.1 Posemateriale

Materialene i posene er basert på informasjon gitt av tre leverandører, Maske AS, Biobag Norge AS og Total. Tabell 1 viser at det er flere leverandører som tilbyr poser for plast- og bio-posen. Gjennom samtale med avfallsselskapene har det kommet frem at posene kan være av samme type, men ulike mengder av fossile og fornybare materialer. Et eksempel er MNA, som er beskrevet under kapittelet om kvalitet som kriterie for valg av pose (Nesser, T., personlig kommunikasjon, 20.02.2023). Resultatene fra LCA viser at ulike posemateriale vil ha ulike påvirkninger i påvirkningskategoriene.

Sammensetningen av materialene for plastposen basert på at 75% av posen er av jomfruelig plast, og at 50% av dette er LDPE og 50% HDPE. Det er plastposer som produseres med mer enn 25% resirkulert materiale. Man ser imidlertid at resultatene fra økotoksisitet i ferskvann og økotoksisitet i marine miljøer så bidrar den resirkulerte LDPE mer enn jomfruelig LDPE til utslippene, og påvirker mer enn de andre materialene til tross for at det er en mindre andel av resirkulert materiale. I analyser der man har sammenlignet ulike posetyper er det forskjellig bruk av resirkulert materiale i plastposene. Det brukes alt fra 80% (Askham mfl., 2021), 10% (Civancik-Uslu mfl., 2019) til 0% (Kimmel, 2014) resirkulerte materialer i de ulike analysene. Videre blir det i noen tilfeller benyttet HDPE og andre LDPE (Askham mfl. (2021)).

Sammensetningen av materialene for bio-posen er hentet fra Dolci, Rigamonti mfl. (2021) og Elfehri Borchani mfl. (2015). Dataene er basert på å produsere 1 kg med Mater-BI. Denne mengden er ganget med vekten av bio-posen oppgitt av Biobag, 7.25 g. Dette vil si at det blir antatt at man trenger lik mengde av materialet for å produsere posen, som det posen veier. Det blir ikke kalkulert svinn i materialet, som potensielt kan bidra med å påvirke resultatet hvis det blir brukt mer enn akkurat mengde.

Videre er pose materialet til papirposen ikke basert på resirkulert materiale. Det ble informert om at papirposen er av spesialpapir som er vannfast og våtsterkt (Jensen, J.N., personlig kommunikasjon, 12.04.2023). Da det ikke ble spesifisert hva slags råvarer som ble brukt for produksjon av en slik pose, ble det antatt at kraft paper RER—markedet for kraft paper hadde samme funksjon, og kunne derfor bli brukt som papirpose i denne analysen. I analysen gjort av Dolci, Rigamonti mfl. (2021) var papirposen av resirkulert materiale. Analysen av bærepoper gjort av Askham mfl. (2021) bruker derimot ikke resirkulert materiale i papirposen. Rapporten skrevet av Kimmel (2014) om bærepoperalternativene i USA viser at GWP-verdien er høyere for en papirpose med 40% resirkulerte materialer sammenlignet med en papirpose som har 100% resirkulerte materialer. Pose materialet er det som påvirker i mest i de fleste kategorier for papirposen, og endring av materiale vil dermed få påvirkning på resultatene.

5.6.2 Tolkning av resultat fra analysen av posene

Resultatene viser at det for åtte av ni kategorier er plastposen som har mest påvirkning på miljøet. Ved å studere hva påvirkningene kommer av er det elektrisitetsforbruket som påvirker mye i mange av faktorene, som illustrert i resultatene. Produksjonen av plastposene skjer i Bosnia-Hercegovina, og elektrisitetsforbruket er registrert fra countrymix medium voltage i dette landet. 38% av Bosnia-Hercegovia sitt energiforbruk fra fornybare kilder. Til sammenligning kommer 61% av Norges totale energiforbruk fra fornybare kilder (FN-sambandet,

udatert). Produksjon i et annet land vil dermed kunne påvirke resultatene. Dette ble testet i en sensitivitetsanalyse.

I studien gjennomført av Dolci, Rigamonti mfl. (2021) ble papirposen sammenlignet med en Mater-BI pose. Resultatene i denne studien viser at det er papirposen som har høyest negative utslipp. I denne studien var biogass og biorest produksjon inkludert (Dolci, Rigamonti mfl., 2021). Videre viser en analyse gjort av Norsus i 2021 på poser til dagligvarehandel, at papirposen har minst påvirkning for potensielle menneskelige helseskader og ressursbruk. Det var imidlertid engangsplast posen som hadde minst påvirkning på potensiell økosystemskade. Papirposen analysert var ikke av resirkulert materiale (Askham mfl., 2021). I studien gjennomført av Mori mfl. (2013) ble det konkludert med at ved produksjon av 1 kg granulat for produksjon av LDPE poser og Mater-BI poser til bruk i dagligvarehandel hadde en GWP-verdi på henholdsvis 2.13 og 2 kg CO₂ eq/kg. Mater-BI hadde i dette tilfellet mindre påvirkning enn en plastpose (Mori mfl., 2013). De studiene som er sett på vurderer GWP. I denne studien viser GWP resultatene at plast-, bio- og papirposen slipper ut henholdsvis 4.15E+00, 1.46E+00 og 3.64E+00 kg CO₂ eq/enhet. Vurderer man GWP vil papirposen være mest miljøvennlig, etterfulgt av bio-posen, og til slutt plastposen. Dette tilsvarer resultater funnet i tidligere studier.

5.6.3 Tolkning av resultat fra sensitivitetsanalysen av posene

For sensitivitetsanalysen ble det sett på å flytte produksjonen til Norge for plastposen vurdert i analysen. Da transporten fra produksjon til lager ikke lenger var med da lageret og produksjonslokalet var lokalisert på samme sted i Norge, og elektrisiteten ble endret til Norsk, var teorien at påvirkningen på miljøet ville gå ned for plastposen. Resultatene viste videre at det ble en reduksjon i utslipp i alle kategorier. Dette førte til at plastposen ikke lenger hadde mest påvirkning i flest kategorier. Bio-posen hadde i dette scenarioet mest påvirkning på fem kategorier, mens papirposen fortsatt har lavest påvirkning i flest kategorier. Analysen viser dermed at produksjonsstedet har påvirkning på det endelige resultatet og vurderingen av posene.

