



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2024 30 stp.

Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

LCA av sirkulære løsninger for plast og plastavfall

*LCA of circular solutions for plastics and plastic
waste*

Una Alnæs Fimland

Fornybar energi

Forord

Denne oppgaven markerer avslutningen på min mastergrad innen studieprogrammet Fornybar Energi ved Norges miljø - og biovitenskapelige universitet i Ås.

Jeg ønsker først og fremst å rette en stor takk til Ole Jørgen Hanssen, som har vært en svært hjelpsom, stødig og kunnskapsrik veileder underveis i denne skriveprosessen!

Samtidig vil jeg si tusen takk til Pieter Callewaert for god hjelp med kilder, gjennomføring av livsløpsvurdering og veiledning innenfor programmet SimaPro!

Jeg vil også takke NORSUS, som har latt meg arbeide i deres SimaPro database, slik at jeg fikk gjennomført mine analyser.

Så ønsker jeg å takke Raymond Olsen fra Mitra AS, som ga meg et godt innblikk i deres brøytstikkproduksjon. Dette var også til god hjelp for oppgaven min, og hjalp meg med å få en bedre forståelse innenfor feltet.

Så vil jeg også takke foreldrene mine for god støtte underveis i skriveprosessen, og for å ha korrekturlest oppgaven!

Norges miljø – og biovitenskapelige universitet

Ås, 15. mai 2024

Una Alnæs Fimland

Una Alnæs Fimland

Sammendrag

Per dags dato (2024), er det fremdeles mye plast i Norge som ikke materialgjenvinnes. Dette til tross for vår forpliktelse til å nå EU sine materialgjenvinningsmål de kommende årene, samt til tross for at Norge har et relativt godt utviklet gjenvinningsystem sammenlignet med mange andre land i EU. Materialgjenvinningsmålet til EU for plast er i første omgang på 50% innen 2025, med en opptrapping til 55% innen 2030. En ganske fersk rapport fra Grønt Punkt Norge som ble delt i april i år, viste at vi lå på 34% prosent i 2023 for plast. Det er en betraktelig økning fra året før, men å nå målet som er satt i 2025, er urealistisk med dagens forutsetninger.

Mesteparten av plasten som produseres og samles inn i Norge for å behandles, blir eksportert til utlandet for å finsorteres og materialgjenvinnes, for så å bli importert tilbake til Norge som resirkulert plast. I 2023 ble så mye som 85% av plasten eksportert til Tyskland for finsortering og materialgjenvinning, mens 0,1% av plasten ble behandlet i Norge. Denne oppgaven vil blant annet vurdere klimanytten av å behandle plast lokalt fremfor regionalt, med et konkret eksempel ved en livsløpsvurdering av brøytetikker.

Det geografiske omfanget av analysene som har blitt gjort i denne oppgaven er Møre og Romsdal i Norge, med fokus på Kristiansund. Denne masteroppgaven forsøker å kartlegge mengdene av plast i Kristiansund gjennom materialstrømsanalyse, samtidig som den ser på klimanytten ved å bruke materialgjenvunnet plast i produksjon av nye produkter, som erstatning for eller supplement til en materialsammensetning av jomfruelig og resirkulert plast. Det har blitt gjennomført en livsløpsvurdering av brøytetikker, som tok for seg bruk av resirkulert polypropylen i stikkene med sammenligning av referansestrømmer basert på materialsammensetning.

Det er flere formål med denne masteroppgaven. Blant annet å vurdere mulighetene for et lokalt kretsløp, hvilket kan være av interesse for aktører som Remidt og Kristiansund kommune. I tillegg er det et mål med oppgaven å kartlegge ovenfor Replast hvor det er mulig å samle inn plast, da særlig hardplast, til materialgjenvinning gjennom materialstrømsanalyse. For Replast kan det også være interessant å se klimanytten av å bruke resirkulert polypropylen i brøytetikker, da dette er noe de har vurdert å produsere. Samtidig kan det være interessant for Plastretur å se potensiale for lokale finsorterings - og gjenvinningsanlegg.

Resultatene fra livsløpsvurderingen, viste at produksjon av brøytetikker produsert med jomfruelig polypropylen ga 0,83 utslipp i kg CO₂-ekvivalenter, mens brøytetikker produsert

med resirkulert polypropylen, ga 0,20 utslipp i kg CO₂-ekvivalenter. Det ble i tillegg gjort en scenariovurdering som vurderte klimanytten av å behandle og materialgjenvinne platen lokalt i Kristiansund, fremfor å eksportere og importere denne til Tyskland. Resultatene av scenariovurderingen viste at man kan redusere CO₂-utslippene med 25 prosent ved å behandle platen lokalt i Kristiansund. Det ble gjort antagelser og forutsetninger om at det finnes ettersorterings - og materialgjenvinningsanlegg i Kristiansund for å gjennomføre denne scenariovurderingen.

Resultatene av materialstrømsanalysen, viser at det ikke finnes gode nok ordninger som sikrer en helhetlig kartlegging av plastproduksjon – og avfallshåndtering til å kunne utføre en komplett materialstrømsanalyse av plast.

Abstract

As of today (2024) there is still too much plastic not being recycled in Norway, despite our commitment to reach the EU's recycling goals in the coming years, and despite Norway having a relatively well-developed recycling system compared to many other countries in the EU. The EU's recycling target for plastic is initially set at 50% by 2025, with an increase to 55% by 2030. A fairly recent report from Grønt Punkt Norge, shared in April this year, indicated that we reached 34% recycling for plastic in 2023. This represents a significant increase from the previous year, but achieving the 2025 goal with current conditions is unrealistic.

Most of the plastic produced and collected in Norway for processing is exported abroad for sorting and recycling, then imported back to Norway as recycled plastic. As much as 85% of the plastic is exported to Germany for sorting and recycling, while only 0,1% is processed in Norway in 2023. This study, will among other things, assess the climate benefits of processing plastic locally versus regionally, with a specific example being a life cycle assessment of snowplow stakes.

The geographic scope of the analyses conducted in this study is Møre and Romsdal in Norway, with a focus on Kristiansund. This master's thesis attempts to map the quantities of plastic in Kristiansund through material flow analysis, while also examining the climate benefits of using recycled plastic in the production of new products, as a replacement for or supplement to a composition of virgin and recycled plastic. As mentioned, a life cycle assessment of snowplow stakes was conducted, including the use of recycled polypropylene in the stakes with comparisons of reference flows based on material composition.

The purpose of this master's thesis is among other things, to illustrate the possibilities of a local circular economy, which may be of interest to stakeholders such as Remidt and Kristiansund municipality. Additionally, the aim of the thesis is to identify to Replast where it is possible to collect plastic, especially hard plastic, for recycling through material flow analysis. For Replast, it may also be interesting to see the climate benefits of using recycled polypropylene in snowplow stakes, as this is something they have considered producing. At the same time, it may be interesting for Plastretur to see the potential for local sorting and recycling facilities.

The results of the life cycle assessment showed that the production of snowplow stakes using virgin polypropylene resulted in 0,83 kg CO₂ -equivalents emissions, while stakes produced

with recycled polypropylene resulted in 0,20 kg CO₂ - equivalents emissions. Additionally, a scenario assessment was conducted to evaluate the climate benefits of processing and recycling the plastic locally in Kristiansund, rather than exporting and importing it to Germany. The results of this assessment showed that CO₂-emissions could be reduced by 25% by processing the plastic locally in Kristiansund. Assumptions and conditions were made that there are sorting and recycling facilities in Kristiansund to conduct this scenario assessment.

The results of the material flow analysis show that there are not sufficient schemes in place to ensure comprehensive mapping of plastic production and waste management to perform a complete material flow analysis of plastic waste.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	15
1.1	Introduksjon	15
1.2	Bakgrunn for valg av tema	17
1.2.1	Sirkulærøkonomi og EUs handlingsplan.....	17
1.2.2	Grønt Punkt Norge.....	18
1.2.3	Plastretur AS.....	19
1.2.4	ReMidt IKS.....	20
1.2.5	Replast AS	20
1.2.6	Kildesortering	20
1.2.7	Hardplast.....	21
1.3	Oppgavens oppbygging.....	22
2	MÅL OG PROBLEMSTILLING FOR OPPGAVEN	22
2.1	Målet med oppgaven	22
2.2	Problemstilling.....	23
2.3	Forskningsspørsmål	23
3	KUNNSKAPSGRUNNLAG.....	24
3.1	Generelt om plast	24
3.2	Sortering og resirkulering av plastemballasje.....	26
3.3	Klimanytten av å bruke resirkulert plast fremfor jomfruelig plast i nye produkter	30
3.4	Klimanytten ved å materialgjenvinne plast lokalt	31
3.5	Materialsammensetning og produksjonsprosessen til brøytetikker	34
3.6	Tidligere forskning som er gjort på brøytetikker	35
4	METODIKK OG DATAGRUNNLAG.....	39
4.1	Generell forskningsmetode	39
4.2	Materialstrømanalyse (MFA)	40

4.3	Livsløpsvurdering (LCA).....	42
4.4	Oversikt.....	42
4.5	Metodikk.....	42
4.6	Mål og omfang.....	43
4.6.1	Funksjonell enhet.....	44
4.6.2	Produktsystemer studert.....	44
4.6.3	Systemgrenser.....	45
4.6.4	Krav til data	46
4.6.5	Kilder til data	48
4.6.6	Usikkerhet knyttet til valg av data	50
5	RESULTATER	50
5.1	Forskningsspørsmål 1 og 2: Hvor oppstår hardplastavfall i regionen Kristiansund i dag, hvor store mengder er dette, og hvor behandles det?.....	50
5.1.1	Materialstrømsanalyse plast.....	50
5.2	Forskningsspørsmål 3 og 4: Hva er miljøpåvirkningen målt i globale oppvarmingspotensialer (GWP) av å produsere brøytetikker med resirkulert plast analysert med livsløpsvurdering (LCA)?.....	56
5.2.1	Resultater LCA målt i globale oppvarmingspotensialer (GWP)	56
5.2.2	Scenariovurdering.....	60
6	DISKUSJON.....	62
6.1	Oppsummering av resultatene	62
7	KONKLUSJON	66
8	REFERANSER	67

LISTE OVER FIGURER

Figur 1 illustrerer prosessering av husholdningsplast (Syversen, F., 2018).	27
Figur 2 illustrerer hvor norsk husholdningsplast ble materialgjenvunnet i 2023 (Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023, 2024).	29
Figur 3 illustrerer mengden plastemballasje som ble materialgjenvunnet i 2023 (Gjenvinningsåret 2023: Mer emballasje materialgjenvinnes, 2024).	30
Figur 4 illustrerer produksjon av brøytestikker hos Mitra AS (Raymond Olsen, 2024).	35
Figur 5 illustrerer vekten til ulike typer av brøytestikker (Bolme, I, 2021).	39
Figur 6 illustrerer Multiconsult sine resultater fra deres livsløpsvurdering av brøytestikker i rapporten av Statens Vegvesen (Bolme, 2021).	39
Figur 7 illustrerer systemet med systemgrenser for livsløpsvurderingen.	45
Figur 8 illustrerer prosesser knyttet til å resirkulere polypropylen (Michael Pinkel, J. D., 2019).	47
Figur 9 presenterer dataene fra tabell 1 i et søylediagram.	52
Figur 10 illustrerer fra hvilken kunde plastfraksjonene kommer fra, oppgitt i tonn i et arealdiagram. Av diagrammet leses det at Lerøy Midt AS er den største leverandøren av plastfraksjoner til Retura.	52
Figur 11 illustrerer hvilken kunde godsslagene av plastfraksjoner kommer fra, med vekt, oppgitt i tonn.	53
Figur 12 illustrerer hardplast/plast samlet inn gjennom Ryddenorge i 2023.	54
Figur 13 illustrerer topp 10 avfallsfunn gjort gjennom ryddeaksjoner av Ryddenorge i Møre og Romsdal i 2023.	54
Figur 14 illustrerer hvor de største avfallsfunnene ble gjort gjennom ryddeaksjoner av Ryddenorge i Møre og Romsdal i 2023.	55
Figur 15 illustrerer hvilke næringer avfallet kom fra under Ryddenorge sine ryddeaksjoner i Møre og Romsdal i 2023.	55
Figur 16 illustrerer CO ₂ - utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av 1 kg polypropylen.	57

Figur 17 illustrerer mengden CO ₂ - utslipp i kg ekvivalenter knyttet til produksjon av én brøytestikke.	58
Figur 18 illustrerer CO ₂ - utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av 20 stk brøytestikker som dekker 1 km med vei.....	59
Figur 19 illustrerer CO ₂ - utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av 76 stk brøytestikker som dekker 1 km over 5 år.....	60
Figur 20 illustrerer fossile CO ₂ - utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av 1 kg resirkulert polypropylen inkludert transport.	62

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1 illustrerer EU sine mål for materialgjenvinning gjeldende for kommende år (Syversen, F., 2018).	16
Tabell 2 er hentet fra (Bolme, I, 2021), og viser oversikt over skadeutfall for ulike typer av brøytetikker. Det bør påpekes at det er uvisst om plaststikkene.	36
Tabell 3 viser en oversikt over de ulike plaststikkenes utfall av slag – og kuldetesten (Bolme, I, 2021).	37
Tabell 4 viser resultatene fra bøyetesten, med nedbøyning og tilbakegang (Bolme, I, 2021).	38
Tabell 5 illustrerer fasene i en materialstrømanalyse (Christensen, J. A, 1998).	42
Tabell 6 illustrerer data til livsløpsvurderingen.	49
Tabell 7 illustrerer data til livsløpsvurderingen fra Ecolnvent 3 sin database.	50
Tabell 8 illustrerer plastfraksjoner hentet inn av Retura i 2023 sortert etter vekt og godsslag.	51
Tabell 9 illustrerer kun mengdene hardplast, emballasje i tonn, inkludert kundene som leverte inn dette.	53

DEFINISJONER OG FORKORTELSER

CO ₂ – ekvivalent	CO ₂ – ekvivalent er en enhet som brukes i klimagassregnskap. Enheten tilsvarer den effekten en gitt mengde CO ₂ har på den globale oppvarmingen over en gitt tidsperiode (Norge, G. P., 2022).
LCA	Life Cycle Assessment/livsløpsvurdering/livsløpsanalyse.
PP	Polypropylen (hardplast).
PET	Polyetylentereftalat (hardplast).
HDPE	Polyetylen (hardplast).
MFA	Materialstrømanalyse, «en systematisk vurdering av strømmer og beholdninger av materialer innen et gitt system definert i rom og tid» (EMne - Materialstrømanalyse - TVM4160 - NTNU, n.d.)
FU	Funksjonell enhet.
Referansestrøm	Grunnlag for livsløpsvurdering av et system sammen med FU.
GWP	Globale oppvarmingspotensialer (Global Warming Potential).
PE – LD	Polyeten (Low Density).
PE – HD	Polyeten (High Density).
GPN	Grønt Punkt Norge.

1 INNLEDNING

1.1 Introduksjon

Vi står i dag ovenfor en rekke utfordringer med plast, som skaper behov for forebyggende tiltak. Disse tiltakene inkluderer et redusert forbruk av plast, økt materialgjenvinning av plast, behov for redusert klimafotavtrykk ved bruk av plast, redusere forsøpling fra plastprodukter, samt å redusere utslippene fra mikroplast (Syversen, F., 2020). Med et mål om å oppnå en sirkulærøkonomi, så henger alle disse utfordringene tett sammen, og det er nødvendig med kunnskap på tvers mellom forskjellige aktører i verdikjeden.

Det årlige forbruket av plast har hatt en jevn økning de siste 50 årene. Plasten har blitt stadig mer dominerende, og fått en bred anvendelse i diverse produkttyper i samfunnet (Syversen, F., 2020). Det finnes mange ulike varianter av plast, med både kort og lang levetid. Plasttyper med kort levetid, som for eksempel emballasjeplast, blir raskt til plastavfall.

Det finnes også plast som inngår i plastgrupper med mye lenger levetid. Disse typene av plast kan ha en levetid på 10 – 50 år, som vil si at vi risikerer enda større, uante mengder med plastavfall i fremtiden. Vi har ikke nødvendigvis gode planer for håndtering av dette plastavfallet ennå, selv om det fremdeles per dags dato er høy pågående produksjon av jomfruelig plast. Mye av platen havner også på avveie. Det er denne platen vi finner som forsøpling langs strender, og som marin plastforsøpling i havet.

Verdikjeden for plast i Norge, kan deles inn i produksjon, årlig tilførsel av nye plastprodukter på markedet, plast som er i bruk i samfunnet, plast som ender opp i en avfallsstrøm og blir behandlet, og til sist forsøpling av plast (Syversen, F., 2020).

Frem til nå er andelen av plastavfall som blir materialgjenvunnet til nye produkter for lav i henhold til EU sine krav og mål (Syversen, F., 2020). EU sitt mål for materialgjenvinning er på 50% innen 2025 i første omgang, så opp til 55% innen 2030. I 2023 lå vi på ca. 34% for plastemballasje. For andre plastprodukter så er det indikert at omtrent 24% av plastproduktene på markedet går til materialgjenvinning. Utfordringene med plastgjenvinning, bunner ofte i at det finnes mange typer plast av forskjellig kvalitet, der sammensetningen gjør gjenvinning utfordrende. I tillegg er det ofte utfordrende å vite hvor platen og plastavfallet ender opp, og det er svært krevende å utføre gode materialstrømsanalyser av plast på grunn av mangel på kartlegging, som fører til at det å skaffe data blir utfordrende.

	2025	2030	2035
Kommunalt avfall	55%	60 %	65 %
Plastemballasje	50 %	55 %	

Tabell 1 illustrerer EU sine mål for materialgjenvinning gjeldende for kommende år (Syversen, F., 2018).

Plastretur fant ut at det i snitt i 2022 ble samlet inn 8 kilo med plastemballasje per innbygger i Norge (Her samlet de inn flest kilo plast per innbygger, 2023). I noen kommuner ble det samlet inn over 13 kilo. Det ble totalt kildesortert og samlet inn mer enn 30.000 tonn husholdningsplast fra 326 kommuner, spredt over hele landet. Potensialet er likevel større, da det er store mengder gjenvinnbar plastemballasje som blir kastet i restavfallet. Det får ikke Plastretur tilgang på, og det blir da heller ikke gjenvunnet. Det går isteden rett til forbrenning. For å nå materialgjenvinningsmålet på 50 prosent innen 2030, må Plastretur også få tilgang på plastemballasjen som havner i restavfallet. For å nå en gjenvinningsgrad på minst 50 prosent for husholdningsplast og næringslivplast, så er det nødvendig at minimum 80 prosent av all plastemballasje som selges i Norge, blir samlet inn.

Det er fremdeles mangel på kunnskap om den årlige tilførselen av plast til samfunnet (Syversen, F., 2020). Som nevnt tidligere under innledningen, gjelder dette særlig for produkter med brukstid over flere år. Per nå har vi mest kunnskap om emballasje og produkter der det foreligger produsentansvar. Dersom man ønsker å utarbeide en bedre oversikt over plastforbruket i samfunnet, og samtidig ha kunnskap om ressursbruk og potensialer for materialgjenvinning, så er det nødvendig med flere systemer, som gir oss oversikt over mengden plast vi forbruker, råstoff, design, hvilke typer av plast, kvalitet på plasten, og tilsetningsstoffer (Syversen, F., 2020).

Siden det er betydelige mangler på kunnskap rundt mengden plast som er i bruk i samfunnet, så er det utfordrende å lage prognoser, og planlegge for hvordan man skal møte utviklingen av mengden økt avfall i fremtiden. En mulig løsning på dette problemet er å etablere tidsserier for hva som settes på markedet. Levetidsprofiler og prognoser for mengden plastavfall som kommer til å oppstå, er også relevant. Per nå så er det behov for mer kunnskap om forbruket av plast i norsk plastindustri, samt mulighetene for bruk av resirkulert plast. Det vil være nødvendig med kunnskap om potensialet for resirkulert råvare i Norge, som vil kunne brukes

som underlag for å utvikle en helhetlig verdikjede for sortering og materialgjenvinning for plastavfallet som oppstår.