For å kunne produsere posene i Norge må man bygge et anlegg som kan produsere plastposer av samme kvalitet. Det finnes plastpose leverandører som produserer i Norge. Basert på denne informasjonen er det rimelig å anta at produksjon av matavfallsposer i plast i Norge er et realistisk scenario. En faktor som ikke er tatt med i analysen er økonomi. Utspørringen av avfallsselskapene viser at økonomi er et kriterie for 3 av 26 av avfallsselskapene som bruker plastpose til matavfallspose, som er en liten andel av totalen. Videre svarte kun 4 av 26 at miljø var et kriterie for valget av posen. Det er derfor usikkert om disse selskapene vurderer

reduuerte påvirkninger som viktig for deres drift.

5.7 Videre studier

Det ble innført krav om matavfallssortering i januar i år (2023). Det er derfor mange som er i oppstartsfasen av å etablere matavfallssortering i avfallssystemene. Å se hvordan disse systemene blir, og hvordan brukere som aldri har hatt matavfallssortering reagerer på utsorteringen vil være interessant. Det vil være mer tilgjengelig data da flere avfallsselskap har innført sortering, og potensielt flere har gjennomført plukkanalyser når det har blitt innført matavfallssortering og driftet i ett år.

Resultatene viser at det er omtrent 13 kg forskjell i innsamlet mengde mellom plast- og bio- posen. Plukkanalysene viser derimot at det er liten forskjell i utsorteringsgraden mellom bruk av de tre ulike posene. Dette kan bety at det blir kastet større mengder totalt matavfall i både rest- og matavfallet ved bruk av bio- og papirposen. Videre studier kan dermed granske muligheten for mengden matsvinn i sammenheng med hva slags type pose som blir brukt i området.

I LCA i studien er ikke produksjonen av biogass og biorest inkludert i systemet. Matavfallet som blir levert på RBA går gjennom prosesser som gjør at det blir produsert biogass og biorest, som kan erstatte drivstoff og mineralgjødsel. Ved å inkludere dette i systemet vil man kunne få negative utslipp, da det erstatter fossile produkter. Det hadde derfor vært interessant å se videre på systemet og inkludert disse prosessene, da det vil være forskjeller i resultater på grunn av at forbehandlingsprosessen vil fjerne 2% av matavfallet ved fjerning av plast- og bio-posematerialet. Det er dermed inkludert 2% mer matavfall i tillegg til 25 g/kg matavfall ved innsamling med papirposer. Videre hadde det vært interessant å se på andre poser og andre sammensetninger av materialer på de ulike type posene i en analyse.

6 Konklusjon

Formålet med avhandlingen var å kunne bidra med innsikt i matavfallsposenes påvirkning på avfallshåndteringssystemet, innbyggernes vaner og miljøet. Gjennom arbeidet med denne masteroppgaven har det blitt produsert en omfattende oversikt over hva slags matavfallsposer som blir brukt eller som planlegges å bli implementert i de ulike kommunene i Norge. Datainnsamlingen viser at det er forskjeller i mengde gjennomsnittlig innsamlet matavfall. Plastposen hadde minst innsamlet matavfall, mens bio-posen hadde mest. Videre ble tilgjengelige plukkanalyser analysert for å se på vaner til befolkningen i de ulike kommunene. Disse viste lite forskjeller mellom de tre type posene, men at de avfallsselskapene med optisk sortering hadde lav utsorteringsgrad sammenlignet med separat innsamling.

Det ble gjennomført en LCA for å se på miljøpåvirkningene ved de tre posene. Resultatene viser at det er papirposen som har minst påvirkning i åtte av ni kategorier. For papirposen så er det pose materialet og elektrisitetsforbruket som står for mye av utslippene knyttet til det definerte systemet. Det er imidlertid plastposen som har høyest påvirkning i åtte av ni påvirkningskategorier, men sensitivitetsanalysen viser at om produksjonen hadde vært i Norge istedenfor Bosnia-Hercegovia så hadde bio-posen påvirket i større grad.

Studien har avdekket at valg av matavfallspose er en kompleks problemstilling, og resultatene fra studien understreker at det ikke er en universell løsning som passer for alle avfallsselskap. Datainnsamlingen indikerer at det er syv kategorier for valg av matavfallspose. Hvilken matavfallspose som er mest optimal for et avfallsselskap vil baseres på hvilke kriterier som er viktige for spesifikke avfallsselskapet. Avfallsselskapene må ta stilling til hvilke kriterier som er mest relevante for deres drift og målsettinger, og basere beslutningen på en grundig vurdering av disse faktorene. Denne studien bidrar med viktig innsikt i kompleksiteten rundt valg av matavfallspose. Den gir avfallsselskapene en retningslinje for å vurdere og velge den mest hensiktsmessige posen ut fra deres spesifikke behov og prioriteringer. Det er avgjørende å ta en informert beslutning som tar hensyn til både økonomiske, miljømessige og sosiale aspekter ved avfallshåndteringen.

Referanser

- Alvarez de Davila, E. (2002). *Manuell og maskinell sortering av avfall - nasjonelle og internasjonelle erfaringer av teknik og arbeidsmiljø*. IVL Svenska Miljöinstitutet. Hentet 6. juni 2023, fra <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-1997>
- Andersen, L. H. (2018). *Nye materialer for poser til kildesortering av matavfall* (tekn. rapp.). Oslo kommune - Renovasjonsetaten. Oslo.
- Askham, C., Furberg, A., & Baxter, J. (2021). Life cycle assessment of plastic bags and other carrying solutions for groceries in Norway. <https://norsus.no/en/publikasjon/life-cycle-assessment-of-plastic-bags-and-other-carrying-solutions-for-groceries-in-norway/>
- Avfall Norge. (2011). *Avfall er en ressurs - utforsking av holdninger, myter og atferd knyttet til kildesortering og resirkulering* (tekn. rapp.). Opinon. https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/forbruk-og-avfall/samlerapport_holdningsundersokelse_avfall_norge_2011.pdf
- Avfall Norge. (2017). Enighet i EU om 65% materialgjenvinning innen 2035. <https://avfallnorge.no/bransjen/nyheter/enighet-om-65-materialgjenvinning-innen-2035>
- Avfall Norge. (2020). Forsvinner nedbrytbar plast? <https://avfallnorge.no/bransjen/nyheter/forsvinner-nedbrytbar-plast>
- Avfall Norge. (2021). Ny avfallsstatistikk viser både store økninger og kraftig nedgang i avfallsmengder. Hentet 5. juni 2023, fra <https://avfallnorge.no/bransjen/nyheter/ny-avfallstopp-for-husholdningsavfall>
- Avfall Norge. (2022a). Fem grunner til å bruke papirposer til matavfall. Hentet 5. juni 2023, fra <https://avfallnorge.no/bransjen/nyheter/fem-gode-grunner-til-a-bruke-papirposer-til-matavfall>
- Avfall Norge. (2022b). Strengere krav til avfallssortering fra 1. januar 2023. Hentet 5. juni 2023, fra <https://avfallnorge.no/bransjen/nyheter/strengere-krav-til-avfallssortering-fra-1-januar-2023>
- Avfall Norge. (udatert). Plukkanalyser. <https://avfallnorge.no/fagomraader-og-faggrupper/plukkanalyser/>
- Bernstad, A., & la Cour Jansen, J. (2011). A life cycle approach to the management of household food waste – A Swedish full-scale case study. *Waste Management*, 31(8), 1879–1896. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.02.026>
- BIR. (udatert). Slik lykkes du med matavfallssorteringen - BIR. Hentet 5. juni 2023, fra <https://bir.no/matavfall/papirpose/>
- Bjørnerud, S. (2022). *Plukkanalyse 2022, HIM IKS* (tekn. rapp.). Mepex AS.
- Civancik-Uslu, D., Puig, R., Hauschild, M., & Fullana-i-Palmer, P. (2019). Life cycle assessment of carrier bags and development of a littering indicator. *Science of The Total Environment*, 685, 621–630. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.372>
- Dolci, G., Catenacci, A., Malpei, F., & Grosso, M. (2021). Effect of Paper vs. Bioplastic Bags on Food Waste Collection and Processing. *Waste and Biomass Valorization*, 12(11), 6293–6307. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01448-4>
- Dolci, G., Rigamonti, L., & Grosso, M. (2021). Life cycle assessment of the food waste management with a focus on the collection bag. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 39(10), 1317–1327. <https://doi.org/10.1177/0734242X211050181>
- Ecoinvent. (2020). Pulp & Paper - ecoinvent. Hentet 6. juni 2023, fra <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/sectors/pulp-paper/>

- Elfehri Borchani, K., Carrot, C., & Jaziri, M. (2015). Biocomposites of Alfa fibers dispersed in the Mater-Bi® type bioplastic: Morphology, mechanical and thermal properties. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 78, 371–379. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.023>
- Enger, S. (2022). *Bags for food waste collection* (tekn. rapp.). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Fagerheim, A. B. (2020). *The Reduction Potential of Plastics and Microplastics in Bio-fertilizer* (Masteroppgave) [Accepted: 2020-06-04T16:03:40Z]. NTNU. Hentet 4. juni 2023, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2656754>
- FN. (2023). FNs bærekraftsmål. <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>
- FN-sambandet. (udatert). Fornybar energi. Hentet 3. juni 2023, fra <https://www.fn.no/Statistikk/fornybar-energi>
- Furunes, E. W. (2017). Nye papirposer for matavfall får slakt av innbyggerne [Section: dk]. Hentet 5. juni 2023, fra <https://www.nrk.no/tromsogfinnmark/nye-papirposer-for-matavfall-far-slakt-av-innbyggerne-1.13754307>
- Grønt Punkt Norge. (2018). Hva er egentlig 'Bioplast'? Hentet 5. juni 2023, fra <https://www.grontpunkt.no/aktuelt/nyheter/hva-er-egentlig-bioplast>
- Grønt Punkt Norge. (2020). Ikke glem dette på hytta. Hentet 6. juni 2023, fra <https://www.grontpunkt.no/aktuelt/nyheter/ikke-glem-dette-paa-hytta-1>
- Gulden, K. T. (2019). Plast på avveie i jord. <https://www.nibio.no/nyheter/plast-pa-avveie-i-jord>
- Hann, S., Scholes, R., Briedis, R., & Kirkevaag, K. (2018). *Bio-Based and Biodegradable Plastics* (tekn. rapp.). Mepex og Eunomia. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2019/januar-2019/bio-based-and-biodegradable-plastics/>
- Heftøy, J. E. (2022). Ettersorteringsanlegg og differensierte gebyrer er veien til Oslos materialgjenvinningsmål. Hentet 5. juni 2023, fra <https://avfallsbransjen.no/2022/03/31/ettersorteringsanlegg-og-differensierte-gebyrer-er-veien-til-oslos-materialgjenvinningsmal/>
- Innherred Renovasjon. (2021). Nye matavfallsposer. Hentet 6. juni 2023, fra <https://innherredrenovasjon.no/2021/07/nye-matavfallsposer/>
- IVAR. (2018a). Gi gass! Fyll posen! - IVAR. Hentet 5. juni 2023, fra <https://www.ivar.no/aktuelt/gi-gass-fyll-posen>
- IVAR. (2018b). IVAR ettersorteringsanlegg Forus - IVAR. Hentet 29. mai 2023, fra <https://www.ivar.no/ettersorteringsanlegg/>
- Kimmel, R., Sc.D. (2014). Life Cycle Assessment of Grocery Bags in Common Use in the United States. *Environmental Studies*. https://tigerprints.clemson.edu/cudp_environment/6
- Klima- og miljødepartementet. (2022). Forskrift om endring i avfallsforskriften (utsortering og materialgjenvinning av bioavfall og plastavfall). <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2022-06-07-971>
- Klima- og miljødepartementet. (2023). Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) - Lovdata. Hentet 5. juni 2023, fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/*#*
- Larsson, B. (2021). *Plukkanalyser av mat- og restavfall fra Halden kommune 2021* (tekn. rapp.). EcoRetur AB. Halden.