1.2 Bakgrunn for valg av tema

1.2.1 Sirkulærøkonomi og EUs handlingsplan

En sirkulærøkonomi vil både ha positiv effekt på miljø og klima, samtidig som det kan bidra til å skape nye arbeidsplasser (2023, Sirkulær økonomi). Overgangen til en sirkulærøkonomi, er en forutsetning for omstillingen til et lavutslippssamfunn, og for å redusere tap av biologisk mangfold (Veikart for sirkulær økonomi, 2020).

Den lineære økonomien vi har i dag, medfører et stort forbruk av ressurser, og tap av biodiversitet. Halvparten av det totale utslippet av drivhusgasser har tilknytning til utvinning og prosessering av naturressurser. Det å koble økonomisk vekst fra ressursforbruk, er derfor ansett som strengt nødvendig. Den 11. mars 2020, la EU frem en ny europeisk handlingsplan med tiltak som skal fremme sirkulærøkonomi i forbindelse med lanseringen av European Green Deal, med 35 initiativer som vil legges frem de neste tre årene (Veikart for sirkulær økonomi, 2020).

I handlingsplanen legges det frem av EU-kommisjonen, at det skal lages et nytt rammeverk med krav om at produkter skal designes og produseres slik at de kan ha et langt livsløp, samtidig som de skal kunne materialgjenvinnes. Dette vil redusere klima - og miljøbelastningen for produktet betraktelig. EU har funnet ut at opptil 80 prosent av den totale miljøbelastningen til et produkt er avgjort allerede i designfasen, slik at her ligger det stort potensiale for reduksjon av klimagassutslipp. Handlingsplanen til EU tar sikte på at forbruket av ressurser skal begrenses til planetens tåleevne, samtidig som at bruken av sirkulære materialer skal dobles i løpet av det kommende tiåret (Veikart for sirkulær økonomi, 2020).

Som nevnt står styring av forbrukermakt sentralt i handlingsplanen. Målet er at EUs borgere skal få tilgang til produkter av høy kvalitet, slik at de varer lenger. Videre skal produktene være designet for reparasjon, ombruk, samt være egnet for effektiv materialgjenvinning til sekundære råvarer av god kvalitet. Det er blant annet ønsket av kommisjonen å lovfeste retten til å reparere, og det vurderes et forbud mot destruksjon av usolgte varer. Samtidig vil

kommisjonen revidere EUs forbrukerlovgivning for å sikre at forbrukere har tilgang til pålitelig informasjon om produkters levetid, og mulighet for reparasjon. Til slutt vil bedrifter være nødt til å oppfylle visse minimumskrav for å kunne hevde at et produkt er bærekraftig (Veikart for sirkulær økonomi, 2020).

Initiativene vil i første omgang adressere verdikjeder som kjennetegnes av høy miljøbelastning over livsløpet, og lav grad av sirkularitet. Tiltakene har koblinger til EUs industristrategi, samt de kommende strategiene for biodiversitet, landbruk og skog (Veikart for sirkulær økonomi, 2020).

Den 30. mars 2022, la EU – kommisjonen frem sitt forslag til et rammeverk med designkrav som skal sikre bærekraftige produkter (2023, Sirkulær økonomi). En sentral del av rammeverket, var ny økodesignforordning, som vil erstatte dagens økodesigndirektiv. Blant hovedmålene til dette regelverket er å redusere negativ miljøpåvirkning i hele livssyklusen til produkter. Dette forslaget om et rammeregulativ for bærekraftige produkter, er selve flaggskipet i handlingsplanen til EU (Veikart for sirkulær økonomi, 2020).

Strategien til EU for plast i sirkulærøkonomi fra 2018, har igangsatt en rekke initiativer for å adressere utfordringer gjennom verdikjeden til plast. Deriblant det vedtatte direktivet om plastprodukter. Videre vil kommisjonen foreslå obligatoriske krav om innhold av sekundær plastråvare (gjenvunnet plast) og avfallsreducerende tiltak for emballasje, byggematerialer og kjøretøy (Veikart for sirkulær økonomi, 2020).

Det vil også bli lagt restriksjoner for å håndtere mikroplast i miljøet. Mikroplast som kommer fra slitasje av produkter, skal reduseres med merking, standardisering, sertifisering, og løsninger for oppsamling. Kommisjonen ønsker å skaffe mer kunnskap om mikroplast i miljø, mat og drikkevann, samt utvikle harmoniserte metoder for måling. Videre skal et kommende rammeregulativ sikre bærekraftig bruk av biobasert plast, og bionedbrytbar eller komposterbar plast (Veikart for sirkulær økonomi, 2020).

1.2.2 Grønt Punkt Norge

Grønt Punkt Norge (GPN) er et selskap som jobber med resirkulering av emballasje, på vegne av returselskapene Norsk Returkartong, Plastretur, Norsk Metallgjenvinning, Norsk Resy,

Sirkel Glass og Treretur (Hva gjør vi, u.å.) De siste 20 årene har næringslivet fått økt fokus på bedre kildesortering og økt ressursutnyttelse (Syversen, F., 2018). I dette har GPN vært en sentral aktør, som har tilrettelagt for økt utsortering, og materialgjenvinning av plastemballasje.

Selskapet jobber for at norske bedrifter i større grad skal velge sirkulær emballasje, samt arbeide med avfallsforebygging. Den ene måten de gjør dette på, er ved å finansiere retursystemet for emballasje, gjennom at medlemmer betaler vederlag for sin emballasje. Den andre måten er at de fungerer som veileder for medlemmer innenfor emballasjedesign.

Emballasjedesign er viktig med tanke på gjenvinning, for å unngå overemballering, og øke bruken av resirkulerte råvarer. Grønt Punkt Norge jobber for å påvirke og motivere forbrukere. Det er viktig at emballasjen kildesorteres riktig i husholdningene dersom man skal få resirkulert så mye som mulig. På samme måte er det viktig å påvirke og motivere næringslivet. Det forbrukes store mengder emballasje i næringsliv og landbruk. Til sist samarbeider Grønt Punkt Norge med myndighetene. Årlig blir gjenvinningstall rapportert av returselskaper, der gjenvinningen skjer til Miljødirektoratet (Hva gjør vi, u.å.)

For å oppsummere, så jobber Grønt Punkt Norge for å redusere miljøproblemer fra emballasjeavfall ved å sikre materialgjenvinning, motivere til emballasjeoptimering og avfallsforebygging, samt øke ombruk. Grønt Punkt Norge, samt tilhørende returselskaper sitt hovedmål, er å nå myndighetenes krav om materialgjenvinning, slik at ressursene vi bruker kan brukes flere ganger. (Hva gjør vi, u.å.)

1.2.3 Plastretur AS

Plastretur AS, er som nevnt en del av Grønt Punkt Norge-systemet, og har ansvar for å gjenvinne plastemballasje (Plastretur, u.å.). Det vil si at selskapet har ansvar for at innsamlet husholdningsplast som samles inn i de norske kommunene, blir finsortert og materialgjenvunnet. Samtidig inngår Plastretur avtaler med private innsamlere, som skal sikre gjenvinning av næringslivsplast og landbruksplast. Hvert år rapporterer Plastretur materialgjenvinningsgrad og sporbarhet til miljømyndighetene.

1.2.4 ReMidt IKS

Remidt IKS, er et miljøsekskap med 17 eierkommuner i Trøndelag og Møre og Romsdal (Hva Er ReMidt – ReMidt, n.d.) Det er et sekskap som leverer tjenester til innbyggere rundt husholdningsavfall og slam. I 2020 ble de tre interkommunale sekskapen Envina, Nordmøre Interkommunale Renovasjonsselskap og Hamos Forvaltning IKS, ble slått sammen for å danne ReMidt IKS. Sekskapets hovedkontor ligger på Orkanger, men de har også avdelingskontor på Melhus og i Kristiansund.

Målet til ReMidt, er å i samarbeid med eierkommunene, fremme bevisste holdninger til ressursbruk i samfunnet, ved å tilrettelegge for kildesortering, gjenbruk, og materialgjenvinning av avfall. De driver også gjenvinningsstasjoner i alle eierkommunene.

1.2.5 Replast AS

Replast AS er et gjenvinningssekskap som holder til i Kristiansund. Replast gjenvinner plast i ulike format (Hva gjør Replast, n.d.) Replast gjenvinner miksplast og blandingsplast, som er så forurenset, at det ikke har vært mulig å resirkulere disse typene tidligere. Samtidig gjenvinner Replast husholdningsplast, og definerte fraksjoner som rør, tanker, flasker, og lignende. Replast er en aktør i flere forskningsprosjekter som skal videreutvikle og forbedre kvaliteten til produserte råvarer innenfor denne industrien.

1.2.6 Kildesortering

Kildesortering gjør at det blir mulig å bruke mer av avfallet som ressurs, og som råstoff i ny produksjon (Renovasjonsordningen I ReMidt – ReMidt, n.d.). Det er som nevnt både nasjonale og internasjonale krav om at enda mer av avfallet skal materialgjenvinnes, men det er kun mulig å materialgjenvinne avfall som er ferdig sortert.

Alt som havner i restavfall går til energigjenvinning, som vil si at det brennes, for så å bli til varme i fjernvarmeanlegg. Det er derfor aller mest gunstig, for å oppnå en høy materialgjenvinningsgrad, at så mye som mulig sorteres bort fra restavfallet. Det vil si at man sorterer ut matavfall, glass- og metallemballasje, papp/papir, og restavfall i egne dunker, samt plastemballasje i egen plastsekk. Ifølge ReMidt sine analyser, er det slik at 50 – 60% av det som havner i restavfallsdunken, skulle vært sortert ut. Det vil si at det ikke regnes som

restavfall. Mens restavfallet går til energiutvinning, går matavfallet til produksjon av biogass og plasten går til materialgjenvinning (Renovasjonsordningen I ReMidt – ReMidt, n.d.).

I 2022 ble det registrert 276 000 tonn avfallsmengder med plast i Norge (Avfallsregnskapet, 2023). Av disse ble 136 000 tonn materialgjenvunnet, som vil si ca. 49,28%. Nesten like mye, 128 000 tonn, gikk til forbrenning. De to største avfallskildene til plast, var industri og tjenesteytende næringer, med henholdsvis 95 000 tonn og 73 000 tonn med plast. På tredjeplass kommer private husholdninger, med 52 000 tonn.

1.2.7 Hardplast

Hardplast er særlig egnet for materialgjenvinning blant plastemballasje, og dermed ettertraktet i markedet. Det som skiller hardplast fra andre typer av plast, er at den er mer solid og fast, enn mye annen plastemballasje, og den gir god kvalitet som råvare (Norge, G. P., 2021). De typene hardplastemballasje som finnes er HDPE, PP, PS og PET.

Ved innsamling av hardplast, skal plasten være tom og ren, uten forurensninger. Den må eventuelt ettersorteres i ulike kvaliteter, før den videreselges. Plastretur har en avtale, der alle innsamlere med denne avtalen, skal ta imot hardplastemballasje gratis når den leveres ferdig sortert. Avtalen innebærer også at innsamler mottar økonomisk støtte per tonn hardplast som leveres til materialgjenvinning.

Hardplast er som nevnt etterspurt i markedet, og da spesielt dersom den leveres ferdig sortert i ulike plastkvaliteter. Den sorteres ofte etter kvalitetene PP, HDPE, PET og PS, før den transporteres til en gjenvinner. Hardplasten sorteres så enten maskinelt eller manuelt. Da fjernes fremmedlegemer, forurensninger, og andre plasttyper. Så kvernes den, vaskes, og tørkes, før den smeltes om i en ekstruder, og ender som regranulat. Regranulat blir så brukt i produksjon av nye produkter i form av materialgjenvunnet plast. Eksempler på produkter plasten som er gjenvunnet kan brukes til er leker, avstandsklosser til anleggsbransjen, verktøykasser, paller, avfallsbeholdere, rør, bøtter, brøytetikker og møbler.

Det stilles strenge krav til sporbarhet i alle returselskapene i Grønt Punkt Norge – systemet, gjennom krav til emballasjestrømmene som går gjennom systemene deres. Dette innebærer krav til rapportering fra innsamler for næringslivsplast, sammen med krav til godkjenning av gjenvinner for å unngå useriøse aktører. Årsaken er at det er viktig at plastemballasje fra norske innsamlere, som får støtte fra Grønt Punkt Norge – systemet, følger nasjonale og

internasjonale lover og bestemmelser for materialgjenvinning (Som Innsamler Av Næringslivsplast, n.d.-c). Det er forventet enda strengere krav til dette i tiden som kommer, både fra norske myndigheter og EU.

Plastretur har en streng godkjenningsordning for både tradere og materialgjennvinnere. Det er viktig for å ivareta sporbarheten av emballasjen som sendes til materialgjenvinning. All plastemballasjen som sendes til materialgjenvinning skal også rapporteres. Rapporten skal si noe om antall tonn som er sendt til gjenvinning, antall tonn som ble godkjent av mottaker, fraksjon, dato sendt til gjenvinning, samt navn på trader eller gjenvinner (Som Innsamler Av Næringslivsplast, n.d.-c).

1.3 Oppgavens oppbygging

Jeg har valgt å utføre en materialstrømanalyse av hardplast i Kristiansund kommune i denne oppgaven, for å kartlegge hva slags plast, og hvor store mengder med plast, Replast kan få tilgang på til deres materialgjenvinning.

Videre har jeg undersøkt fordelene med tanke på klimanytte ved å resirkulere plast i Norge, fremfor i utlandet. Per dags dato eksporteres mye av platen til utlandet, mesteparten til Tyskland, for sortering og materialgjenvinning. Det har derfor vært interessant å undersøke klimanytten ved å behandle platen lokalt i Norge, fremfor å eksportere platen til utlandet for sortering og materialgjenvinning.

I tillegg har jeg utført en livsløpsvurdering (LCA) av brøytetikker av resirkulert plast, sammenlignet med brøytetikker av jomfruelig plast. Dette er gjort for å undersøke hvor mye en kan redusere CO₂- utslipp ved å benytte resirkulert plast (polypropylen) i stikkene, ettersom det kan være aktuelt for Replast å produsere brøytetikker av gjenvunnet plastmateriale.

2 MÅL OG PROBLEMSTILLING FOR OPPGAVEN

2.1 Målet med oppgaven

Målet med denne oppgaven, har vært å skaffe oversikt over, og gjøre analyser av plaststrømmer, med særlig fokus på hardplast. Jeg har sett på fordelene med tanke på klimanytte av et regionalt forankret resirkuleringssystem, sammenlignet med nasjonale

systemer. Blant annet har jeg sett på hva klimanytten er av å resirkulere plast lokalt, fremfor å eksportere plasten til Tyskland eller Polen for materialgjenvinning.

Jeg har også undersøkt hva slags plast, og hvor store mengder, Replast kan få tilgang på til deres materialgjenvinning i Kristiansund. I tillegg har jeg sett på hvilken klimanytte bedrifter kan få av å utnytte den resirkulerte plasten i sine produkter, fremfor jomfruelig plast.

Videre har jeg gjennomført en livsløpsvurdering av brøytestikker, der jeg har sammenlignet referansestrømmer av jomfruelig og resirkulert polypropylen.

Målgruppen for denne oppgaven er Kristiansund kommune og Remidt, som kan ha interesse av å vurdere mulighetene for lokale ettersorterings- og materialgjennvinningsanlegg, samt aktører som har nytte av å vite hvor mye plast som finnes tilgjengelig for materialgjenvinning i Kristiansund.

Oppgaven kan gi inspirasjon til økt bruk av gjenvunnet materiale i nye produkter, fremfor jomfruelig materiale, som er et positivt bidrag til sirkulærøkonomien, og dermed også kan bidra reduksjon av klimagassutslipp.

2.2 Problemstilling

Problemstillingen for denne oppgaven er det følgende:

Plastmaterialer er en utfordring både med hensyn til forsøpling på land og i havet, samt med hensyn til effektiv resirkulering og gjenvinning. Hvordan kan et regionalt forankret resirkuleringsystem fungere sammenlignet med nasjonale systemer sett fra et klimaperspektiv?

2.3 Forskningsspørsmål

For å besvare problemstillingen har jeg tatt utgangspunkt i følgende forskningsspørsmål:

1. Hvor oppstår hardplastavfall i Kristiansund i dag, hvor store mengder er dette, og hvor behandles det?

2. Hvor stor andel av dette er egnet til behandling hos Replast og hva må håndteres sentralt/gå til forbrenning?
3. Hva er klimanytte av å håndtere avfallsstrømmene lokalt heller enn å sende de via det nasjonale systemet?
4. Hva er miljøpåvirkningen av å produsere brøytetikker med resirkulert plast analysert med livsløpsvurdering (LCA)?

3 KUNNSKAPSGRUNNLAG

3.1 Generelt om plast

Plast er et syntetisk materiale som kan brukes innenfor emballasje, byggemateriale, leker, møbler, osv. (Ore, S, 2021). Plast består av én eller flere polymerere, samt ulike tilsetningsstoffer. De fleste typer plast blir produsert av petroleum, mens noen typer lages av cellulose.

Det finnes to hovedinndelinger av plast: termoplast og herdeplast. Dersom basisplasten er formbar ved oppvarming uten kjemiske herdereaksjoner, kan den plastisk gjøres om og om igjen, uten oppvarming. Eksempler på slike termoplaster er polyetylen, polypropylen, polyvinylklorid og polystyren (Ore, S, 2021).

Dersom plasten, eller flytende forstadier til denne, har en kjemisk reaksjon ved oppvarming med herder eller katalysator, slik at harpiks – eller polymermolekylene blir bundet sammen til et sammenhengende nettverk, kalles plasten for herdeplast. Disse kan ikke gjøres plastiske igjen når de er herdet. I tillegg har de blitt uløselige i løsemidler. Eksempler på herdeplaster er umettet polyesterplast, urea -, fenol -, melamin -, uretan – og epoksyplast (Ore, S, 2021).

Det forbrukes i året i overkant av 100 000 tonn med plastemballasje i norske hjem, Grønt Punkt Norge og medlemsbedriftene er ansvarlig for 85 000 tonn av denne emballasjen (Kildesortering Av Plastemballasje, n.d.) For at plastemballasjen skal kunne sendes til materialgjenvinning, er det viktig at den kastes i det kommunale innsamlingssystemet for plast. Mesteparten av plasten blir fremdeles kastet i restavfallet, og går med det rett til energiutnytting, og man går glipp av muligheten til å gjenvinne plasten.

Plastemballasjen som sorteres riktig sendes til store sorteringsanlegg i utlandet. I 2019 ble det sortert ut 65,7 prosent plast til materialgjenvinning. De resterende prosentene som ikke

sorteres ut består av forurensninger som matrester og feilsorteringer, og plast som ikke egner seg til materialgjenvinning. For eksempel på grunn av for dårlig kvalitet på plasten.

I Grønt Punkt Norge- systemet, er det som jeg har vært inne på, returselskapet Plastretur som står ansvarlig for innsamling og gjenvinning av plastemballasje (plastemballasje, u.å).

Plastretur (Grønt Punkt Norge) bestilte en studie med livsløpsanalyse av behandling av plastavfall i husholdninger i Norge, som ble utført av NORSUS. Målet med studien, var å kvantifisere miljøpåvirkningene av Plastretur sitt system for innsamling og materialgjenvinning av plastemballasjeavfall fra husholdninger i Norge, i tillegg til å identifisere faktorer som har stor innvirkning på resultatene (Callewaert et al., 2022).

I studien ble livsløpsanalyse (LCA), brukt for å beregne miljøpåvirkningene av innsamling og behandling av plastavfallsressurser, samt de unngåtte utslippene når resirkulert materiale erstatter jomfruelig materiale, og når energi fra avfall erstatter andre energibærere.