- Lydersen, S. (2020). Korrelasjonen er relativ. *Tidsskrift for Den norske legeförening*. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.20.0483>
- Lyng, K.-A., & Saxegård, S. (2020). *Livsløpsvurdering av produktene og tjenestene levert av Romerike biogassanlegg* (tekn. rapp.). NORSUS. <https://norsus.no/wp-content/uploads/OR-38.20-Livsløpsvurdering-av-produktene-og-tjenestene-levert-av-Romerike-biogassanlegg.pdf>
- Marthinsen, J. (2022). *Plastfri innsamling av matavfall* (tekn. rapp.). Mepex.
- Matsentralen. (udatert). Matsentralen Norge - Hva er matsvinn? Hentet 29. mai 2023, fra <https://www.matsentralen.no/matsvinn>
- Mepex AS. (2015). *Veileder – plukkanalyser av husholdningsavfall* (tekn. rapp.). Mepex AS. <https://avfallnorge.ams3.digitaloceanspaces.com/avfall-norge-no/dokumenter/2015-10-Veileder-plukkanalyser-2015.pdf?mtime=20171005145830&focal=none>
- Miljødepartementet, K.-o. (2021). Matsvinn [Publisher: regjeringen.no]. Hentet 29. mai 2023, fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/forurensning/matsvinn/id2891197/>
- Miljødepartementet, K.-o. (2022). Strengere krav til kildesortering av avfall [Publisher: regjeringen.no]. Hentet 29. mai 2023, fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/strengere-krav-til-kildesortering-av-avfall/id2917708/>
- Miljødirektoratet. (2019). *Avfallsplan 2020-2025* (tekn. rapp.). Miljødirektoratet. <https://www.regjeringen.no/contentassets/c6a9a384d90c4af18bfd8458f3167708/avfallsplan-2020-2025.pdf>
- Miljødirektoratet. (2022a). Matavfall og matsvinn. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/matavfall/>
- Miljødirektoratet. (2022b). Nye krav til kjeldesortering og materialgjenvinning - Miljødirektoratet. Hentet 29. mai 2023, fra <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/fagmeldinger/2022/juni-2022/nye-krav-til-kjeldesortering-og-materialgjenvinning/>
- Mori, M., Drobníč, B., Gantar, G., & Sekavčnik, M. (2013). *LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SUPERMARKET CARRIER BAGS AND OPPORTUNITY OF BIOPLASTICS*.
- Norsk Gjenvinning. (2023). 3 grunner til å foreta en plukkanalyse av bedriftens avfall. Hentet 6. juni 2023, fra <https://blogg.norskgjenvinning.no/3-grunner-til-a-foreta-en-plukkanalyse-av-bedriftens-avfall>
- NORSUS. (udatert). Om livsløpsvurdering – LCA (Life Cycle Assessment). Hentet 24. mai 2023, fra <https://norsus.no/om-livsløpsvurdering/>
- Novamont. (2011). Environmental Product Declaration - Mater-BI.
- NTNU. (udatert). BoksploTT. Hentet 6. juni 2023, fra <https://tma4245.math.ntnu.no/deskriptiv-statistikk/boxplot/>
- Oslo kommune. (2018). Haraldrud sorteringsanlegg - Behandlingsanlegg for avfall. Hentet 6. juni 2023, fra <https://www.oslo.kommune.no/avfall-og-gjenvinning/behandlingsanlegg-for-avfall/haraldrud-sorteringsanlegg/>
- Oslo kommune. (2020). Fem ting du kanskje ikke visste om matavfallet ditt. Hentet 5. juni 2023, fra <https://www.oslo.kommune.no/avfall-og-ressurser/fem-ting-du-kanskje-ikke-visste-om-matavfallet-ditt>
- ReCiPe. (2016). Hentet 25. mai 2023, fra <https://pre-sustainability.com/articles/recipe/>
- Regjeringen. (2021). Meld. St. 40 (2020–2021). <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-40-20202021/id2862554/?ch=1>

- ReMidt. (udatert). Hjemmekompostering – ReMidt. Hentet 6. juni 2023, fra <https://www.remidt.no/hjemmekompostering/#!/main>
- Renovasjon og gjenvinningsetaten. (2021). *Avfallsanalysen 2021* (tekn. rapp.). Oslo Kommune. Oslo.
- Renovasjons- og gjenvinningsetaten. (2021). *Avfallsanalysen 2021* (tekn. rapp.). Renovasjons- og gjenvinningsetaten. Oslo kommune.
- Renovasjons- og gjenvinningsetaten. (udatert). Haraldrud energigjenvinningsanlegg. <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/134937-1587381438/Tjenester%20og%20tilbud/Avfall%20og%20gjenvinning/Behandlingsanlegg%20for%20avfall/Fjernvarme.pdf>
- Saibuatrong, W., Cheroennet, N., & Suwanmanee, U. (2017). Life cycle assessment focusing on the waste management of conventional and bio-based garbage bags. *Journal of Cleaner Production*, 158, 319–334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.006>
- Seldal, T. J. (2014). *Life Cycle Assessment of Biogas/Biofuel Production from Organic Waste* (Doktoravhandling). Norwegian University of Science and Technology. Trondheim.
- SHMIL. (udatert). Optibag – hva er det? — SHMIL. Hentet 6. juni 2023, fra <https://shmil.no/sortering/hjemmesortering/optibag-hva-er-det/>
- Simapro. (udatert-a). About SimaPro. <https://simapro.com/about/>
- Simapro. (udatert-b). Which impact assessment methods are available in SimaPro desktop? <https://support.simapro.com/s/article/Which-impact-assessment-methods-are-available-in-SimaPro>
- Sirkula IKS. (udatert). Hjemmekompostering. Hentet 6. juni 2023, fra <https://www.sirkula.no/hjemme-hos-deg/hjemmekompostering/>
- Sortere.no. (udatert). Merkeordning for kildesortering og sorteringsmerkene — Sortere. Hentet 6. juni 2023, fra <https://sortere.no/sorteringsmerker>
- SSB. (2022). Avfall frå hushalda. Hentet 6. juni 2023, fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-hushalda>
- SSB. (2023). De 10 største byene, tettstedene og kommunene i Norge. Hentet 6. juni 2023, fra <https://www.ssb.no/befolkning/folketall/artikler/de-storste-byene-og-tettstedene-i-norge>
- SSB. (udatert-a). 01222: Befolkning og kvartalsvise endringer, etter region, statistikkvariabel og kvartal. Statistikkbanken. Hentet 6. juni 2023, fra <https://www.ssb.no/system/>
- SSB. (udatert-b). Elektrisitet. Hentet 1. juni 2023, fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/elektrisitet>
- Syed, S. (2020). *Plukkanalyse av avfall fra henteordning 2020 - SIMAS IKS* (tekn. rapp.). Multiconsult.
- Syed, S., & Hovland, K. (2018). *Test av poser i avfallssug* (tekn. rapp.). Avfall Norge.
- SØIR. (2018). Ny type pose til matavfall. Hentet 6. juni 2023, fra <https://soir.no/ny-type-pose-til-matavfall/>
- Trondheim kommune. (2023). Forskrift om renovasjon, Trondheim kommune, Trøndelag - Lovdata. Hentet 6. juni 2023, fra <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2023-02-02-187>
- Vidnes, P. E. (2014). *Innføring av kildesortering for matavfall fra husholdninger* (tekn. rapp.). Biogass Østfold. http://www.biogassostfold.org/wp-content/uploads/Rapp_140124b-PE_Veil.Inns_.pdf

Personlig kommunikasjon

B. Karolius, Senja avfall miljø AS, 07.02.2023
B. Relling BIR AS, 02.10.2022
C. Ø. Borgersen, Trondheim kommune, 04.10.2022
E. Elstad, ØyVAR AS, 17.02.2023
E. Harrang, Valdres kommunale renovasjon IKS, 15.02.2023
E. Skogly, Sirkula IKS, 16.02.2023
G. Nessjøen, Renovasjonsselskapet for Drammensregionen (RfD), 04.11.2022
I. Handeland, Remiks miljøpark AS, 30.01.2023
J. A. Aaslie, Solør Renovasjon IKS
J. Bareksten, Nordfjord Miljøverk, 15.02.2023
J. Barlindhaug, Perpetuum, 03.11.2022
J. Iversen, Maske AS, 03.04.2023
J. N. Jensen, Total Packaging AS, 14.02.2023
J. Mortensen, Sogn interkommunale miljø- og avfallsselskap, 17.02.2023
K. Halstensen, Dalane Miljøverk AS, 15.02.2023
M. Bruvoll, Finnmark Miljøtjeneste AS, 16.02.2023
M. G. Hernæs, Midt-Gudbrandsdal Renovasjonsselskap, 14.02.2023
M. Glomvik, Biobag Norge AS, 05.05.2023
M. Guttormsen, Oslo Kommune - Renovasjon og gjenvinningsetaten, 09.11.2022
M. K. Hartvigsen, Lofoten Avfallsselskap, 15.02.2023
O. G. Terjesen, Oslo Kommune - Renovasjon og gjenvinningsetaten, 20.03.2023
T. Fløan, Ecopro AS, 03.11.2022
T. Hagane, Risør og Tvedestrandregionens avfallsselskap AS, 15.02.2023
T. Heggheim, Karmøy kommune, 07.02.2023
T. Nesser, Midtre Namdal Avfallsselskap, 20.02.2023
T. Matre, Indre Østfold Renovasjon IKS, 13.12.2022
Å. T. Krågsrud, Hadeland og Ringerike Avfallsselskap, 24.02.2023

Vedlegg 1: Råvaredata

Plastposen	Verdi	Enhet	Kalkulasjon	Referanse
Vekt	8.78	g/enhet	-	(J.Iversen, personlig kommunikasjon, 16.03.23)
LDPE	3.29	g/enhet	$8.78*0.75*0.5$	-
HDPE	3.29	g/enhet	$8.78*0.75*0.5$	-
PCR	2.19	g/enhet	$8.78*0.25$	-
Elektrisitetsforbruk	0.0083	kWh/enhet	-	(Saibuatrong mfl., 2017)
Paller per last	42	stk	-	(J.Iversen, personlig kommunikasjon, 16.03.23)
Poser per pall	21 600	stk	-	(J.Iversen, personlig kommunikasjon, 16.03.23)
Poser per last	1 462 600	stk	$21\ 600*42 + 22*25\ 200$	-
Vekt per last	12 826	kg	$(8.78*1\ 462\ 600) / 1000$	-
Transport til lager	2421	km	-	(Estimert fra Google Maps)
Transport til lager per enhet	0.0212	tkm/enhet	$12.826*2421 / 1\ 462\ 600$	-

Tabell 1: Produksjon av plastposen og transport av posene til lager

Bio-posen	Verdi	Enhet	Kalkulasjon	Referanse
Vekt	7.250	g/pose	-	(M.Glomvik, personlig kommunikasjon, 02.05.23)
Kalsitt	0.732	g/enhet	0.101*7.25	(Dolci mfl., 2021)
Grus	2.784	g/enhet	0.384*7.25	(Dolci mfl., 2021)
Natriumklorid	3.190	g/enhet	0.440*7.25	(Dolci mfl., 2021)
Gass	0.002370	m ³ /enhet	0.327*7.25	(Dolci mfl., 2021)
Olje	1.363	g/enhet	0.188 *7.25	(Dolci mfl., 2021)
Korn(mais)	2.530	g/enhet	0.349*7.25	(Dolci mfl., 2021)
Frø (oljeplanter, raps)	1.181	g/enhet	0.163*7.25	(Dolci mfl., 2021)
Frø (oljeplanter, solsikke)	1.181	g/enhet	0.163*7.25	(Dolci mfl., 2021)
Vannforbruk	0.00168	m ³ /enhet	0.233*7.25	(Dolci mfl., 2021)
Elektrisitetsforbruk	0.00621	kWh/enhet	-	(mitja'mori'life'2023)
Poser per last	3 000 000	stk	-	(M.Glomvik, 02.05.2023)
Vekt per last	21 750	kg	3000000* 0.00725	-
Transport til lager	996	km	-	(Estimert fra Google Maps)
Transport til lager per enhet	0.0072	tkm/enhet	21 750*996 /3 000 000	-

Tabell 2: Produksjon av bio-posen og transport av posene til lager

Papirposen	Verdi	Enhet	Kalkulasjon	Referanse
Vekt	25	g/pose	-	(J.N.Jensen, personlig kommunikasjon, 12.04.2023)
Papir	25	g/enhet	-	-
Elektrisitetsforbruk		kWh	-	
Poser per last	1 000 000	stk	-	(J.N.Jensen, personlig kommunikasjon, 12.04.2023)
Vekt per last	25 000	kg	$(25*1\,000\,000)/1000$	-
Transport til lager	740	km	-	(Estimert fra Google Maps)
Transport til lager per pose	0.02	tkm	$25\,000*740 / 1\,000\,000$	-

Tabell 3: Produksjon av papirposen og transport av papirposene til lager

	Verdi	Enhet	Kalkulasjon	Referanse
Pappeske (plastpose)	2.870	g/enhet	$1.4* (3000000/1462000)$	
Pappeske (bio-pose)	1.400	g/enhet		(Dolci mfl., 2021)
Pappeske (papirpose)	4.200	g/enhet	$1.4* (3000000/1000000)$	
Plastfilm (bio-pose)	0.182	g/enhet	-	(Dolci mfl., 2021)
Plastfilm (plastpose)	0.220	g/enhet	$0.182* (8.78/7.25)$	-
Tre pall (plastpose)	0.070	g/enhet	$0.061* (8.78/7.62)$	(Civancik-Uslu mfl., 2019)
Tre pall (bio-pose)	0.058	g/enhet	$0.096* (7.25/12)$	(Civancik-Uslu mfl., 2019)
Tre pall (papirpose)	0.200	g/enhet	$0.44* (25/55)$	(Civancik-Uslu mfl., 2019)