Det nåværende systemet med sortering og gjenvinning av plastavfall, ble sammenlignet med en alternativ metode uten sortering, der plastavfallet går til forbrenning med energiutvinning sammen med restavfall. Tidsspennet for behandlingen av mengden plastavfall som var sortert fra norske husholdninger gjelder for ett år. Fire miljøpåvirkningskategorier ble vurdert. Disse inkluderer klimaendringer, ferskvannseutrofiering, utarming av fossile ressurser, og dannelse av finpartikulært materiale (Callewaert et al., 2022).

Resultatet av denne studien, var at sortering og gjenvinning av husholdningsplastavfall er en bedre løsning enn forbrenning med energiutvinning, når det gjelder klimaendringer og utarming av fossile ressurser. På en annen side gir forbrenning med energiutvinning lavere påvirkninger når det gjelder dannelse av finpartikulært materiale, og ferskvannseutrofiering.

Ved dannelse av finpartikulært materiale, skyldes dette høyere unngåtte påvirkninger fra forbrenning, sammenlignet med unngåtte påvirkninger fra gjenvinning, og forbrenning av plast i systemene for sortering og gjenvinning av plast.

Når det gjelder ferskvannseutrofiering, skyldes dette påvirkninger fra ressursene som trengs fra gjenvinningsprosesser. Det kan for eksempel være elektrisitet, mens forbrenning unngår bidrag til ferskvannseutrofiering ved substitusjon av norsk fjernvarmeproduksjon (Callewaert et al., 2022). Kritiske faktorer som påvirket resultatene, var sorteringshastighet for hver plasttype, kvaliteten på plasten og hva den erstatter, og markedet for resirkulert plast. Transport og energiforbruk hadde lav påvirkning på resultatene (Callewaert et al., 2022).

3.2 Sortering og resirkulering av plastemballasje

Gjennom LCA – studier er det funnet at termokjemisk behandling kan føre til en bærekraftig løsning for håndtering av fast plastavfall, på grunn av de lave verdiene for alle miljøbelastninger for alle valgte funksjonelle enheter (FU) (Antelava et al., 2019)

Plastavfall kan føre til langvarig forurensning av jord og grunnvann. Forbehandling og resirkulering har blitt bevist å kunne redusere påvirkningen av forurensningen. Den økende mengden plastavfall, og den lave prosentandelen som brukes som gjenvinnbart, understreker viktigheten av etterbehandling av fast plastavfall (Antelava et al., 2019)

Innsamling av husholdningsavfall i Norge består i dag av tre systemer (Callewaert et al., 2022). De tre systemene er:

- sortert ved kilden i motsetning til forbrenning,
- sortering ved ROAF – sorteringsanlegg kontra forbrenning, og til sist
- sortering ved IVAR – sorteringsanlegg kontra forbrenning.

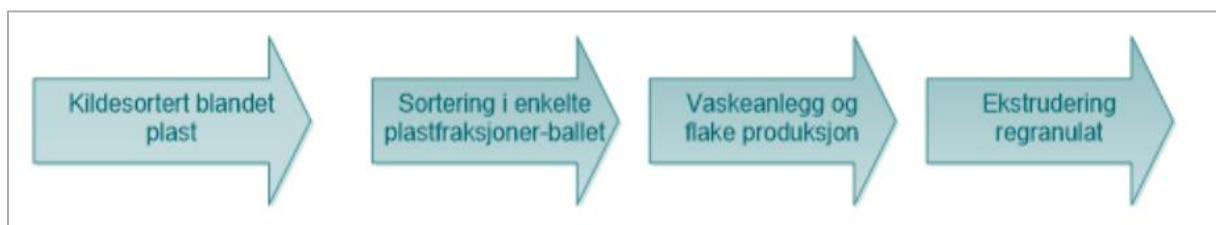
Ettersorteringsanlegget for restavfall, ROAF, var det første anlegget for ettersortering i Norge (Syversen, F., 2018). Her blir ulike plasttyper utsortert, klart for å sendes direkte til en gjenvinner. Det vil si, at man hopper over ettersortering av kildesortert plast, og dermed unngår det tilhørende tapet av mengde til materialgjenvinning.

Som nevnt, så er det Plastretur som står ansvarlig for innsamling og gjenvinning av plastemballasje, i Grønt Punkt Norge- systemet. Husholdningsplast gjenvinnes slik at innsamlet plastavfall blir finsortert i Tyskland, før det går videre til gjenvinningsanlegg i samme land, eller andre steder innenfor Europa (plastemballasje, u.å.). Det skilles mellom gjenvinning av husholdningsplast, som er platen man kildesorterer hjemme, og gjenvinning av plastemballasje fra næringslivet, inkludert hardplast.

Plastemballasjen som kildesorteres hjemme, blir samlet inn av kommunen, eller et interkommunalt avfallsselskap. De presser deretter platen sammen til store baller. Plastretur frakter så platen til et ettersorteringsanlegg. På sorteringsanlegget blir feilsorteringer og forurensninger fjernet. Det kan for eksempel være papir og metall. Platen blir i tillegg sortert i ulike kvaliteter, og ikke- gjenvinnbar emballasje blir fjernet.

Sorteringsanleggene sorterer plasten etter plastkvaliteter, eller de enkelte typer av polymerer eller fraksjoner, som LDPE, HDPE, PP, PET og PS (Syversen, F., 2018), før den fraktes videre til gjenvinningsanlegg. Dersom man har et ettersorteringsanlegg, er allerede denne sorteringen ivaretatt. Ellers må plasten som er kildesortert deretter ettersorteres ved anlegg i Tyskland. Husholdningsplast som er ferdig ballet og sortert med en renhet på 95 - 97%, blir deretter solgt til en gjenvinner (Syversen, F., 2018). På gjenvinningsanlegget blir plasten malt opp i en kvern til ca. 12 – 14 mm, som kalles «flakes» eller plastflak. Disse blir så vasket og tørket. Etiketter og lim blir også fjernet. For hardplast finnes det et marked for flakes direkte. Folie derimot, har såpass lav vekt at dette ikke kan transporteres over noen avstand. På grunn av dette, må folie normalt smeltes om direkte i en ekstruder, der det ferdige produktet blir solgt som regranulat (Syversen, F., 2018).

Den nye råvaren man sitter igjen med etter denne prosessen, brukes til å lage nye produkter i gjenvunnet plast, fremfor jomfruelig plast. Figur 1 illustrerer prosessering av husholdningsplast.



Figur 1 illustrerer prosessering av husholdningsplast (Syversen, F., 2018).

Materialgjenvinningsprosenten for plast per dags dato, har som nevnt, et stort og nødvendig forbedringspotensial. For at gjenvinningsprosenten skal øke, må mer plast fra husholdningene leveres i kommunens innsamlingsystem for plastemballasje (plastemballasje, u.å.). Dersom plastprodusentene kan utvikle emballasje som er bedre egnet for materialgjenvinning vil dette også kunne øke gjenvinningsprosenten. Grønt Punkt Norge kan på sin side sende plastemballasjen til anlegg med høy utnyttelsesgrad.

Et forskningsprosjekt gjennomført av NORSUS, (da Østfoldforskning), på vegne av RENOVEST IKS, har konkludert med at netto klimanytte var desidert størst for resirkulering av plast, sammenlignet med forbrenning (Simon A. Saxegård, 2018).

Årsaken bak dette, var at selve behandlingen for resirkulering av plast, bidro med mindre klimabelastning enn forbrenning av plasten. I dette prosjektet ble det funnet ut at av utsortert plast ble 94,1% resirkulert, mens den resterende mengden gikk til forbrenning. På et

gjennomsnittlig norsk forbrenningsanlegg er forbrenning av plast antatt å skje med en virkningsgrad på 85%, og en utnyttelsesgrad på 75% (Simon A. Saxegård, 2018).

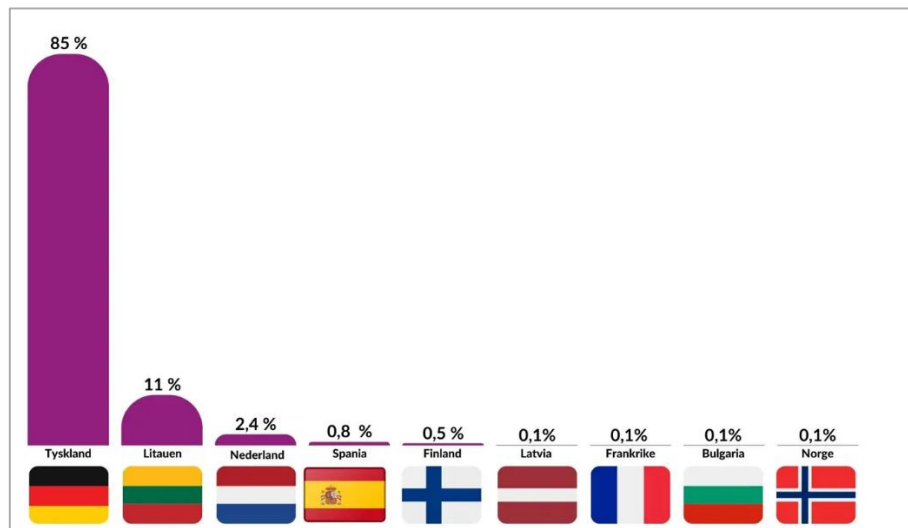
Andre resultater fra prosjektet, viste at dersom en kan øke utsortering og kvalitet på avfallet som sorteres for plast og glass/metall, kan klimanytten økes betraktelig. Denne undersøkelsen tok kun hensyn til klima, CO₂- ekvivalenter målt i kg, som miljøindikator. Videre ble det slått fast i konklusjonen at gjenvinning av plast er en viktig bidragsyter til å unngå eller redusere klimabelastninger.

Det kom i april i år en oversikt over mengden norsk plastemballasje som ble materialgjenvunnet i 2023, i tillegg til hvor den ble behandlet (Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023, 2024). Materialgjenvunnet plast defineres som kvernet, resirkulert plastråvare. I 2023 ble 40,450 tonn plastemballasje materialgjenvunnet av Plastretur, noe som er en økning fra året før. Det vil si at 34% av plastemballasjen som Grønt Punkt Norge sine medlemmer satte på markedet i 2023, ble materialgjenvunnet til ny resirkulert plast. Det er likevel fremdeles store mengder av plastavfallet som havner i restavfall. Denne plasten får som nevnt Plastretur ikke mulighet til å gjenvinne. I 2023 ble nesten 60,000 tonn sortert feil. Nesten hele 20.000 tonn mer enn det som ble sortert riktig, av det som ble samlet inn (Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023, 2024).

EU har et krav om en materialgjenvinningsprosent på 50% innen 2025, som nevnt under innledningen. Dersom vi ønsker å være i nærheten av å nå EU sitt krav om materialgjenvinning innen 2025, om knappe to år, må innsamlingen øke enormt. I gjenvinningsprosessen trekkes det fra fukt og prosesstap. Det vil si at Plastretur er avhengig av å samle inn omtrent 90,000 tonn plast årlig, som tilsvarer 25,000 tonn mer enn i år. Sjefen i Plastretur har allerede uttalt at det ikke er mulig for Norge å nå kravet til EU innen 2025, men at det kan være mulig innen 2030 (Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023, 2024).

Av plastemballasjen som ble rapportert til Miljødirektoratet, var 65,518 tonn husholdningsplast (Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023, 2024). Av dette ble 36,662 tonn sortert riktig, og 19,168 tonn materialgjenvunnet. I dag blir 85% av husholdningsplasten materialgjenvunnet i Tyskland. Dette tallet lå på 79% i 2016, som vil si at fra 2016 til 2023, har det vært en økning på 6% av mengden plastavfall som har blitt sendt til materialgjenvinning i Tyskland (Syversen, F., 2018).

Plasten som eksporteres til Tyskland, blir til ny emballasje, eller plastprodukter til hjem, hage og industri. Plasten vil bli finsortert i Tyskland frem til Plastretur og Tomra sitt eget anlegg i Hobøl står ferdig. Dette finsorteringsanlegget skal etter planen stå ferdig i 2025, og er ansett som svært viktig for sirkulær plastøkonomi, og økt gjenvinningsindustri i Norge (Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023, 2024).



Figur 2 illustrerer hvor norsk husholdningsplast ble materialgjenvunnet i 2023 (Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023, 2024).

All plasten som kildesorteres samles inn og sendes til materialgjenvinning blir ikke materialgjenvunnet (Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023, 2024).

Husholdningsplasten som er samlet inn, sendes til finsortering ved de tyske finsorteringsanleggene Hubert Eing Kunststoffverwertung GmbH i Gesher, Umweltdienste Kedenburg GmbH i Beckum og Vogt Plastic GmbH i Premnitz. Både anleggene Vogt Plastic GmbH og Eing Kunststoffverwertung GmbH er EuCertPlast-godkjente gjennvinnere, i tillegg til å være sorteringsanlegg. Det betyr at den norske plasten som sendes hit både blir sortert og gjenvunnet. Anlegget Vogt, har flere gjenvinningsanlegg som regranulerer ulike plasttyper.

Materialslag	Medlemsmengder	Materialgjenvunnet	Materialgjenvinningsgrad
Bølgepapp	221.018 tonn	233.128 tonn	105 %
Plastemballasje (fra næringsliv og husholdning)	119.375 tonn	40.450 tonn	34 %
Treemballasje*	74.564 tonn	41.241 tonn	55 %
Emballasjekartong og drikkekartong uten miljøavgift	51.270 tonn	39.995 tonn	78 %
Drikkekartong med miljøavgift**	12.178 tonn	7.174 tonn	59 %
Metallemballasje stål	9.604 tonn	8.465 tonn	88 %
Metallemballasje aluminium	3.691 tonn	3.223 tonn	87 %
Glassemballasje	***	***	***

Figur 3 illustrerer mengden plastemballasje som ble materialgjenvunnet i 2023 (Gjenvinningsåret 2023: Mer emballasje materialgjenvinnes, 2024).

3.3 Klimanytten av å bruke resirkulert plast fremfor jomfruelig plast i nye produkter

Det å resirkulere plastemballasje, gjør at en ikke – fornybar ressurs kan brukes flere ganger (plastemballasje, u.å.). Det gjør at plasten kan gå inn i et kretsløp som går rundt og er sirkulært. Produksjon av jomfruelig plast, krever store mengder olje og gass. Det vil si, at når en gjenbraker plasten, blir man spart for både nye klimagassutslipp, og forbruk av ikke – fornybare naturressurser. For hver kilo plast som gjenvinnes, blir man spart for to kilo olje, og redusert råvareuttak. En annen positiv bivirkning av å resirkulere, er redusert CO₂- utslipp fra forbrenning.

Plastemballasjen som har blitt gjenvunnet, kan brukes til flere ulike nye produkter:

- Emballasje fra polyeten (PE-LD), som bæreposer, brødposer, søppelsekker osv. kan benyttes til ny transportfolie, søppelsekker, bæreposer og dekkfolie (plastemballasje, u.å.). Mens emballasje av polypropylen (PP), som innpakningsplast, bokser, isbokser, ketchupflasker osv., blant annet kan bli til kasser, bokser, søppelbøtter, blomsterpotter, støvsugere, osv.
- Emballasje av stiv polyeten (PE-HD), som flasker til vaskemidler, vannkanner, spylervæskeskanner osv., kan bli til rør, tykk folie, slanger og murerbøtter.
- Videre kan emballasje av polyetylene (PET) og polystyrene (PS), som yogurtbegere, CD – cover, EPS (isopor), kjøttdeigbeger osv., bli til flasker, kanner, bokser, kleshengere og nøkkelringer.

- Emballasje av blandet plast, som rester fra sortering eller sammensatte folier som kaffeposer og pålegg, kan bli til tykke plastprodukter som paller, stolper og stolpegjerder.

NORSUS har gjennomført et prosjekt kalt SirkulærPlast – prosjektet. Under dette prosjektet ble det gjennomført en LCA for tre sirkulære plastverdikjeder (Callewaert, P, 2021). Målet med prosjektet var å bidra til at plast fra Østfold i større grad skulle kunne brukes som råstoff for lokal produksjon av produkter av plast, og oppnå et høyere nivå av sirkulærøkonomi.

Resultatene fra prosjektet, viste at bruken av gjenvunnet plast som erstatning for jomfruelig plastproduksjon, kom best ut for miljøpåvirkningskategoriene klimapåvirkning, forsuring, fotokjemisk ozondannelse, uttømming av fossile abiotiske ressurser og vannfotavtrykk. For de andre miljøpåvirkningskategoriene, stratosfærisk ozonedbrytning, overgjødning, uttømming av mineralske abiotiske ressurser, så kom jomfruelig plastproduksjon best ut.

3.4 Klimanytten ved å materialgjenvinne plast lokalt

NORSUS har utført en analyse, der det ble gjort en sammenligning av klimanytten ved å gjenvinne husholdningsplasten vår i Tyskland, fremfor å forbrenne den i Norge (Norge, G. P., 2022). NORSUS sammenlignet hva som gir størst klimagevinst av å forbrenne plastemballasjen lokalt, eller samle den inn og materialgjenvinne plasten i utlandet.

Materialgjenvinning viste seg å ha større klimanytte enn forbrenning, samtidig som det at plasten ble transportert til sortering og gjenvinning i utlandet, viste seg å ha liten påvirkning på klimanytten i denne analysen.

Resultatene fra studien, viste at det norske systemet for sortering og materialgjenvinning av plastavfall, bidrar til en reduksjon i klimagassutslipp på ca. 72,300 tonn CO₂- ekvivalenter per år, sammenlignet med å ikke kildesortere, og sende plast til forbrenning. Da bidrar kildesorteringssystemet med omtrent 51,000 tonn CO₂- ekvivalenter, og sorteringsanlegget til ROAF og IVAR, med henholdsvis 10,500 og 10,800 tonn CO₂- ekvivalenter, sammenlignet med ingen utsortering (Norge, G. P., 2022).

Resultatene fra rapporten, viste at forbrenning har størst negativ påvirkning på klima, uavhengig av om det skjer i Norge, eller som et ledd i gjenvinningsprosessen. Det å gjenvinne plast derimot, viste seg å gi stor klimanytte, da en kan erstatte bruk av jomfruelig plast i nye

plastprodukter, og samtidig unngå klimagassutslipp som følge av forbrenning (Norge, G. P., 2022).

De faktorene som påvirket resultatene, var utsorteringsgrad for hver plasttype, mengden plast som går videre til neste ledd, og svinnet i materialgjenvinningsprosessen. I tillegg til kvaliteten på den utsorterte plasten, og hva den erstatter. Dersom man klarer å oppnå en ren og høy kvalitet, kan man erstatte plast som har en høyere miljøbelastning. Markedet for gjenvunnet plast var også en påvirkning. Dersom en har utsortert plast som ikke lar seg avsette på markedet, vil ikke den ha noen nytte, og den kan heller ikke erstatte jomfruelig plast.

Konklusjonen til NORSUS, var derfor at distansen plasten fraktes til sortering og gjenvinning påvirker klimaregnskapet lite, og at det er viktigere å sende plasten til gode gjenvinningsanlegg som har en høy utnyttelsesgrad, fremfor å redusere transporterte kilometer (Norge, G. P., 2022).

Mye av plastavfallet transporteres, som jeg har vært inne på, til utlandet for å materialgjenvinnes, der det meste går til Tyskland for sortering og gjenvinning (plastemballasje, u.å.). Omtrent 70 prosent av emballasjen fraktes med tog, og man utnytter vogntog som ellers ville kjørt tomme tilbake til Europa, såkalt returtransport. Dette bidrar til at miljøgevinsten ved å kildesortere og materialgjenvinne plasten er større enn å forbrenne den i Norge.