Tabell 4: Lastet for transport - bio- og plastpose

Referanse	Verdi	Enhet	Kalkulasjon
Gjennomsnittlig avstand til utlevering (Estimert fra Google Maps)	40	km	
Transport per enhet (Plastpose)	0.00035	tkm	$40 * 12.82 / 1\ 462\ 000$
Transport per enhet (Bio-pose)	0.00029	tkm	$40 * 21.75 / 3\ 000\ 000$
Transport per enhet (Papirpose)	0.001	tkm	$40 * 25 / 1\ 000\ 000$

Tabell 5: Lager til utlevering

	Verdi	Enhet	Kalkulasjon	Referanse
Avstand bruker til sorteringsanlegg	30	km	-	(Seldal, 2014)
Mengde avfall per renovasjonsbil	5.5	tonn	-	(Seldal, 2014)
Transport per enhet	0.03	tkm	$5.5 \cdot 30 / 5500$	
Avstand sorteringsanlegg til biogassanlegg	35	km	-	(Lyng og Saxegård, 2020)
Avfall inn i året	84 211	tonn/år	-	(O.G.Terjesen, personlig kommunikasjon, 20.03.2023)
Matavfall ut i året	12 607	tonn/år	-	(O.G.Terjesen, personlig kommunikasjon, 20.03.2023)
Elektrisitetsforbruk totalt	2266089.2	kWh/år	-	(O.G.Terjesen, personlig kommunikasjon, 20.03.2023)
Elektrisitetsforbruk per enhet	0.0269	kWh/kg	$(2266089 / 84211) / 1000$	-

Tabell 6: Sorteringsanlegget

	Verdi	Enhet	Kalkulasjon	Referanse
Transport til RBA fra bruker (Papir og bio-pose)	65	km	-	(Lyng og Saxegård, 2020)
Mengde avfall per renovasjonsbil	5.5	tonn	-	(Seldal, 2014)
Transport per enhet	0.065	tkm/enhet	$5.5 \cdot 65 / 5500$	(Seldal, 2014)
Matavfall inn	25 465	tonn/år	-	(Lyng og Saxegård, 2020)
Matavfallsubtrat inn	2 681	tonn/år	-	(Lyng og Saxegård, 2020)
Husdyrgjødsel inn	53	tonn/år	-	(Lyng og Saxegård, 2020)
Elektrisitetsforbruk totalt	6.8	gWh/år	-	(Lyng og Saxegård, 2020)
Elektrisitetsforbruk per kg	0.266	kWh/kg	$6.8 / (25465 + 2681 + 53) / 1000$	-
Matavfall som blir med posemateriale	2	%	-	(Dolci mfl., 2021)
Matavfall som blir med posemateriale	0.02	kg/kg matavfall	-	-
Vannforbruk	34 868	m ³ /år	-	(Lyng og Saxegård, 2020)
Vannforbruk per enhet	0.0012	m ³ /år	$34868 / (28199 \cdot 1000)$	-

Tabell 7: Romerike biogassanlegg behandling

Vedlegg 2: Plukkanalyser

Type pose	Region	Avfallsselskap	Utsorteringsgrad, %	Areal under 60 kvm, %
Plastpose	Øst	Renovasjonsselskapet for Drammensregionen (RfD)	67.04	13.85
Plastpose	Øst	Renovasjons- og gjenvinningsetaten, Oslo Kommune	26.40	35.45
Plastpose	Øst	Romerike avfallsforedling IKS (ROAF)	54.60	15.78
Plastpose	Øst	Sør-østerdal interkommunale renovasjonsselskap (SØIR)	63.75	14.41
Plastpose	Øst	Øvre Romerike avfallsselskap IKS (ØRAS)	25.00	12.68
Plastpose	Øst	Sirkula IKS	72.65	11.68
Plastpose	Øst	Follo Ren IKS	46.85	14.58
Plastpose	Øst	Indre østfold renovasjon	45.20	9.41
Plastpose	Øst	Halden renovasjon	54.00	14.12
Plastpose	Øst	Asker kommune	69.60	10.00
Plastpose	Øst	Bærum kommune	50.02	17.02

Table 1: 11 Avfallsselskap brukt til analyse av areal

Type pose	Region	Avfallsselskap	Utsorteringsgrad, %	Boligblokk, % av befolkning
Plastpose	Øst	Renovasjonsselskapet for Drammensregionen (RfD)	67.04	8.72
Plastpose	Øst	Renovasjons- og gjenvinningsetaten, Oslo Kommune	26.40	65.40
Plastpose	Øst	Romerike avfallsforedling IKS (ROAF)	54.60	15.26
Plastpose	Øst	Sør-østerdal interkommunale renovasjonsselskap (SØIR)	63.75	7.47
Plastpose	Øst	Øvre Romerike avfallsselskap IKS (ØRAS)	25.00	11.43
Plastpose	Øst	Sirkula IKS	72.65	8.58
Plastpose	Øst	Follo Ren IKS	46.85	12.63
Plastpose	Øst	Indre østfold renovasjon	45.20	4.83
Plastpose	Øst	Halden renovasjon	54.00	9.60
Plastpose	Øst	Asker kommune	69.60	14.30
Plastpose	Øst	Bærum kommune	50.02	28.70

Table 2: 11 Avfallsselskap brukt til analyse av boligblokk

Type pose	Region	Avfallsselskap	Utsorteringsgrad, %	% Andel fritidsboliger
Plastpose	Øst	Renovasjonsselskapet for Drammensregionen (RfD)	67.04	10.16
Plastpose	Øst	Renovasjons- og gjenvinningsetaten, Oslo Kommune	26.40	0.637
Plastpose	Øst	Romerike avfallsforedling IKS (ROAF)	54.60 4.21	
Plastpose	Øst	Sør-østerdal interkommunale renovasjonsselskap (SØIR)	63.75	33.98
Plastpose	Øst	Øvre Romerike avfallsselskap IKS (ØRAS)	25.00	4.46
Plastpose	Øst	Sirkula IKS	72.65	18.08
Plastpose	Øst	Follo Ren IKS	46.85	9.86
Plastpose	Øst	Indre østfold renovasjon	45.20	9.23
Plastpose	Øst	Halden renovasjon	54.00	10.31
Plastpose	Øst	Asker kommune	69.60	9.26
Plastpose	Øst	Bærum kommune	50.02	1.27

Table 3: 11 Avfallsselskap brukt til analyse av fritidsboliger

Vedlegg 3: LCA resultater

Impact category	Unit	Plastpose	Papirpose	Bio-pose
Global warming	kg CO2 eq	4.15E+00	1.46E+00	3.64E+00
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	3.55E-06	1.96E-06	1.14E-05
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	6.24E-01	6.79E-01	5.91E-01
Ozone formation, Human health	kg NOx eq	1.29E-02	6.69E-03	1.45E-02
Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	9.55E-03	2.23E-03	6.32E-03
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	1.33E-02	6.95E-03	1.48E-02
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	2.40E-02	5.78E-03	1.89E-02
Freshwater eutrophication	kg P eq	3.84E-03	2.09E-03	1.42E-03
Marine eutrophication	kg N eq	4.12E-04	2.85E-04	2.59E-03
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	2.84E+01	2.21E+01	3.59E+01
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	3.49E-01	1.10E-01	2.70E-01
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	4.56E-01	1.51E-01	3.50E-01
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	3.92E-01	1.39E-01	2.57E-01
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	5.95E+00	1.84E+00	3.68E+00
Land use	m2a crop eq	2.94E-01	1.90E+00	2.43E+00
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	1.60E-02	6.44E-03	1.58E-02
Fossil resource scarcity	kg oil eq	1.47E+00	3.94E-01	1.41E+00
Water consumption	m3	1.10E+00	3.86E-01	1.50E+00

Tabell 1: Resultater sammenligning LCA

PLASTPOSE

Påvirkningskategori	PCR LDPE	HDPE	LDPE	Plastfilm til innpakning	Pappeske til transport
Globalt oppvarmingspotensial (kg CO2 eq)	2.33E-01	2.14E-01	9.55E-01	7.51E-02	3.08E-01
Stratospheric ozone depletion	1.10E-07	1.52E-07	1.63E-07	1.60E-08	2.87E-07
Ionizing radiation	5.30E-02	4.62E-02	3.69E-02	6.60E-03	3.04E-02
Ozone formation, Human health	4.19E-04	5.12E-04	2.26E-03	1.72E-04	7.36E-04
Fine particulate matter formation	2.44E-04	3.53E-04	1.17E-03	9.29E-05	3.68E-04
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	4.26E-04	5.24E-04	2.48E-03	1.88E-04	7.53E-04
Terrestrisk forsurening (kg SO2 eq)	5.75E-04	7.08E-04	2.69E-03	2.16E-04	9.65E-04
Eutrofiering av ferskvann (kg P eq)	3.09E-04	6.73E-04	2.52E-04	2.75E-05	2.22E-04
Eutrofiering av marine miljøer (kg N eq)	4.37E-05	4.60E-05	2.11E-05	2.52E-06	1.50E-04
Terrestrisk økotoksitet (kg 1,4-DCB)	8.25E-01	1.72E+00	1.80E+00	1.43E-01	1.15E+00
Økotoksitet i ferskvann (kg 1,4-DCB)	4.31E-02	2.44E-02	2.22E-02	1.99E-03	1.53E-02
Økotoksitet i marine miljø (kg 1,4-DCB)	5.62E-02	3.20E-02	2.96E-02	2.65E-02	2.02E-02
Human toksitet (kg 1,4-DCB)	2.21E-02	5.17E-02	3.55E-02	3.21E-03	2.08E-02
Human non-carcinogenic toxicity	8.12E-01	4.50E-01	5.22E-01	4.90E-02	3.42E-01
Land use	7.30E-03	2.39E-02	1.04E-02	2.18E-03	1.29E-01
Mineral resource scarcity	7.32E-04	2.85E-03	1.60E-03	1.38E-04	1.10E-03
Forbruk av fossil energi (kg oil eq)	5.41E-02	5.06E-02	6.40E-01	4.64E-02	8.65E-02

Transport fra produksjon	Transport til utlevering + biogass	Elektrisitet produksjon	Elektrisitet sorteringsanlegg	Elektrisitet biogass	Avfallsbehandling papp
4.01E-01	3.78E-01	8.10E-01	6.79E-02	6.58E-01	4.97E-02
1.45E-07	1.42E-07	1.26E-07	2.19E-07	2.12E-06	6.46E-08
9.61E-03	8.73E-03	8.17E-03	3.96E-02	3.85E-01	1.28E-04
2.80E-03	2.71E-03	1.80E-03	1.34E-04	1.30E-03	5.68E-05
6.40E-04	6.37E-04	5.17E-03	8.12E-05	7.88E-04	1.28E-05
2.85E-03	2.76E-03	1.80E-03	1.37E-04	1.33E-03	5.73E-05
1.53E-03	1.46E-03	1.37E-02	1.92E-04	1.86E-03	3.20E-05
7.91E-05	7.41E-05	1.72E-03	3.25E-05	3.16E-04	1.33E-04
2.50E-06	2.21E-06	1.04E-04	2.74E-06	2.66E-05	1.08E-05
7.17E+00	8.75E+00	5.49E-01	5.83E-01	5.66E+00	5.97E-02
7.61E-03	6.00E-03	4.83E-02	1.67E-02	1.62E-01	1.84E-03
1.40E-02	1.26E-02	6.58E-02	2.07E-02	2.00E-01	2.42E-03
1.71E-02	1.40E-02	8.85E-02	1.29E-02	1.25E-01	1.83E-03
2.86E-01	2.52E-01	1.82E+00	1.27E-01	1.23E+00	5.22E-02
2.14E-02	3.01E-02	1.90E-03	6.29E-03	6.11E-02	2.47E-04
7.76E-04	6.28E-04	2.21E-04	7.41E-04	7.19E-03	3.17E-05
1.39E-01	1.35E-01	1.67E-01	1.36E-02	1.32E-01	1.62E-03