Til tross for at distansen og transporten ikke skal være en utfordring med tanke på klimaregnskapet, så er kapasiteten ved plastgjenvinningsanlegg i Europa sprenget (Hertzenberg, A. L. R., 2020). I tillegg har Kina stengt for europeisk plast- og papiravfall, noe som i sum skaper behov for lokale gjenvinningsanlegg. Det var ved årsskiftet 2017/18, at Kina innførte «The National Sword Program», er program med nye, strenge krav til renhet for blandet papir og husholdningsplast, som innebærer kun 0,5% forurensning (Syversen, F., 2018). Dette førte i praksis med seg importstopp.

En effekt av dette er at etterspørselen etter regranulat fra Europa økte, hvilket ga grunnlag for bedre avsetning fra gjenvinnere i Europa (Syversen, F., 2018). Samtidig vil høyere ambisjoner om økt gjenvinning i Europa, påvirke markedsbalansen, og det er en pågående økende etterspørsel etter gjenvunnet råvare. Det har de siste 10 årene, vært en stor vekst i det internasjonale markedet for gjenvinning av plastemballasje, der det ligger forventning om at markedene vil fortsette å utvikles videre (Syversen, F., 2018).

De siste årene har Europa økt gjenvinningskapasiteten for plastemballasje, mens nye EU – mål, sirkulær økonomi, samt Kinas importrestriksjoner, har lagt press på teknologisk utvikling, innovasjon og nye prosjekter, spesielt med tanke på plastemballasje fra husholdninger. Det er utfordrende å vurdere hvordan markedet vil utvikle seg fremover, men det er forventet at etterspørselen vil øke dersom det settes fokus på høy kvalitet (Syversen, F., 2018).

Det finnes noen få norske anlegg som gjenvinner husholdningsavfall, etter at plasten har blitt sortert (Hertzenberg, A. L. R., 2020). Et eksempel på et anlegg, Norfolier Greentec, gjenvinner plastfolieavfall i Folldal i Hedmark. Her produseres blant annet avfallssekker og regranulat.

I Stavanger finnes ettersorteringsanlegget IVAR (Fem Fakta - Hva Skjer Med Plasten Du Sorterer?, n.d.) I tillegg er Fortum i gang med planleggingen av det største gjenvinningsanlegget for plastavfall fra husholdninger og næringslivet i Indre Østfold kommune i Viken fylke. Quantafuel hadde planer om å drifte et anlegg i Kristiansund, men dette prosjektet er nå nedlagt. Grønt Punkt Norge planlegger å åpne sitt eget finsorteringsanlegg i 2025.

Det vil si at vi muligens ser på et mer nasjonalt forankret resirkuleringssystem av plast i fremtiden, fremfor det regionale systemet vi hovedsakelig opererer med i dag. Da vil det på sikt ikke være behov for å eksportere plasten vår til utlandet før den er en ferdig gjenvunnet råvare klar for salg.

Rapporten til NORSUS om SirkulærPlast – prosjektet, undersøkte også materialgjenvinning av plastavfall i Norge, sammenlignet med eksport til Sentral – Europa, og kunne konkludere med at materialgjenvinning av plasten i Norge førte til en lavere potensiell klimapåvirkning. Dette på grunn av redusert transport, og bruk av renere energimiks i gjenvinningsprosessen (Callewaert, P, 2021). Samtidig vil materialgjenvinning i Norge bidra til reduksjon i miljøpåvirkningskategoriene stratosfærisk ozonnedbrytning, overgjødning, og svevestøv, sammenlignet med eksport av gjenvinningsprosessen.

For å oppsummere, så er det bedre for klima å eksportere plasten til utlandet for materialgjenvinning, dersom alternativet er å forbrenne avfallet i Norge. Det aller beste alternativet til nytte for klima, er å gjenvinne plasten lokalt ved et gjenvinningsanlegg med høy utnyttelsesgrad her i Norge.

3.5 Materialsammensetning og produksjonsprosessen til brøytestikker

Brøytestikker kan produseres av plast, bambus, furu og pil (Bolme, I, 2021). Fra 2000 – tallet, begynte brøytestikker av plast å ta mer og mer over for bambus. Brøytestikker skal fungere som markør ved veikanter, markere brøyteareal, signalisere om spesielle kjøreforhold, eller objekter i eller utenfor veien. De er til nytte både for trafikanter, og for de som brøyter veiene. Dette gir brøytestikker en viktig funksjon hvor synlighet og funksjonalitet skal vurderes, sammen med miljøhensyn og kostnad.

Statens Vegvesen har en håndbok, R610 Standard for drift og vedlikehold, som inneholder gjeldende krav til brøytestikker. Forenklet er det disse kravene som gjelder for brøytestikken (Statens vegvesen håndbok R610): *Direkte sitat av (Bolme, I, 2021)*.

Omtrent 80 prosent av brøytestikkene er nå laget av plast, mens 20 prosent er laget av bambus (Bolme, I, 2021). I 2020 ble brøytestikker av resirkulert plast, furu og pil, testet gjennom en livsløpsvurdering av Statens vegvesen. Resultatene av denne analysen, indikerte at brøytestikkene av plast var best når det gjaldt holdbarhet og synlighet. Brøytestikkene som var lagd av furu, pil og bambus, hadde ikke like god holdbarhet som stikkene av plast.

Selve produksjonen av brøytestikker kan foregå med ekstruder. Det er slik det norske selskapet Mitra AS produserer sine brøytestikker. Med denne produksjonsmåten, blir brøytestikker produsert på følgende måte. Granulat/pellets av PP, og fargetilsetning, slippes inn i en sylinder, hvor det finnes en roterende mateskrue. Granulatet blir da oppvarmet, delvis på grunn av trykket som oppstår i sylindren, og delvis på tilført varme, til ca. 220 grader celsius. Ved denne temperaturen er plasten en seig, tyktflytende masse, som mateskruen kontinuerlig presser gjennom profilverktøyet. Den er montert i enden av sylindren. Når plasten kommer ut av profilverktøyet, er den formet som et rør. Videre trekkes røret gjennom kjølestasjoner, hvor plasten blir sprayet med vann.

Det er vakuum i kjølestasjonene, for å sikre at strengen beholder rørformen, og ikke kollapser. Hastigheten på avtrekket er synkronisert med hastigheten på mateskruen. Etter at strengen har passert avtrekket, kappes den automatisk til ønsket lengde (Direkte sitat av Raymond Olsen, avdelingsleder i Mitra AS, 2024). Vedlagt følger en bildeserie, figur 4, som illustrerer produksjonsprosessen til brøytestikker laget av polypropylen med ekstruder (Raymond Olsen, 2024).



Figur 4 illustrerer produksjon av brøytstikker hos Mitra AS (Raymond Olsen, 2024).

3.6 Tidligere forskning som er gjort på brøytstikker

Det har tidligere vært gjennomført en livsløpsanalyse av brøytstikker, utført av Multiconsult på vegne av Statens Vegvesen. For å finne ut av hvilke stikker som hadde lavest klimagassutslipp, gjorde Multiconsult en undersøkelse av livsløpet til stikkene (Bolme, I, 2021).

Livsløpsanalysen kunne konkludere med at brøytstikkene av trematerialer og resirkulert plast, hadde lavest CO₂- utslipp. Ulempen med disse, var at noen av de hadde noe dårligere holdbarhet og synlighet, enn de røde brøytstikkene av ny plast. Stikkene av trematerialer

hadde lavest CO₂- utslipp i produksjon, men var vanskeligere å gjenbruke. Plasten fra de ødelagte brøytestikkene, kan derimot gjenbrukes i andre plastprodukter (Bolme, I, 2021).

Med tanke på kvalitet og holdbarhet på stikker av resirkulert plast sammenlignet med stikker av jomfruelig plast, ble det vist ved en belastningstest gjennomført 25.03.2021, der skadeutfall ble testet ved brøyting og slag, at det hverken ble belastningsskade på stikkene av jomfruelig plast, eller på stikkene av resirkulert plast. Det vil si, at i denne testen var stikkene av resirkulert plast like motstandsdyktige som stikkene av jomfruelig plast (Bolme, I, 2021).

Påført belastning	Plast SVART	Plast RØD	Bambus TYKK	Bambus TYNN	Furu	Pil	Plast Resirk SVART	Skrustikk RØD
1. brøyting (40 km/t – 1,5 m x 8-10 cm snø)	-	-	-	-	1	-	-	-
2. brøyting (40 km/t – 1,1 m x 8-10 cm snø)	-	-	-	-	-	-	-	1
3. brøyting (40 km/t – 0,7 m x 5-7cm snø)	-	-	-	-	-	-	-	-
1. slag vinge (40 km/t – 120 cm over bakken)	-	-	-	-	2	-	-	-
2. slag vinge (40 km/t – 120 cm over bakken)	-	-	-	-	1	-	-	-
3. slag vinge (40 km/t – 85-90 cm over bakken)	-	-	-	-	2	4	-	-
4. slag vinge (40 km/t – 70-75 cm over bakken)	-	-	-	-	-	2	-	-
5. slag vinge (40 km/t – 50-55 cm over bakken)	-	-	4	5	-	1	-	1
6. slag vinge (50 km/t – 50-55 cm over bakken)	-	-	1	-	-	-	-	-
Nedbrøyting med plog (for å se på bruddflater)	Samtlige gjenværende (seksjon 1-7)							

Tabell 2 er hentet fra (Bolme, I, 2021), og viser oversikt over skadeutfall for ulike typer av brøytestikker. Det bør påpekes at det er uvisst om plaststikkene.

Per dags dato, så stilles det ikke krav til plastblandingens egenskaper i varmt eller kaldt vær (Bolme, I, 2021). Våler Vekst AS er en stor leverandør av brøytestikker, og har over mange år bygget seg opp god kompetanse rundt brøytestikker. De startet i 2013 et arbeid med å finne testmetoder for å beskrive brøytestikker av plast sine egenskaper i kaldt og varmt vær. Etter dette har det blitt utviklet metoder for å teste plastkvaliteter i brøytestikker.

Resultatene av slagtesten av plastblandingen i kaldt vær, viste at stikkene av polypropylen (PP-plast), måtte tåle et fall på minst 80 cm for å ha tilfredsstillende egenskaper, som tilsvarer motstand mot sprøbrudd i kaldt vær (Bolme, I, 2021).

Stikker om tåler et fall fra 110 - 120 cm kan typisk bli for myke i varmt vær. I denne slagstesten kom stikken produsert av resirkulert plast noe dårligere ut, da disse ble skadet og splintret fra 70 - 90 cm fallhøyde. Plastblandinger som lages av resirkulert materiale, var forventet å være til dels mindre homogent enn jomfruelig materiale. Det kan sannsynligvis føre til svake punkt på brøytestikkene. Konklusjonen fra denne slagstesten, var derfor at det ikke ville være uventet om skadeprosenten fra stikkene av resirkulert plast, ville være noe høyere enn for de øvrige typene av plaststikker (Bolme, I, 2021).

Fallhøyde giljotin	Plast SVART	Plast RØD	Skrustikk RØD		Plast Resirk SVART	Demo RØD (myk)
			skruer	stikk		
70 cm	-	Ok	Ok	-	Delvis brudd	-
90 cm	Ok	Ok	Brudd	Sprekk Ok	Skadet Splintret	-
100 cm	-	Sprekk	-	-	Brudd	-
110 cm	-	-	-	-	-	Ok
120 cm	-	-	-	-	-	Ok

Tabell 3 viser en oversikt over de ulike plaststikkens utfall av slag – og kuldetesten (Bolme, I, 2021).

På samme måte ble det gjennomført en bøyetest av stikkens egenskaper i varmt vær. I denne testen benyttet Våler Vekst 40 cm som kritisk verdi ved nedbøying av polypropylen- plast. Dersom stikken sin nedbøying overstiger 40 cm, risikerer de å bli for myke på varme dager. Den stiveste stikken i denne testen var en stikke av resirkulert plast. Resultatene fra denne testen samsvarte med resultatene fra slagstesten. Den stiveste stikken, som var stikken av resirkulert plast, tålte slag i den kalde tilstanden dårligst. Den stikken som kom best ut av slagstesten, en stikke av jomfruelig plast, kom dårligst ut av bøyetesten. Det vil si at denne stikken hadde størst nedbøyning (Bolme, I, 2021).

Det er primært plastblandingsens hardhet som styrer stikkens stivhet. Med tanke på reduksjon av miljøbelastning, så vil hovedsakelig godstykkelse og plastmengde per stikke være av betydning (Bolme, I, 2021).

Nedbøyning	Plast RØD	Plast SVART	Plast Resirk SVART	Skrustikk RØD	Demo RØD (myk)	
m/veker	41	33	24	43	50	[cm]
u/veker (etter)	7	4	2	12	8	[cm]

Tabell 4 viser resultatene fra bøyetesten, med nedbøyning og tilbakegang (Bolme, I, 2021).

Det ble tatt utgangspunkt i en brøytestikke av plast på 1800 x 25 mm for livsløpsvurderingen som ble gjort. Plaststikker veier omtrent mellom 250 - 300 gram per stikke. Med dagens fordeling av 80% plast og 20% bambus, betyr det at det settes ut omtrent 600 - 650 tonn plast hvert år på riks- og fylkesveiene. Det er anslått at omtrent 70% av plaststikkene kan bli gjenbrukt per år. Det vil si at av at det som ikke gjenbrukes, vrakes omtrent 180 - 200 tonn plast hvert år (Bolme, I, 2021).

Hvilken type materialsammensetning av plast brøytestikkene består av, har mye å si for stikkens egenskaper. En stiv plastblanding kan føre til stikkene ryker lett når det er kaldt. En myk plastblanding derimot, kan føre til at stikkene blir stående å pendle i trafikken eller vinden, eventuelt at de blir bøyd (Bolme, I, 2021).

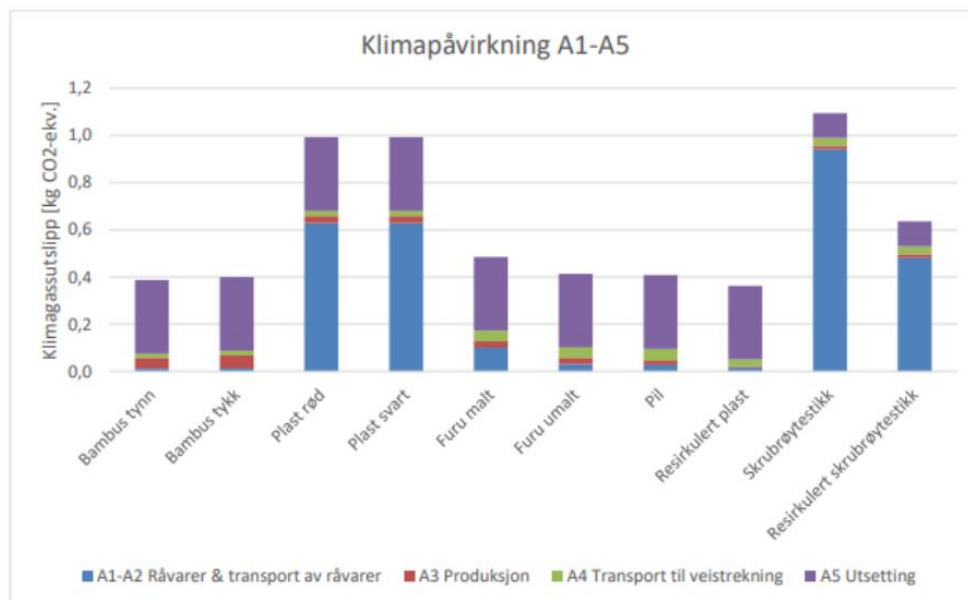
Når det kommer til brøytestikker som produseres av resirkulert materiale, er det viktig med en plastblanding som har høy grad av homogenitet. Ellers risikerer man stikker med svake partier (Bolme, I, 2021).

Dette viser at det er viktig med kunnskap om hvilke plastblandinger som egner seg til brøytestikker, og hvordan disse oppfører seg i kaldt og varmt vær. Kvaliteten kan likevel variere mellom år, parti og leverandører (Bolme, I, 2021).

Vekt og tidsbruk	Plast SVART	Plast RØD	Bambus TYKK	Bambus TYNN	Furu	Pil	Plast Resirk SVART	Skrustikk RØD
Vekt 20 stk stikker	5690	4896	4776	3909	10327	11651	6635	7876
Egenvekt stikk	285	245	239	195	516	583	332	394
Tidsbruk utsetting	12 min 25 sek	11 min 40 sek	12 min 45 sek	10 min 57 sek	15 min 6 sek	20 min 20 sek	12 min 45 sek	10 min 12 sek

Figur 5 illustrerer vekten til ulike typer av brøytestikker (Bolme, I, 2021).

Resultatene av livsløpsvurderingen er illustrert i figur 6 (Bolme, 2021). En kvantitativ analyse var utført for produksjons - og utsettingsfasen, og en kvalitativ analyse for bruksfasen. Ettersom den kvalitative analysen var basert på et noe usikkert datagrunnlag, så var deres konklusjon hovedsakelig basert på den kvantitative analysen. Oppsummert så viste resultatene fra deres livsløpsvurdering, at utslippene var høyest for stikken av jomfruelig plast, og lavest for stikken av resirkulert plast.



Figur 6 illustrerer Multiconsult sine resultater fra deres livsløpsvurdering av brøytestikker i rapporten av Statens Vegvesen (Bolme, 2021).

4 METODIKK OG DATAGRUNNLAG

4.1 Generell forskningsmetode

For å samle inn datagrunnlaget til mine analyser, har jeg forsøkt å kartlegge hvilke mengder hardplast som finnes tilgjengelig for materialgjenvinning i Kristiansund, og hvor denne

kommer fra. I den anledning har jeg hatt dialog med aktuelle aktører i området som kunne ha plast som egner seg for materialgjenvinning tilgjengelig fra egen virksomhet, og med virksomheter som sitter på data og oversikt over plasmengder i Kristiansund.

Som forskningsmetode, har jeg benyttet meg av materialstrømanalyser (MFA) av plasmengdene i Kristiansund, og livsløpsvurdering (LCA) av brøytetikker, for å analysere datagrunnlaget jeg fikk samlet inn fra de aktuelle bedriftene.

Studieområdet mitt har vært å kartlegge mengden hardplast i Kristiansund ved hjelp av materialstrømanalyse, for å finne ut av hvor mye plast som faktisk finnes tilgjengelig for materialgjenvinning hos Replast. Replast hadde interesse av å få en bred oversikt over mulige kilder, og et estimat av hvor plasten kommer fra, samt hva slags kvalitet de kan få på plasten.

Videre har jeg utført en livsløpsvurdering av brøytetikker med en scenariovurdering der jeg har sammenlignet forskjellen i klimagassutslipp ved å importere resirkulert polypropylen fra utlandet, sammenlignet med å produsere resirkulert polypropylen lokalt her i Norge.

4.2 Materialstrømanalyse (MFA)

«Materialstrømanalyser brukes som et verktøy for å få overblikk over den totale materialflyten gjennom et gitt system», sitert fra (Christensen, J. A, 1998).

Prinsippet bak materialstrømanalyse, baserer seg på den universelle loven om massebevaring, «Masse kan verken oppstå eller forsvinne» (Christensen, J. A, 1998). Det vil si at det som går inn i et system, enten vil akkumuleres, eller finnes igjen i videre massestrømmer. En materialstrømanalyse (MFA), består av en systematisk anvendelse av massebalanser for å beskrive et større system.

Materialstrømanalyse kan som metode være nyttig for å systematisk beskrive flyten av plasmengdene i samfunnet fra den produseres, frem til den blir til avfall, for så å bli en ny råvare som kan anvendes i nye produkter (Syversen F, 2020).

For å håndtere plastutfordringene som nevnt under introduksjonen, er materialstrømanalyse et viktig verktøy. Det gjelder både på nasjonalt og kommunalt nivå, samt innad i bedrifter, som inngår i plasten sin verdikjede.

Det har tidligere vært gjennomført en materialstrømanalyse for plast i Norge. Her ble det konkludert med at det ikke var mulig å sette opp en god samlet materialstrømanalyse for dette

med dagens kunnskapsgrunnlag (Syversen F, 2020). Det ble likevel samlet inn noen nøkkeltall for plastprodukter i Norge. Deriblant at 3,1 millioner tonn plastprodukter er i bruk i samfunnet, 0,54 millioner tonn plastavfall oppstår hvert år, og 0,14 millioner tonn plastavfall går til materialgjenvinning hvert år (inntil 24%).

Dersom man ønsker å lage en god oversikt over materialstrømmen til plast, er det behov for å se på flere tiltaksområder. Deriblant tiltak som kan sikre bedre systematisert kunnskap om ny plast som settes på markedet, og som er i omløp, hvor mye av det som er fornybart og resirkulert råstoff, om det er egnet for materialgjenvinning, og hvilken levetid det har (Syversen F, 2020).

Man trenger tiltak som gir bedre oversikt over plasten i alle typer avfall, hvor plasten oppstår, typer plast og kvaliteter, hvilke avfallsstrømmer det følger, hvor mye som blir resirkulert i Norge og i utlandet, hvor mye som blir forbrent og deponert eller ender som forsøpling, og hva potensialet faktisk er for økt resirkulering. Samtidig er det viktig med kunnskap om kilder til mikroplast, miljøeffekter, og miljøgifter i plast.

Prinsippene bak MFA er enkle, men praktisk gjennomføring kan likevel være svært utfordrende, da systemet som beskrives gjerne er komplisert. Det kan i tillegg være vanskelig å innhente data (Christensen, J. A, 1998). Det er samtidig ofte slik at de dataene man får tilgang på ikke er 100% pålitelige. Sjansen er stor for at det er usikkerhet knyttet til dataene, samt kan det hende at det kun er mulig å få tall basert på skjønn for hvordan markedet ser ut. Et viktig redskap i denne sammenhengen er kryssjekking, for å se om massebalansene henger sammen (Christensen, J. A, 1998).

En generell fremgangsmåte til materialstrømanalyse kan beskrives på følgende måte:

Fase 1: Systemanalyse	Fase 2: Datainnsamling	Fase 3: Databearbeiding og -vurdering
<ul style="list-style-type: none"> - Gjennomgang av hele systemet for å få oversikt over aktører, transportere og prosesser. - Definisjon av systemgrenser. 	<ul style="list-style-type: none"> - Innhenting av lett tilgjengelige data, som produksjonsstatistikker, import og eksport etc. - Strategi for videre datainnsamling. Finnes det 	<ul style="list-style-type: none"> - "Brikkene" samles til en helhet. - Bruk av massebalanse for å sammenlikne data fra forskjellige kilder. - Uoverensstemmelser kan tyde på dårlige datakilder

<p>- Hvilken grad av nøyaktighet ønskes? Hvilke data trenger man?</p> <p>- Dette er en iterativ prosess hvor man opparbeider stadig mer kunnskap om systemet</p>	<p>ressurspersoner? Hvilke bedrifter skal kontaktes?</p>	<p>eller strømmer som er oversett.</p> <p>- Iterativ prosess - Forbedring av datainnsamling til «puslespillet» går opp.</p>
--	--	---

Tabell 5 illustrerer fasene i en materialstrømanalyse (Christensen, J. A., 1998).

4.3 Livsløpsvurdering (LCA)

4.4 Oversikt

Denne analysen skal gi innsikt i bruk av jomfruelig polypropylen (PP), mot resirkulert polypropylen i brøytetikker. Jeg har vurdert brøytetikkenes levetid, holdbarhet og produksjonsutslipp. For å måle klimagassutslippene har jeg sett på globalt oppvarmingspotensial GWP, målt i kg CO₂- ekvivalenter som miljøindikator. Beregningene er gjort ved hjelp av analyseverktøyet SimaPro og utslippsdatbasen EcoInvent 3.

4.5 Metodikk

Analysen er utført etter internasjonale standarder for LCI - og LCA - metodikk, etter standardene ISO 14040 og 14044 (LIFE CYCLE IMPACTS, 2018).

En komplett «vugge til grav» livsløpsvurdering, undersøker rekkefølgen av trinn i livssyklusen tilhørende et produktssystem. Systemet begynner med råvareutvinning, og fortsetter gjennom materialproduksjon, produksjon av produktet, bruk, gjenbruk, eller resirkulering dersom det er aktuelt, før disposisjon.

I denne livsløpsvurderingen analyseres verdikjeden fra «vugge til port». Det vil si, at produksjon av polypropylen og produksjon av brøytetikkenes er inkludert i analysen. Selve avfallshendingen er ekskludert fra analysen. Dersom brøytetikkenes ikke blir ødelagt i løpet av tiden de er plassert ute, vil de samles inn igjen om våren, og brukes om igjen neste høst.

Resultatene av denne livsløpsvurderingen kvantifiserer de totale kravene til energi ved brøytestikkproduksjon, samt atmosfæriske forurensninger (karbonutslipp) målt i kg CO₂-ekvivalenter.

En LCA består av fire faser (LIFE CYCLE IMPACTS, 2018):

1. Definisjon av mål og omfang
2. Livssyklusvurdering (LCI)
3. Vurdering av livssyklusens påvirkning (LCIA)
4. Tolkning av resultater

LCI – fasen identifiserer og kvantifiserer materialtilførsler, energiforbruk, vannforbruk og miljøutslipp, over det definerte omfanget av studien. Miljøutslipp innebærer atmosfæriske utslipp, vannbårne avfall og fast avfall (LIFE CYCLE IMPACTS, 2018).

I LCIA – fasen blir utslippsinventaret klassifisert i kategorier. Innenfor hver påvirkningskategori normaliseres utslippene til en felles rapporteringsbasis ved å bruke karakteriseringsfaktorer som uttrykker virkningen av hver substans, i forhold til en referansesubstans (LIFE CYCLE IMPACTS, 2018).

4.6 Mål og omfang

Målet med denne analysen, var å utvikle oppdaterte data om bruk av resirkulert polypropylen sammenlignet med jomfruelig polypropylen i brøytestikker, og de miljømessige konsekvensene av dette. Miljømessig indikator er som nevnt globale oppvarmingspotensialer GWP målt i kg CO₂-ekvivalenter.

I tillegg ville jeg undersøke klimaeffekten av å behandle plasten lokalt, fremfor å eksportere plasten til utlandet, for så å importere den tilbake som resirkulert råvare.

Resten av dette delkapittelet tar for seg omfanget av studien, inkludert funksjonell enhet (FU), produktsystemer studert, systemgrenser, krav og kilder til data, og usikkerhet knyttet til valg av data.

4.6.1 Funksjonell enhet

Begrepet funksjonell enhet kan defineres som:

«Funksjonell-enhet er et begrep som er beskrevet i LCA metodikk som en kvantifisert prestasjon for et produksystem til bruk som en referanseenhet. Det er med andre ord en enhet som beskriver produktets funksjon iht. et definert behov, effektivitet og levetid. Alle masse- og energistrømmene i en LCA-analyse er normalisert i henhold til en funksjonell enhet» (Substitusjonsverktøy for engangsartikler i plast, u.å.).

Den funksjonelle enheten for denne analysen er:

Antall brøytetikker som går med til å merke en vegstrekning på 1 km over 5 år med sammenlikning av referansestrømmer basert på resirkulert og jomfruelig materiale.

4.6.2 Produktsystemer studert

Fokuset i denne analysen er produksjon av brøytetikker produsert med 100% jomfruelig polypropylen sammenlignet med brøytetikker produsert med 100% resirkulert polypropylen.

4.6.3 Systemgrenser



Figur 7 illustrerer systemet med systemgrenser for livsløpsvurderingen.

Denne studien begynner med produksjon av enten jomfruelig polypropylen, eller resirkulert polypropylen, til brøytstikkene. Analysen inkluderer produksjonsprosessen (forming av platen) med energien som kreves for å produsere de spesifikke produktene, altså brøytstikkene.

Dette er ikke inkludert i analysen:

- Kapitalutstyr, fasiliteter og infrastruktur. Energi og avfall knyttet til produksjon av bygninger, veier, industrielt maskineri, osv., er ikke inkludert.
- Energi og utslipp knyttet til produksjon av kapitalutstyr, fasiliteter og infrastruktur
- Energi og avfall knyttet til forskning og utvikling, administrativt personale, eller

relaterte aktiviteter. Energiforbruket og relaterte utslipp antas å være små

- Transport til utplassering og innsamling av stikkene. Utslippene knyttet til transport er uavhengig av om stikkene er produsert av resirkulert eller jomfruelig polypropylen.

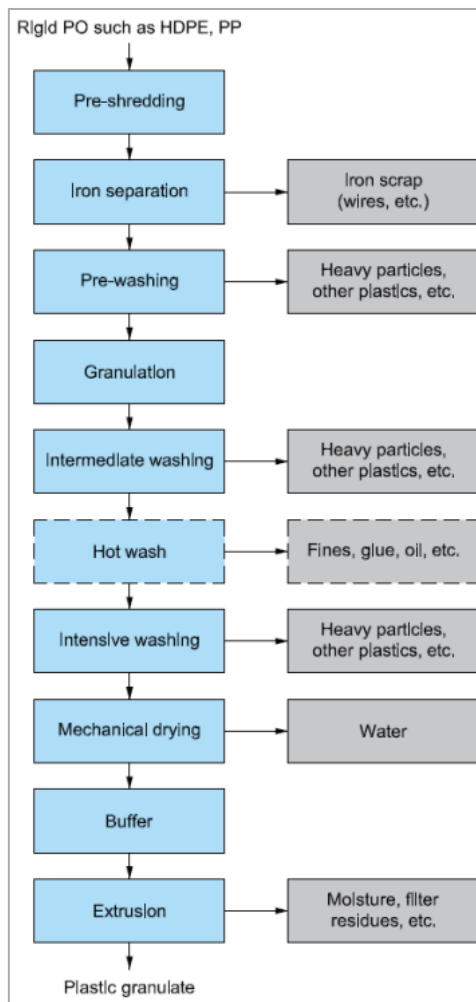
4.6.4 Krav til data

Bakgrunnssystemet omfatter sekundære data, som allerede eksisterer i vitenskapelige databaser, samlet inn av tidligere forskere (Quist Z, 2024). Europakommisjonen definerer sekundære data slik, "data som ikke er direkte samlet inn, målt eller estimert, men heller hentet fra en tredjeparts livssyklus-inventardatabase" (Quist Z, 2024).

I en LCA kalles dette for Life Cycle Inventory database. EcoInvent er en av de viktigste LCI – databasene for dette. LCI – databasen gir allerede eksisterende (gjennomsnittlige) miljøbakgrunnsdata. Bakgrunnssystemet inkluderer energi og materialer som leveres til forgrunnssystemet (Lifecycle Assessment Principles and Practices Glossary, 2006). I denne analysen, er bakgrunnssystemet som har blitt brukt til å modellere energibruk, atmosfæriske utslipp, materialer, etc., hentet fra EcoInvent 3 i SimaPro.

Europakommisjonen definerer primærdata som, "direkte målte eller innsamlede data som er representativ for aktiviteter ved en bestemt fasilitet eller sett med fasiliteter" (Quist Z, 2024). Primærdata er spesifikk og nøyaktig rådata som utgjør forgrunnssystemet. Dette systemet inkluderer alle nødvendige råinnganger til livssyklusen til produktet, som deretter kobles til tilsvarende virkninger i livsløpsvurderingen (Quist Z, 2024).

Verdikjeden for produksjon av jomfruelig polypropylen innenfor Europa lå allerede inne i SimaPro i EcoInvent sin database. Verdikjeden for produksjon av resirkulert polypropylen måtte lages utenom. Figur 8 illustrerer hvordan prosessen for å resirkulere polypropylen kan se ut.



Figur 8 illustrerer prosesser knyttet til å resirkulere polypropylen (Michael Pinkel, J. D., 2019).

Blokkdiagrammet ovenfor illustrerer eksempelløsninger for håndtering av polypropylen-fraksjoner i vaskelinjer og ekstruderingslinjer (Michael Pinkel, J. D., 2019).

Linjekonfigurasjonen avhenger ofte av «standardløsningen» til den enkelte leverandøren av disse tjenestene. Hver leverandør/materialgjenvinningsstasjon, har sitt eget utvalg av maskiner, og varierer rekkefølgen av trinnene som illustrert i blokkdiagrammet.

Konvensjonelle vaskeanlegg er likevel bygd på en svært lik måte.

Første steg er størrelsesreduksjon og kondisjonering (Michael Pinkel, J. D., 2019). Denne delen av prosessen sørger for en homogen mating, første størrelsesreduksjon, og separasjon av jernholdige partikler. Deretter kommer forvask. Majoriteten av tunge partikler, fremmede plastfraksjoner (som synker eller flyter avhengig av bruksområdet), sand og glass, blir trukket ut i forvask – seksjonen. Dette trinnet beskytter også den påfølgende granuleringsprosessen mot alvorlige skader. Så følger granulering. Her blir plastfraksjonen knust til ca. 5 – 10 mm partikkelstørrelse, og samtidig vasket ved friksjon. Neste steg er intensiv vask. Det intensive

vasketrinnet kan inkludere flere vaskeprosesser (varme eller kalde), med ulike systemer (flyt – synk, friksjonsvask) osv., og skal til slutt sikre nødvendig renhet av utgangsmaterialet.

Deretter følger tørking (Michael Pinkel, J. D., 2019). Utgangsmaterialet må mekanisk og termisk tørkes for å oppfylle fuktighetsinnholdet for ekstrusjonsprosessen. Varmen for tørking kan genereres, f.eks. med elektrisitet, naturgass, eller med varme fra alternative prosesser. Tørkeprosessen kombineres ofte også med en separator- enhet for å trekke ut f.eks. gjenværende tunge partikler eller lette partikler (avhengig av bruksområdet) fra materialstrømmen. For å ha en stabil drift av vaskelinjene og ekstruderingsystemene, anbefales det å bygge opp en bufferkapasitet mellom vaskelinjen og ekstrusjonen.

Neste steg er da ekstrusjon (Michael Pinkel, J. D., 2019). Ekstrusjonsprosessen avhenger av innmaterialet. For eksempel så er ekstrusjonsprosessen mer komplisert og kostbar for PET, sammenlignet med polyolefiner som LDPE, HDPE og PP. Ekstrusjonsprosessen er en kombinasjon av flere prosess-trinn som kutting, ekstrusjon, de – gassing, smeltefiltrering og pelletering, og kombineres med deodorisering, pneumatisk transportsystem, lagring (eks. i siloer) og/eller store – bagg – lastingsstasjoner.

Ekstrudering er et begrep som brukes for å beskrive kontinuerlig produksjon av et halvferdig plastprodukt. Ekstruderingsprosessen i Simapro innebærer det følgende, 1. Ekstruder, 2. Form eller støpeform, 3. Kalibrering og avkjøling, 4. Avtaking, 5. Ferdigstillelse.

4.6.5 Kilder til data

Som nevnt, lå allerede verdikjeden for produksjon av jomfruelig polypropylen inne i SimaPro i EcoInvent sin database. Verdikjeden som er lagd for resirkulert polypropylen i SimaPro inkluderer ekstrudering av 1 kg polypropylen, der denne smeltes om til granulater/pellets, varme fra steam oppgitt med 250 kcal (Michael Pinkel, J. D., 2019), elektrisitet medium voltage som følger det norske markedet, tilsvarende 0,71 kWh for 1 kg polypropylen (Raymond Olsen, 2024). Tilsvarende fikk jeg til informasjon fra Olsen i Mitra vite at energimengden til å produsere en brøytestikke på 282 g, vil være 0,20 kWh. Dette med utgangspunkt i at én brøytestikke er 2 meter lang.

Varme er nødvendig for å tørke materialet i gjenvinningsprosessen, for å møte kravet om fuktighetsinnhold nødvendig i ekstruderingsprosessen. Varmen for tørkingen kan skapes med f.eks. elektrisitet, naturgass, eller med varme fra alternative prosesser.

Vannbehandlingen er av stor betydning for gjenvinningsanlegget, da vannet bærer med seg urenheter. Det er ulike vannkretsløp i et gjenvinningsanlegg, der rent vann kommer inn i motstrømsretning ved slutten av vaskeprosessen (Michael Pinkel, 2019).

Data	Mengde	Beskrivelse	Kilde
Vekt av brøytestikke (g)	282 g	282 g for én stikke. 141 g tilsvarer én meter brøytestikke, og 282 g tilsvarer to meter stikke (en stk ferdig brøytestikke).	Raymond Olsen i Mitra AS, 2024
Energiforbruk (kWh)	0,1 kWh	0,1 for 141 g stikke (én meter brøytestikke).	Raymond Olsen i Mitra AS, 2024
Energiforbruk (kWh)	0,71 kWh	Primært energiforbruk ved produksjon per kg resirkulert polypropylen i kWh.	Raymond Olsen i Mitra AS, 2024
Energiforbruk (kWh)	0,20 kWh	Mengden energi som kreves ved produksjon i kWh per brøytestikke-	Raymond Olsen i Mitra AS, 2024
Antall stikker som trengs på 1 km (ant.)	20 stk.	Antall stikker som trengs for å dekke 1 km med vei.	Bolme, I, 2021
Antall stikker som må produseres over 5 år (ant.)	76 stk.	Antall stikker som må produseres over 5 år, med utgangspunkt i at 70% av stikkene gjenbrukes årlig.	Bolme, I, 2021
Heat from steam (kcal/kg output)	250 kcal	Varme.	(Michael Pinkel, 2019).
Water (m ³)	0,0025 m ³ /kg	Vannbehandlingen.	(Michael Pinkel, 2019).

Tabell 6 illustrerer data til livsløpsvurderingen.

Data	Mengde	Beskrivelse	Kilde
Extrusion, plastic film (kg)	1 kg	Konvertere en 1 kg PP-plast til granulat med ekstruder.	EcoInvent 3, SimaPro
Extrusion, plastic pipes (g)	282 g	Omforming av granulat til én brøytestikke på 282 g.	EcoInvent 3, SimaPro
Polypropylene, granulate (RER) (kg)	1 kg	Verdikjeden for 1 kg jomfruelig polypropylen.	EcoInvent 3, SimaPro
Transport, freight train (km)	115,6 km	Transport lokalt innenfor Norge.	EcoInvent 3, SimaPro

Transport, freight train (km)	4404 km	Transport mellom Norge – Tyskland.	EcoInvent 3, SimaPro
-------------------------------	---------	------------------------------------	----------------------

Tabell 7 illustrerer data til livsløpsvurderingen fra EcoInvent 3 sin database.

4.6.6 Usikkerhet knyttet til valg av data

Forskjeller som er tilknyttet gjenbruk (levetid) og supplerings vil være av stor betydning med tanke på forbruk, kostnad og miljøbelastning, samt tiltak for å forlenge levetiden (Bolme, I, 2021).

Plaststikker veier normalt mellom 250 - 300 gram. Små ulikheter i hvordan de er utformet og godstykkelse vil kunne gi forholdsvis store utslag med tanke på totalt plastforbruk (Bolme, I, 2021). I denne livsløpsvurderingen har jeg som nevnt konkret tatt utgangspunkt i hva én brøytestikke på 2 meter hos Mitra AS veier.

Scenariovurderingen jeg har gjort, inkluderer kun klimabelastning knyttet til transport målt i antall km, og tar ikke hensyn til ulikheter i energimiks i Norge sammenlignet med Tyskland. Inkludering av ulikheter i energimiks kunne gjort utslag i det endelige resultatet.

Det er gjort anslag knyttet til antall brøytestikker som er nødvendig for å dekke 1 km, basert på anslått gjennomsnittlig stikkavstand mellom hver brøytestikke langs en rett strekning. Dette tilsvarte 20 brøytestikker, men vil antakeligvis variere i virkeligheten, avhengig av type vei, svinger, terreng, osv. I tillegg er det tatt utgangspunkt i at 70% av stikkene kan gjenbrukes årlig, som gir et totalt produksjonsantall på 76 stikker over 5 år. I realiteten vil sannsynligvis dette variere fra år til år, og kan være mer eller mindre.

5 RESULTATER

5.1 Forskningsspørsmål 1 og 2: Hvor oppstår hardplastavfall i regionen Kristiansund i dag, hvor store mengder er dette, og hvor behandles det?

5.1.1 Materialstrømsanalyse plast

Det har vært interessant for Replast å få en oversikt over mengdene av plastfraksjoner i Kristiansund, da spesielt mengdene av hardplast. I den anledning, fikk jeg tilgang på data fra Retura, om de mengdene plastfraksjoner de samlet inn i Kristiansund i år 2023 fra sine kunder.

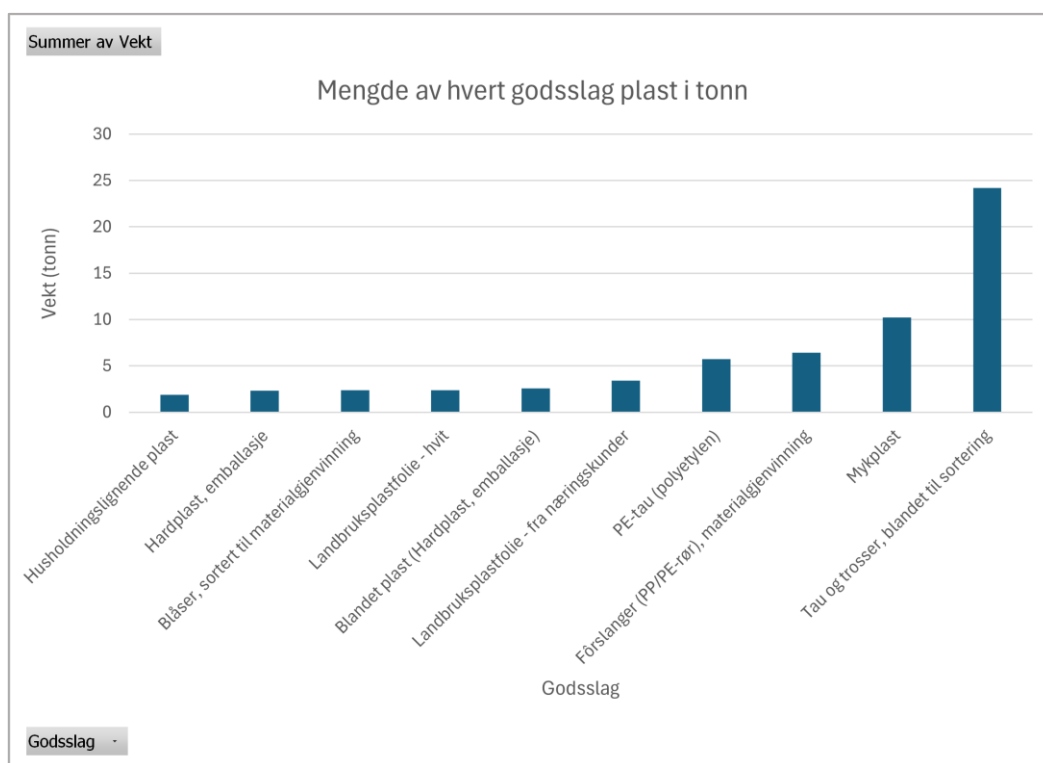
Retura er en logistikkbedrift som frakter ulike fraksjoner med avfall. De eier ingen mottak eller nedstrømsløsninger, men frakter avfallet fra sine kunder til ulike mottak, som deretter håndterer avfallet videre. I utgangspunktet skal all plasten som Retura samler inn gå til gjenvinning, men noe kan bli sendt til videre forbrenning av mottakene. Retura har ingen kunder som tar imot plastfraksjoner fra "blå sektor", som vil si tauverk, PP, PE, leppefisk skjul, og andre fraksjoner av denne typen (Rune Sæthre, 2024).

Dataene jeg fikk fra Retura, har jeg sortert og fremstilt i tabeller og diagrammer. Dette for å illustrere mengden av ulike godsslag, fra hvilken kunde plastfraksjonene kommer fra med vekt og mengde, og mengden hardplast som ble levert inn av hvilken kunde. Dette gir et oversiktlig og grovt bilde av mengdene og typen plastfraksjoner Retura registrerte i Kristiansund i 2023, samt hvor plasten kom fra. All vekt er oppgitt i tonn (Rune Sæthre, 2024).

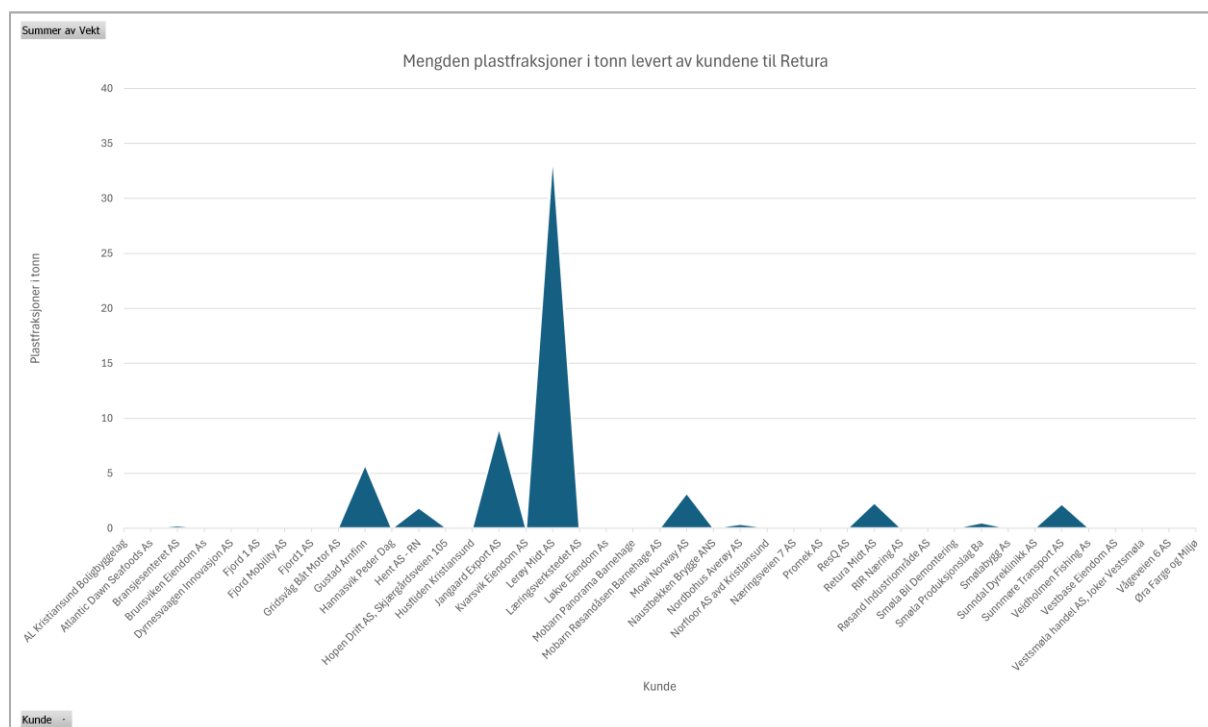
Tabell 7 viser at de totale mengdene plastfraksjoner Retura hentet inn i 2023, var 61,61 tonn, hvorav hardplast utgjorde ca. 11,35 tonn.

Radetiketter	Summer av Vekt
Husholdningslignende plast	1,9
Hardplast, emballasje	2,35
Blåser, sortert til materialgjenvinning	2,38
Landbruksplastfolie - hvit	2,4
Blandet plast (Hardplast, emballasje)	2,56
Landbruksplastfolie - fra næringskunder	3,4
PE-tau (polyetylen)	5,76
Fôrslanger (PP/PE-rør), materialgjenvinning	6,44
Mykplast	10,22
Tau og trosser, blandet til sortering	24,2
Totalsum	61,61

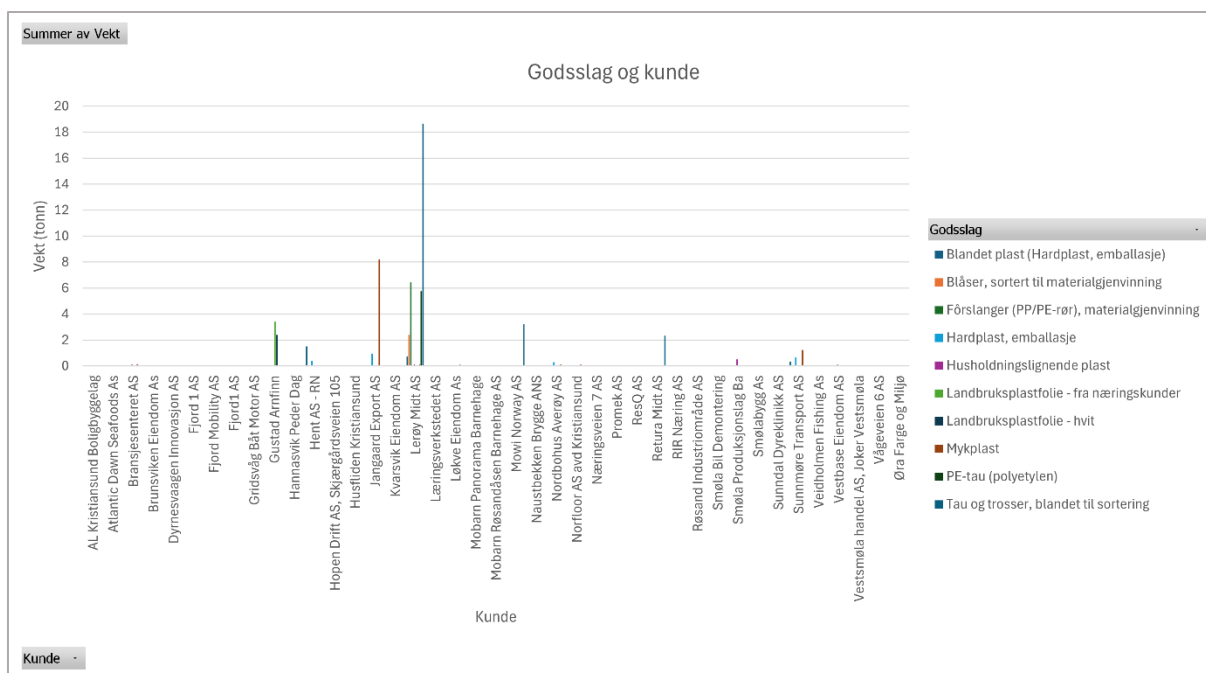
Tabell 8 illustrerer plastfraksjoner hentet inn av Retura i 2023 sortert etter vekt og godsslag.



Figur 9 presenterer dataene fra tabell 1 i et søylediagram.



Figur 10 illustrerer fra hvilken kunde plastfraksjonene kommer fra, oppgitt i tonn i et arealdiagram. Av diagrammet leses det at Lerøy Midt AS er den største leverandøren av plastfraksjoner til Retura.



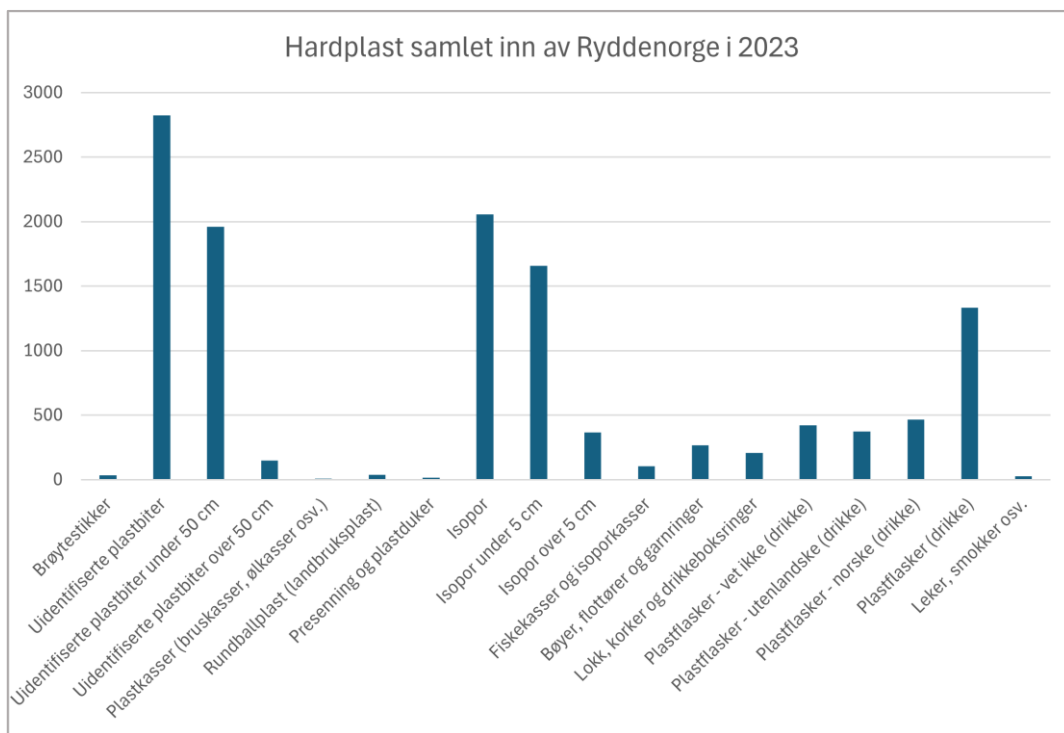
Figur 11 illustrerer hvilken kunde godsslagene av plastfraksjoner kommer fra, med vekt, oppgitt i tonn.

Summer av Vekt	Kolonnetiketter	T	
Radetiketter	Hardplast, emballasje		Totalsum
Bransjesenteret AS	0,04		0,04
Hent AS - RN	0,4		0,4
Jangaard Export AS	0,95		0,95
Nordbohus Averøy AS	0,29		0,29
Sunnmøre Transport AS	0,67		0,67
Totalsum	2,35		2,35

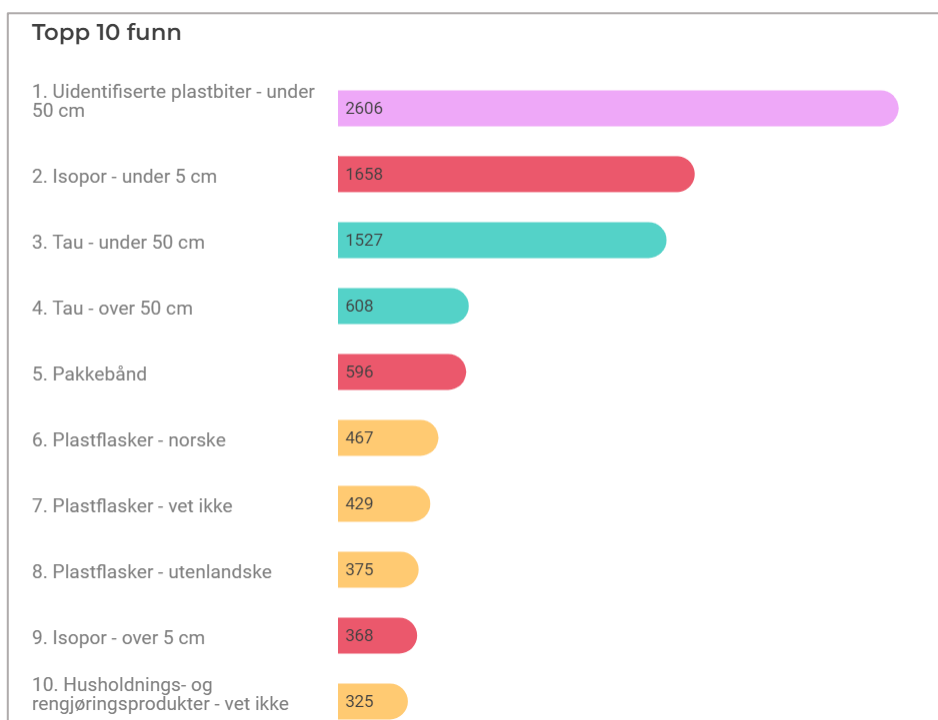
Tabell 9 illustrerer kun mengdene hardplast, emballasje i tonn, inkludert kundene som leverte inn dette.

Store mengder plast og hardplast samles også inn gjennom ryddeaksjoner gjennomført av frivillige. Rydde er et verktøy for frivillige som samler inn avfall, og gir en oversikt over mengden avfall som samles inn gjennom frivillig rydding i Norge (Bli Med Å Rydde Norge, n.d.) På denne nettsiden er det mulig å opprette egne ryddeaksjoner, melde seg på andres ryddeaksjoner, samt registrere det en rydder selv, og melde inn forsøplede områder.

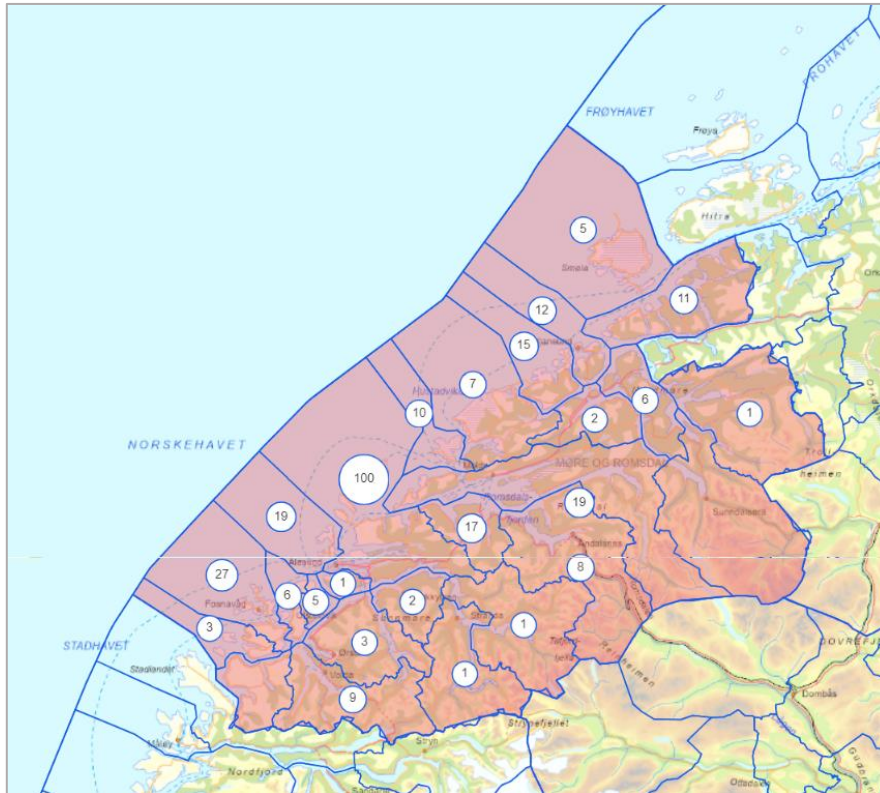
På denne nettsiden finnes det tilgjengelig statistikk som kan filtreres geografisk over mengdene hardplast som samles inn i forbindelse med deres ryddeaksjoner. Her fant jeg noe statistikk over mengdene plast og hardplast, som var samlet inn i Møre & Romsdal i 2023.



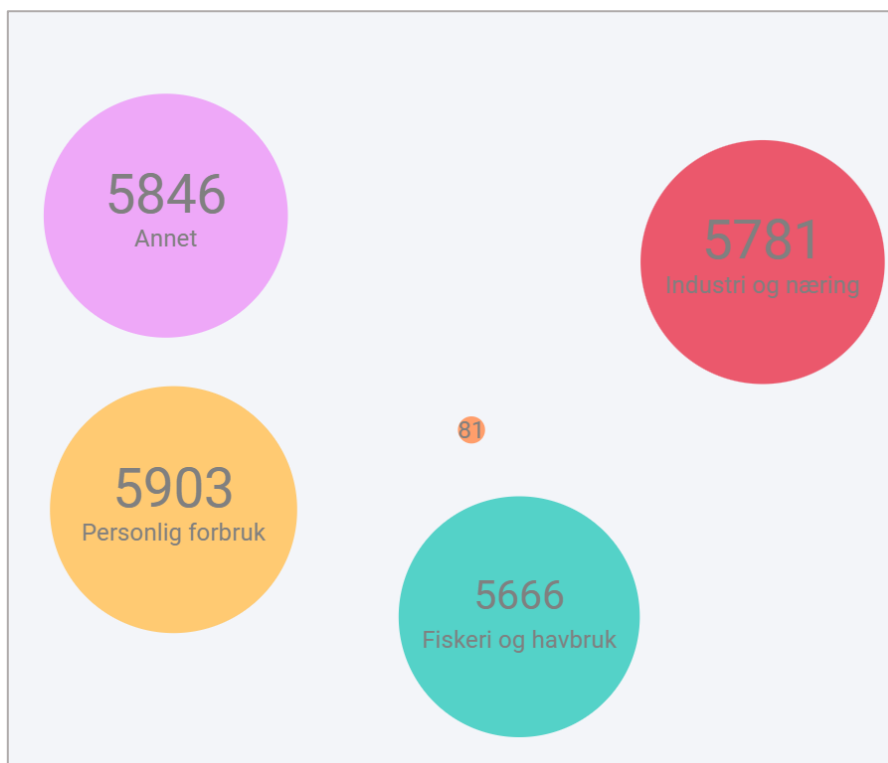
Figur 12 illustrerer hardplast/plast samlet inn gjennom Ryddenorge i 2023.



Figur 13 illustrerer topp 10 avfallsfunn gjort gjennom ryddeaksjoner av Ryddenorge i Møre og Romsdal i 2023.



Figur 14 illustrerer hvor de største avfallsfunnene ble gjort gjennom ryddeaksjoner av Ryddenorge i Møre og Romsdal i 2023.



Figur 15 illustrerer hvilke næringer avfallet kom fra under Ryddenorge sine ryddeaksjoner i Møre og Romsdal i 2023.

Utover informasjonen som har blitt samlet inn ovenfor, så har det vært utfordrende å kartlegge materialstrømmer av plast og hardplast, i Kristiansund kommune. Jeg har vært i kontakt med

flere aktuelle bedrifter og fagpersoner innenfor regionen, men tilbakemeldingene har vært at dette er data det ikke er krav om å kartlegge i dag, og som dermed ikke finnes. For de fleste bedrifter og virksomheter er det ikke et behov for å ha oversikt over egne plaststrømmer.

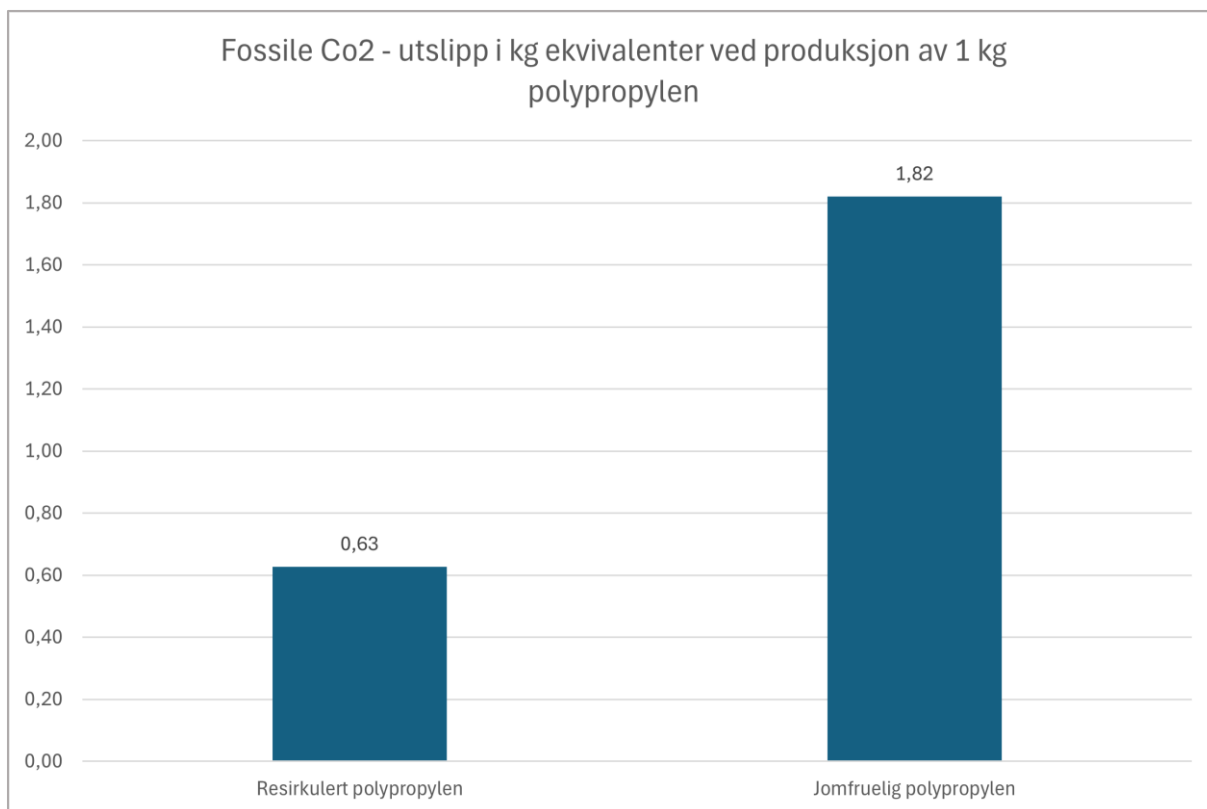
5.2 Forskningsspørsmål 3 og 4: Hva er miljøpåvirkningen målt i globale oppvarmingspotensialer (GWP) av å produsere brøytestikker med resirkulert plast analysert med livsløpsvurdering (LCA)?

5.2.1 Resultater LCA målt i globale oppvarmingspotensialer (GWP)

Livsløpsvurderingen av brøytestikkene ble gjennomført i SimaPro med EcoInvent 3 som database. Formålet var å beregne globale oppvarmingspotensialer (GWP) i kg CO₂-ekvivalenter. Transport av polypropylen er ekskludert fra disse resultatene, men inkluderes i scenariovurdering. Resultatene presenteres i de neste avsnittene.

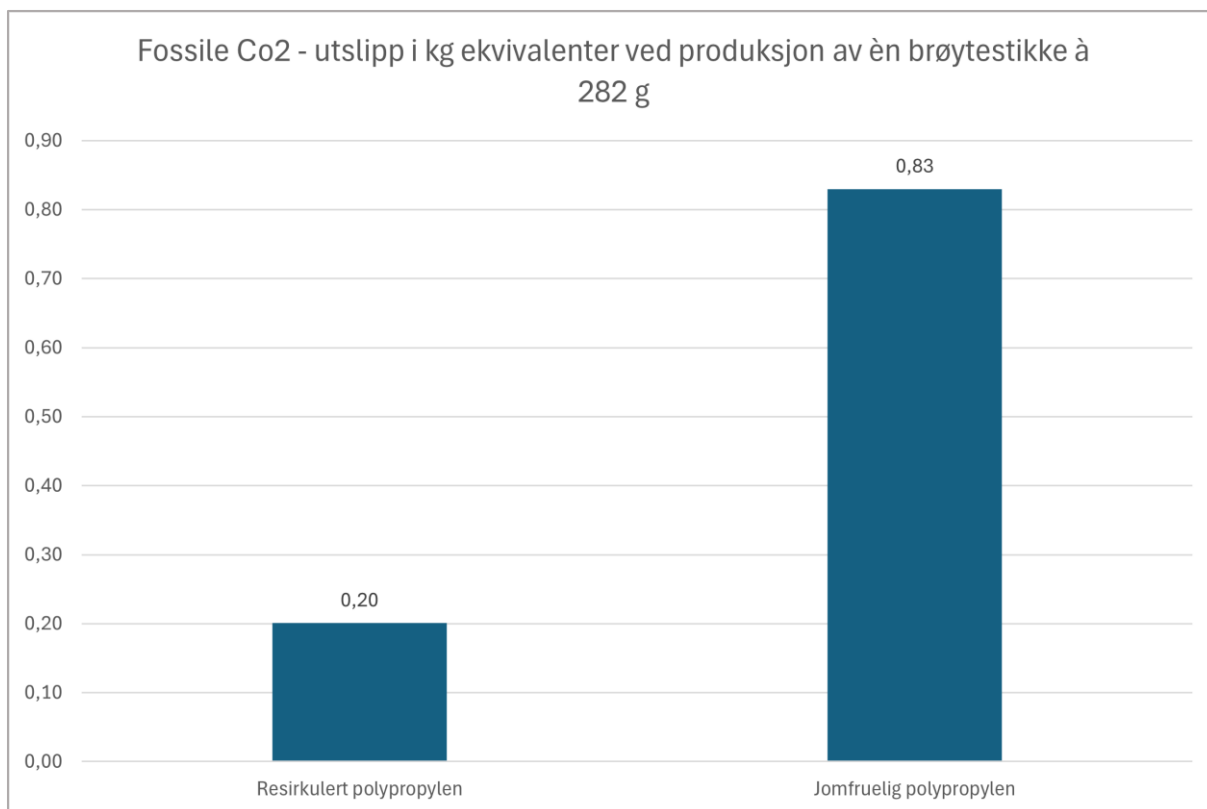
Figur 16 illustrerer CO₂- utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av enten jomfruelig eller resirkulert polypropylen til brøytestikkene. Her har jeg tatt utgangspunkt i at det er nødvendig å produsere 282 gram resirkulert polypropylen til brøytestikken av resirkulert plast, og 282 g jomfruelig polypropylen til brøytestikken av jomfruelig plast. Dette med utgangspunkt i hva en ferdig brøytestikke på 2 meter veier hos Mitra AS (Raymond Olsen, 2024). Det samme selskapet, Mitra AS, har ikke egne maskiner for resirkulering av PP. Prosessen for resirkulering er likevel i stor grad sammenlignbar med prosessen for brøytestikkproduksjon, og energiforbruket til resirkulering av 1 kg polypropylen vil anslagsvis være 2,55 MJ (Raymond Olsen, 2024). Det vil si at energiforbruket knyttet til produksjon av 1 kg resirkulert polypropylen er 0,71 kWh.

Figur 16 viser at mengden CO₂- utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av polypropylen er 0,63 kg for resirkulert PP, og 1,82 for jomfruelig PP. Det vil si at CO₂- utslippene målt i kg ekvivalenter er 34,4% lavere for resirkulert PP.



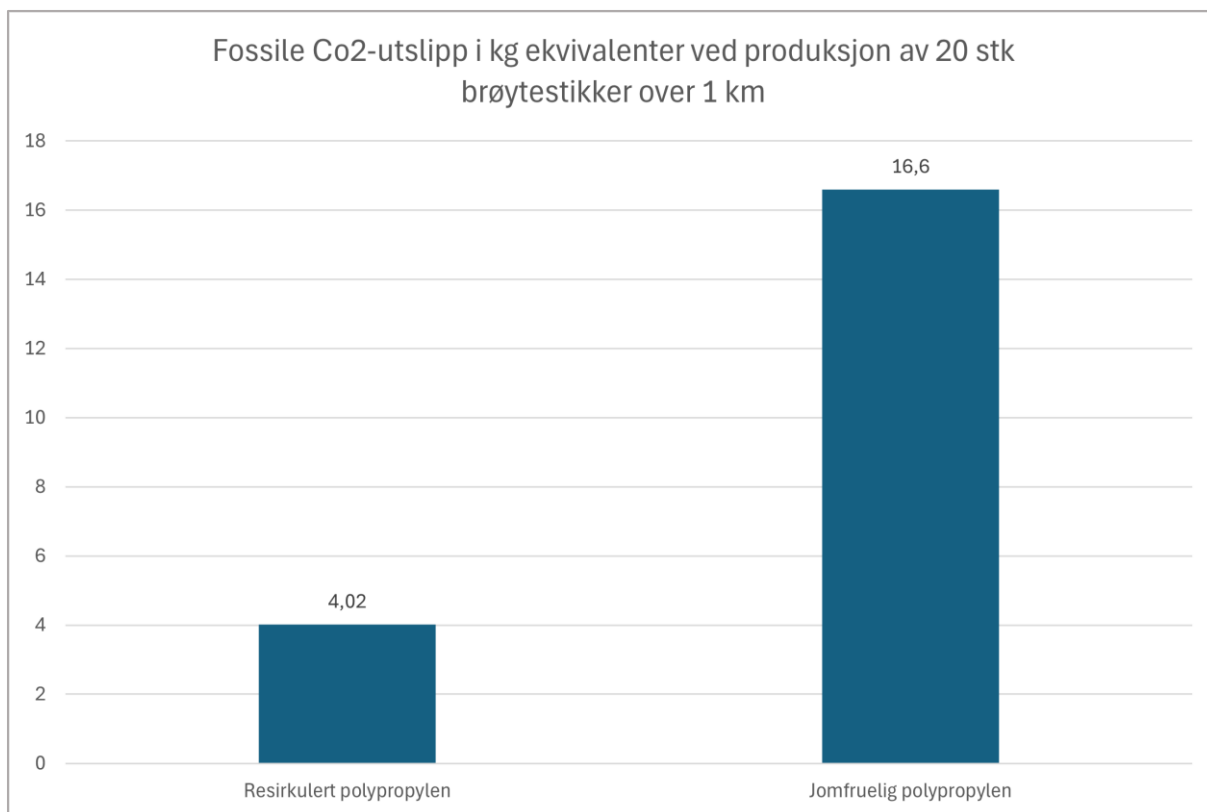
Figur 16 illustrerer CO₂ - utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av 1 kg polypropylen.

Figur 17 illustrerer mengden CO₂- utslipp i kg ekvivalenter knyttet til produksjon av brøytestikkene. Fra Mitra AS fikk jeg informasjon om deres energibruk knyttet til brøytestikkproduksjon. I deres kalkyler, legges det til grunn et energiforbruk på 0,1 kWh, som tilsvarer 0,36 MJ, per meter (141 gram) brøytestikke (Raymond Olsen, 2024). Med utgangspunkt i at stikkene vil veie 282 gram, vil energimengden for å produsere en brøytestikke være 0,20 kWh. I beregningen har det også blitt tatt utgangspunkt i at stikkene produseres ved bruk av ekstruder/ekstrudering, som er lagt inn som en del av bakgrunnssystemet. Resultatene ble at CO₂- utslippene i kg ekvivalenter knyttet produksjon av brøytestikkene ble 0,20 for stikkene av resirkulert PP, og 0,83 for stikkene av jomfruelig PP. Altså er utslippene 75,9% lavere for stikkene av resirkulert PP.



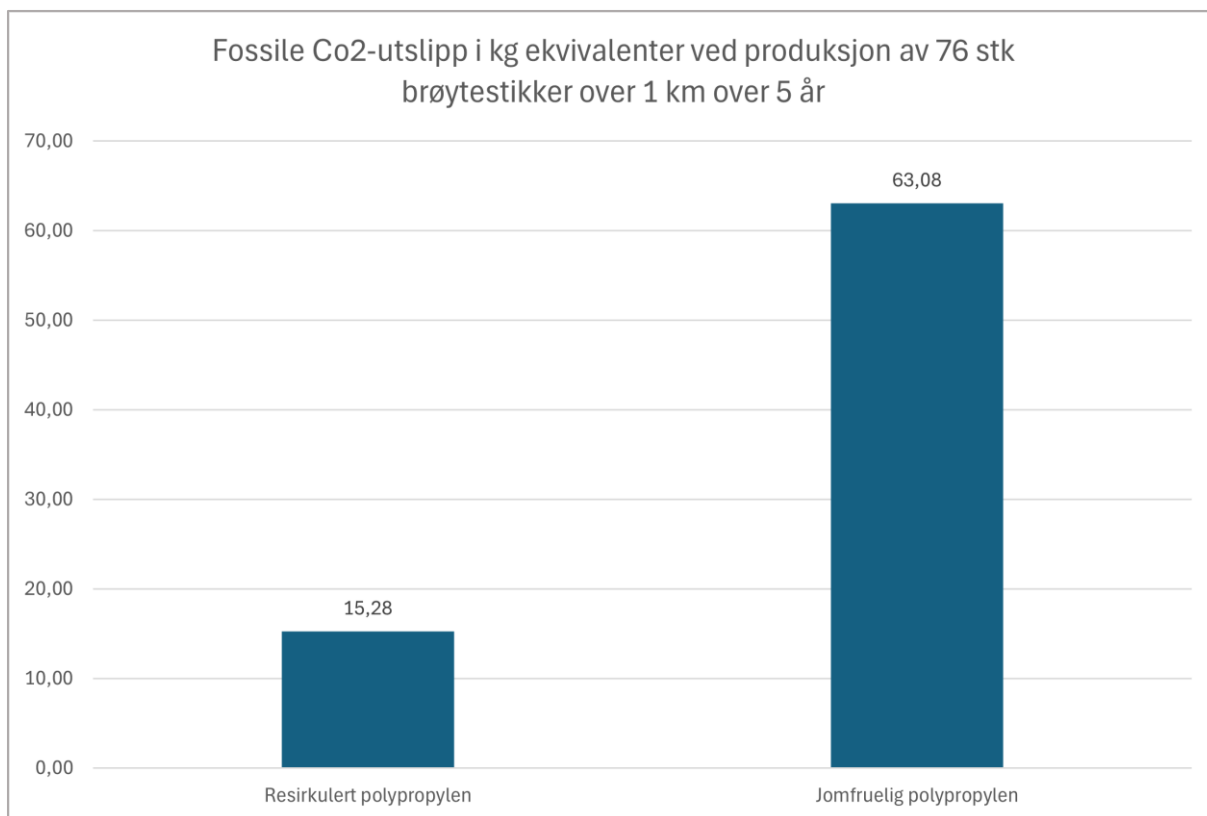
Figur 17 illustrerer mengden CO₂ - utslipp i kg ekvivalenter knyttet til produksjon av én brøytestikke.

Figur 18 illustrerer CO₂- utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av brøytestikker for å dekke 1 km med vei. Som tidligere redegjort for, så har jeg gjort et anslag om at det vil være nødvendig med ca. 20 brøytestikker for å dekke 1 km med vei. Vekten av 20 brøytestikker á 282 gram er totalt 5640 gram. Dette resultatet inkluderer både utslippene knyttet til produksjon av mengden resirkulert eller jomfruelig polypropylen som er nødvendig for å lage stikkene, og utslippene med energibruk knyttet til selve produksjonen av brøytestikkene. Produksjon av stikkene foregår som nevnt med ekstruder. Resultatene ble at utslippene for å dekke 1 km vei med nødvendig antall brøytestikker (20 stykker) i kg CO₂- ekvivalenter, ble 4,02 kg for brøytestikker av resirkulert PP, og 16,6 kg for brøytestikker av jomfruelig PP. Det vil si at utslippene var 75,66% lavere for stikkene av resirkulert polypropylen enn jomfruelig polypropylen, og man kan spare 12,58 kg CO₂- ekvivalenter med utslipp ved å dekke 1 km vei med stikker av resirkulert PP.



Figur 18 illustrerer CO₂ - utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av 20 stk brøytestikker som dekker 1 km med vei.

Figur 19 illustrerer CO₂- utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av polypropylen, og ved produksjon av brøytestikker, over 1 km i 5 år. Dette utgjør den funksjonelle enheten for livsløpsvurderingen. Her har jeg gjort et anslag om at mengden brøytestikker som er nødvendig for å dekke 1 km vei over 5 år er 76 stykker. Dette med utgangspunkt i at ca. 70% av brøytestikkene kan gjenbrukes årlig (Bolme, I, 2021). Resultatet ble at mengden CO₂ – utslipp i kg ekvivalenter for brøytestikke av resirkulert polypropylen, og for brøytestikke av jomfruelig polypropylen, ble henholdsvis 15,28 kg og 63,08 kg. Det vil si, at for å dekke 1 km vei med brøytestikker over 5 år, så kan en spare totalt 47,8 kg CO₂ – utslipp ekvivalenter ved å produsere brøytestikker av resirkulert polypropylen, sammenlignet med å produsere brøytestikker av jomfruelig polypropylen.



Figur 19 illustrerer CO₂-utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av 76 stk brøytetikker som dekker 1 km over 5 år.

5.2.2 Scenariovurdering

Det har også vært interessant å undersøke hvilken påvirkning transport av den resirkulerte plasten utenlands sammenlignet med innenlands har på globale oppvarmingspotensialer målt i kg CO₂-ekvivalenter.

Mesteparten av plasten blir per dags dato finsortert og materialgjenvunnet i utlandet, hovedsakelig i Tyskland. I tillegg har jeg gjort en forutsetning om at Plastretur AS i Kristiansund, kan være aktuelle som finsorterings – og materialgjenvinningsanlegg i denne analysen.

For å utføre denne scenariovurderingen med formål som nevnt innledningsvis, har jeg tatt utgangspunkt i at plasten finsorteres og materialgjenvinnes hos Replast AS i Kristiansund. Videre har jeg tatt utgangspunkt i at den plasten som finsorteres og materialgjenvinnes i utlandet, blir behandlet hos det tyske anlegget Vogt Plastic GmbH i Tyskland som i dag tar imot mye av plasten Grønt Punkt Norge samler inn, til finsortering og materialgjenvinning.

Det geografiske omfanget av analysen er fremdeles Kristiansund, det er hit plasten skal fraktes fra og tilbake til. I denne vurderingen har jeg i tillegg konstruert et scenario der Ørskogplast Plastindustri AS kan fungere som brøytestikkprodusent, da disse også holder til i Møre og Romsdal.

Følgelig går transportrutene til Tyskland først fra ReMidt IKS i Kristiansund, gjenvinningsstasjon med adresse Yttervågen 3, 6511 Kristiansund, til anlegget Vogt-Plastic GmbH Werk Rickenbach, Zelgle 4, 79736 Rickenbach, Tyskland. Deretter fra anlegget Vogt-Plastic GmbH i Rickenbach Tyskland, til Ørskog Plastindustri AS, Måsøyra 1, 6240 Ørskog. Totalt antall km ble 4 404 km

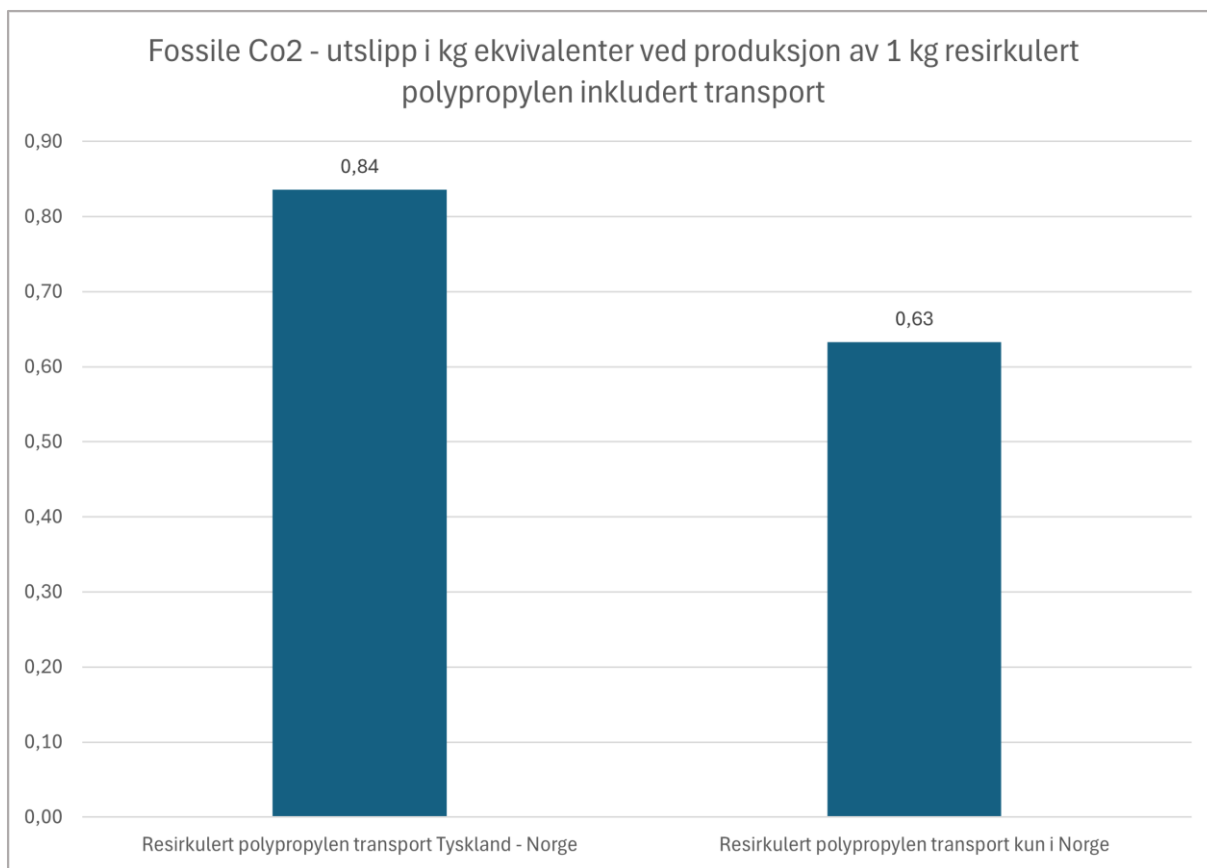
Transportrutene innenlands, går fra ReMidt IKS i Kristiansund, gjenvinningsstasjon med adresse Yttervågen 3, 6511 Kristiansund, til Replast AS, 6520 Frei. Deretter fra anlegget til Replast, til Ørskog Plastindustri AS, Måsøyra 1, 6240 Ørskog. Totalt antall km med transport blir 115,6 km.

Det er antatt at transporten foregår med togtransport. I denne scenariovurderingen har det eksklusivt blitt tatt hensyn til ekstra transport, ulik energimiks i Norge og Tyskland er ekskludert fra analysen.

Figur 20 illustrerer resultatene. Som vi kan lese av figuren, er klimautslippet målt i kg ekvivalenter ved behandling og transport av 1 kg resirkulert polypropylen som blir transportert mellom Norge og Tyskland, lik 0,84 kg CO₂ – ekvivalenter. For behandling og transport av plasten lokalt rundt Møre og Romsdal, er klimaavtrykket 0,63 kg ekvivalenter.

Det vil si at klimabelastningen er minimal med lokal håndtering av plasten, og omtrent det samme som resultatene fra produksjon av resirkulert polypropylen ekskludert transport.

Oppsummert vil CO₂ – utslippene reduseres med 25% ved lokal finsortering og materialgjenvinning, fremfor å eksportere plasten til Tyskland og deretter tilbake til Norge.



Figur 20 illustrerer fossile CO₂ - utslipp i kg ekvivalenter ved produksjon av 1 kg resirkulert polypropylen inkludert transport.

6 DISKUSJON

6.1 Oppsummering av resultatene

Forsknings spørsmål 1 og 2, handlet om hvor hardplastavfall oppstår i Kristiansund i dag, hvor store mengder dette er, hvor avfallet behandles, hvor stor andel av dette som er egnet til behandling hos Replast. Samt hva som må håndteres sentralt, eller gå til forbrenning. For å svare på disse spørsmålene, utførte jeg en materialstrømsanalyse av plast i Kristiansund.

Materialstrømsanalysen av plast i området Kristiansund og Møre og Romsdal, kunne ikke bli en komplett materialstrømsanalyse, i mangel av data. Kontakt med bedrifter viste at dette er data som ikke finnes hos de fleste, da plaststrømmen i bedrifter og virksomheter ikke kartlegges. Det er som jeg tidligere var inne på under metodikk om MFA, ingen krav eller lovreguleringer om at bedrifter skal vite hvor mye plastavfall som er i omløp i deres virksomhet. GPN har en viss oversikt over hvor store mengder tonn plastavfall som samles inn, av det som sorteres i plastavfallet.

Da kan man heller stille spørsmål ved om det skulle vært innført tiltak innenfor dette området. Det kan gjøre det enklere og mer gjennomførbart å kartlegge hvor mye plast som er i omløp og hvor denne havner, slik at en kan øke gjenvinningsgraden, og utnytte plastavfallet i større grad enn det som gjøres i dag. Krav og lovreguleringer som fører til bedre kartlegging av plastavfall, og muligens også en måte å sortere plastavfallet ut som havner i restavfallet, kan være nyttig for å heve andelen plastavfall som gjenvinnes. Hvilket også vil være et bidrag i å nå EU sine mål for ombruk og materialgjenvinning.

Retura hadde oversikt over platen som de fikk inn fra sine kunder i 2023. Disse resultatene ga noe informasjon rundt mengdene plastavfall som finnes i omløp i Kristiansund – området, men det er en liten andel av totalen.

Det ble også hentet inn data fra Ryddenorge, som viste hvilke mengder avfall- og plastavfall som samles inn gjennom deres offentlige ryddeaksjoner. Ulempen med plastavfallet som blir samlet inn gjennom ryddeaksjoner, er at denne platen ofte er såpass skitten, og av ganske dårlig kvalitet, slik at mye av platen sannsynligvis ikke kan bli materialgjenvunnet.

Til oppsummering så er resultatene for materialstrømsanalysen mangelfulle på grunn av manglende datagrunnlag. Dette er for øvrig også et resultat, som samtidig er i samsvar med tidligere funn. Det har tidligere vært forsøkt å gjennomføre komplette materialstrømsanalyser av plast, som har endt med ufullstendige resultater, grunnet manglende datagrunnlag. Som jeg tidligere har vært inne på, har det vært gjort forsøk på å gjennomføre en materialstrømsanalyse av plast i Norge, der konklusjonen var at det ikke var mulig å utføre en god samlet materialstrømsanalyse med tilgjengelig kunnskapsgrunnlag. Dette forsøket ble gjort i 2020 (Syversen F, 2020).

For å gjøre det mulig å utføre en komplett materialstrømsanalyse av plast i Norge og i kommuner, så kan et bredere utvalg av ettersorterings- og materialgjenvinningsanlegg i Norge være et forbedrende tiltak. Ettersorteringsanlegg bidrar til å sortere ut plasttyper fra regionen, som kan gi bedre data og mer plast til gjenvinning. I tillegg til at det gir mulighet for å stå bedre rustet i møte med økt plastavfall i fremtiden, da det vil finnes flere måter å håndtere avfallet på, med et større utvalg av lokale anlegg. Da ville man sannsynligvis fått bedre oversikt over mengdene, typene av plast og kvaliteten på denne, som kastes hvert år, ettersom dette da uansett ville blitt samlet inn og sortert. I tillegg vil det antakeligvis gjøre det enklere å i større grad utnytte resirkulert råvare i nye produkter, fremfor jomfruelige materialer. En annen fordel med å bygge flere materialgjenvinningsanlegg i Norge, er

reduerte lokale utslipp fra transport (Syversen, F., 2018). Både som en effekt av at plastavfallet ikke transporteres til utlandet, men også fordi import av jomfruelig plast kan blir redusert.

Forsknings spørsmål 3 og 4 gikk ut på hva klimanytten er av å håndtere avfallsstrømmene lokalt, heller enn å eksportere de til utlandet, og hva miljøpåvirkningen er av å produsere brøytstikker med resirkulert plast, analysert med livsløpsvurdering.

Resultatene jeg fant fra livsløpsvurderingen med verdikjeden for resirkulert polypropylen, viste at CO₂- utslippene målt i kg ekvivalenter var 34,40% lavere for resirkulert polypropylen, sammenlignet med jomfruelig polypropylen. Til sammenligning har andre studier funnet at bruk og produksjon av resirkulert polypropylen kan resultere i 35 - 60% reduksjon i energiforbruk og klimagassutslipp, sammenlignet med jomfruelig polypropylen (BromleyHall, T, 2023). Det finnes et bredt utvalg av studier som har gjort livsløpsvurderinger og sammenlignet utslipp målt i kg CO₂ - ekvivalenter for jomfruelig og resirkulert polypropylen, med ulike utgangspunkt og ulike data, som gjør at det da også er et spenn i resultater som viser ulik prosentvis endring i klimagassutslipp.

CO₂- utslippene i kg ekvivalenter for brøytstikkene var 75,9% lavere for stikkene av resirkulert polypropylen, enn for stikkene produsert av jomfruelig polypropylen. I analysen var råvarer og produksjon av stikkene inkludert, der utslippene var 0,20 kg CO₂- ekvivalenter for en stikke av resirkulert plast, og 0,83 kg for en stikke av jomfruelig plast.

Til sammenligning, fant Multiconsult med deres livsløpsvurdering av brøytstikker, at CO₂ - utslippene knyttet til råvarer og transport av råvarer (fase A1-A2) og produksjon (fase A3) ga ca. 0,65 kg utslipp CO₂ – ekvivalenter for en stikke av jomfruelig PP, og ca. 0,10 kg for en stikke av resirkulert polypropylen (Bolme, 2021). Det vil si at utslippene fra brøytstikkene var noe høyere i denne oppgaven, enn hva Multiconsult kom frem til i deres livsløpsvurdering. Mulige årsaker til ulikheter i resultat kan være at det har blitt beregnet ulike elektrisitetsbehov, eller andre ulikheter i prosesser som produksjon av råvarer, samt forskjeller i produksjon av brøytstikkene.

I en livsløpsvurdering vil transportdelen kunne gjøre store utslag i resultatene. Måten man regner transport i livsløpet kan ha store variasjoner etter lokale transportforhold, om materialene eller produktene skal fraktes over lange eller korte avstander. Transportarbeid kan i tillegg variere fra et område til et annet, samt hvilken type kjøretøy (tog, trailer eller EURO - klasse) (Syversen F, 2018) som blir benyttet, samt hvilken type drivstoff. Transportdelen av en

livsløpsanalyse utgjør gjerne en betydelig del av de totale CO₂- utslippene målt i kg ekvivalenter i analysen, så hvordan denne delen utføres i en analyse, vil dermed også ha betydelig innvirkning på resultatene, og dermed skape variasjoner i resultatene av livsløpsvurderinger.

Resultatene av livsløpsanalysen kan være til nytte for Replast, dersom de ønsker å fokusere på økt klimanytte ved å i større grad utnytte resirkulerte materialer fremfor konkurrerende jomfruelige materialer i produksjon av brøytestikker.

Livsløpsvurderingen viste også hvilken klimagevinst det er ved å ettersortere og resirkulere plasten lokalt i Norge, sammenlignet med å eksportere og importere plasten frem og tilbake fra Tyskland. Resultatene i scenariovurderingen viste at en kan spare 25% utslipp målt i kg CO₂- ekvivalenter, ved å behandle plasten lokalt, fremfor å eksportere den til utlandet. Disse resultatene kan være av interesse for Remidt og Kristiansund kommune, da det åpner for å se på mulighetene for et lokalt kretsløp. I tillegg kan det være interessant for Plastretur å se markedet for, og klimanytten av lokale ettersorterings - og gjenvinningsanlegg.

Resultatet av scenariovurderingen, konkluderte med samme resultat som NORSUS i deres rapport, som omhandlet SirkulærPlast – prosjektet (Caellwaert, P, 2020). Det ble undersøkt materialgjenvinning av plastavfall i Norge, sammenlignet med eksport til Sentral – Europa, der konklusjonen var at materialgjenvinning av plasten i Norge førte til en lavere potensiell klimapåvirkning. Dette resultatet kom av redusert transport, men også bruk av renere energimiks i gjenvinningsprosessen. Det er noe forskjell mellom scenariovurderingen i denne rapporten, og analysen som ble utført av NORSUS, da det i denne analysen kun ble tatt hensyn til transport, mens NORSUS inkluderte endring i energimiks i gjenvinningsprosessen, i tillegg til transport.

Resultatene fra livsløpsvurderingen er antakeligvis relativt robuste, da mye av tallene og dataen som er brukt, er basert på generiske data og modeller. Resultatene er ganske liknende resultatene som Statens Vegvesen kom frem til i sin livsløpsvurdering. Det vil si at disse funnene i stor grad var i samsvar med tidligere svar innenfor feltet.

7 KONKLUSJON

Resultatene fra materialstrømsanalysen, viser at det fremdeles er utfordrende å utføre en komplett materialstrømsanalyse av plast med dagens innsamlings- og avfallssystem. Det er ikke tydelig oversikt over mengdene plast bedrifter har i omløp i egen virksomhet, og hva som skjer med denne plasten. Av bedriftene som svarte var tilbakemeldingene stort sett at dette er informasjon de ikke har, eller at dette er noe som per dags dato ikke blir kartlagt.

Sannsynligvis er potensialet stort for materialgjenvinning av plast, da det sannsynligvis finnes store mengder plast i omløp som ikke samles inn eller går til materialgjenvinning. Det vil nok være nødvendig med flere tiltak, av samme type som for eksempel produsentansvarsordningen, for å i større grad lovregulere og kartlegge mengdene plast som er i omløp, slik at plasten i større grad kan utnyttes bedre enn i dag.

Resultatene fra livsløpsvurderingen av brøytestikker, viser at det er svært gunstig med tanke på reduksjon av klimagassutslipp å erstatte brøytestikker av jomfruelig plast med brøytestikker av resirkulert plast. Dette viser både resultatene fra denne livsløpsvurderingen av brøytestikker, og livsløpsvurderingen som ble gjort av Statens Vegvesen i 2020/2021.

I tillegg viser resultatene fra livsløpsvurderingen med scenariovurdering, at man kan spare CO₂- utslipp ved å finsortere og materialgjenvinne plasten lokalt i Norge, fremfor å eksportere plasten til utlandet. Antall kilometer plasten må transporteres reduseres betraktelig og vi vil få mer kontroll på hva som skjer med plasten som finsorteres og materialgjenvinnes, og hvilken måte dette gjøres på.

8 REFERANSER

Pieter Callewaert, A. F., & Lyng, K.-A. (2022). *Life cycle assessment of household plastic waste treatment in Norway (Report No. OR.07.22)*. NORSUS – Norsk institutt for bærekraftsforskning. Hentet 14. mai 2024, fra <https://norsus.no/wp-content/uploads/OR-07.22-Life-cycle-assessment-of-household-plastic-waste-treatment-in-Norway-1.pdf>

Bolme, I. (2021). *Test av brøytstikk vinteren 2020/2021*. Retrieved from <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3057744>. Hentet 14. Mai 2024

Simon Alexander Saxegård, A. E. S. (2018). *Klimaregnskap for håndtering av husholdningsavfall: Renovest 2016 (Report No. OR.04.18)*. NORSUS – Norsk institutt for bærekraftsforskning. Hentet 14. mai 2024, fra <https://norsus.no/wp-content/uploads/or0418-klimaregnskap-for-haandtering-av-husholdningsavfall-renovest-2016.pdf>

Antelava, A., Damilos, S., Hafeez, S., Manos, G., Al-Salem, S. M., Sharma, B. K., Kohli, K., & Constantinou, A. (2019). Plastic Solid Waste (PSW) in the context of Life Cycle Assessment (LCA) and sustainable management. *Environmental Management*, 64(2), 230–244. <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01178-3>. Hentet 14. mai 2024

Regjeringen. (2020). *Veikart for sirkulær økonomi 2019*. Hentet 14. mai 2024, fra <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2020/jan/veikart-for-sirkular-okonomi-2019/id2691183/>

Replast. (n.d.). *Hva gjør Replast*. Hentet 14. mai 2024, fra <https://www.replast.no/hva>

Grønt