Tabell 2: Resultater for plastpose LCA

BIO-POSE

Påvirkningskategori	Kalsitt	Grus	Natriumklorid	Gass	Olje	Korn	Rapsfrø
Globalt oppvarmingspotensial (kg CO2 eq)	2.12E-04	5.89E-03	5.58E-02	1.02E-01	6.89E-02	1.98E-01	1.74E-01
Terrestrisk forsurening (kg SO2 eq)	2.93E-06	2.55E-05	3.25E-04	3.65E-04	6.11E-04	1.72E-03	2.61E-03
Eutrofiering av ferskvann (kg P eq)	4.06E-08	2.57E-06	4.61E-05	9.55E-06	8.13E-05	8.79E-05	6.01E-05
Eutrofiering av marine miljøer (kg N eq)	2.27E-09	1.55E-07	2.38E-06	1.29E-06	5.55E-07	2.05E-04	6.27E-04
Terrestrisk økotoksitet (kg 1,4-DCB)	4.08E-04	4.61E-02	1.16E+00	2.67E-02	1.76E-01	7.47E-01	5.87E-01
Økotoksitet i ferskvann (kg 1,4-DCB)	3.26E-06	2.31E-04	1.42E-02	1.04E-03	8.56E-04	7.76E-03	5.60E-03
Økotoksitet i marine miljø (kg 1,4-DCB)	4.48E-06	3.28E-04	1.84E-02	1.55E-03	1.46E-03	8.22E-03	7.32E-03
Human toksitet (kg 1,4-DCB)	1.00E-05	6.48E-04	1.22E-02	2.50E-03	3.08E-03	9.10E-03	6.88E-03
Forbruk av fossil energi (kg oil eq)	6.15E-05	1.75E-03	1.38E-02	2.96E-01	1.99E-01	3.69E-02	2.96E-02

Solsikkefrø	Transport prod	Pappeske	Plastfilm	Transport	Transport	Elektrisitet prod	Elektrisitet bio	Avfallsbehandling papp
2.41E-01	1.12E-01	1.82E-01	7.53E-02	8.18E-01	3.65E-03	7.43E-01	7.97E-01	6.02E-02
2.39E-06	4.06E-08	1.69E-07	1.61E-08	3.11E-07	1.39E-09	6.03E-07	2.57E-06	7.82E-08
2.78E-03	2.69E-03	1.79E-02	6.62E-03	1.88E-02	8.37E-05	5.50E-02	4.66E-01	1.55E-04
8.50E-04	7.84E-04	4.35E-04	1.73E-04	5.90E-03	2.63E-05	2.59E-03	1.57E-03	6.88E-05
4.76E-04	1.79E-04	2.17E-04	9.31E-05	1.39E-03	6.22E-06	1.60E-03	9.54E-04	1.55E-05
8.68E-04	7.97E-04	4.45E-04	1.88E-04	6.01E-03	2.68E-05	2.63E-03	1.61E-03	6.94E-05
1.83E-03	4.27E-04	5.70E-04	2.17E-04	3.18E-03	1.42E-05	4.72E-03	2.26E-03	3.87E-05
7.19E-05	2.21E-05	1.31E-04	2.75E-05	1.60E-04	7.14E-07	1.74E-04	3.82E-04	1.61E-04
1.60E-03	6.99E-07	8.85E-05	2.52E-06	4.71E-06	2.10E-08	1.05E-05	3.22E-05	1.30E-05
6.77E-01	2.01E+00	6.77E-01	1.44E-01	1.98E+01	8.85E-02	2.80E+00	6.85E+00	7.24E-02
7.18E-03	2.13E-03	9.06E-03	1.99E-03	1.24E-02	5.55E-05	8.90E-03	1.96E-01	2.22E-03
8.06E-03	3.91E-03	1.19E-02	2.66E-03	2.70E-02	1.21E-04	1.32E-02	2.43E-01	2.93E-03
7.40E-03	4.78E-03	1.23E-02	3.21E-03	2.94E-02	1.31E-04	1.20E-02	1.51E-01	2.22E-03
3.43E-01	8.00E-02	2.02E-01	4.91E-02	5.38E-01	2.40E-03	1.91E-01	1.49E+00	6.32E-02
1.34E+00	5.98E-03	7.63E-02	2.18E-03	6.98E-02	3.11E-04	4.25E-02	7.39E-02	2.99E-04
1.00E-03	2.17E-04	6.51E-04	1.39E-04	1.31E-03	5.85E-06	6.03E-04	8.71E-03	3.84E-05
3.00E-02	3.89E-02	5.11E-02	4.65E-02	2.93E-01	1.31E-03	2.15E-01	1.60E-01	1.96E-03

Tabell 3: Resultater Bio-pose LCA

PAPIRPOSE

Påvirkningskategori	Pappeske	Transport produksjon	Kraft papir	Transport	Transport	Elektrisitet prod	Elektrisitet biogass	Avfallsbehandling papp
Globalt oppvarmingspotensial (kg CO2 eq)	1.58E-01	1.33E-01	5.64E-01	3.65E-03	2.37E-01	6.49E-02	2.42E-01	5.24E-02
Terrestrisk forsurening (kg SO2 eq)	4.96E-04	5.06E-04	2.87E-03	1.42E-05	9.22E-04	2.51E-04	6.84E-04	3.37E-05
Eutrofiering av ferskvann (kg P eq)	1.14E-04	2.62E-05	1.62E-03	7.14E-07	4.64E-05	3.11E-05	1.16E-04	1.40E-04
Eutrofiering av marine miljøer (kg N eq)	7.70E-05	8.28E-07	1.75E-04	2.10E-08	1.37E-06	9.20E-06	9.78E-06	1.13E-05
Terrestrisk økotoksitet (kg 1,4-DCB)	5.89E-01	2.38E+00	1.06E+01	8.85E-02	5.76E+00	5.11E-01	2.08E+00	6.30E-02
Økotoksitet i ferskvann (kg 1,4-DCB)	7.89E-03	2.52E-03	2.50E-02	5.55E-05	3.61E-03	9.15E-03	5.94E-02	1.93E-03
Økotoksitet i marine miljø (kg 1,4-DCB)	1.04E-02	4.63E-03	3.99E-02	1.21E-04	7.83E-03	1.15E-02	7.36E-02	2.55E-03
Human toksitet (kg 1,4-DCB)	1.07E-02	5.66E-03	5.75E-02	1.31E-04	8.52E-03	8.86E-03	4.58E-02	1.93E-03
Forbruk av fossil energi (kg oil eq)	4.44E-02	4.60E-02	1.52E-01	1.31E-03	8.49E-02	1.49E-02	4.86E-02	1.71E-03

Tabell 4: Resultater papirpose LCA

Vedlegg 4: Datainnsamling

Excel dokument.

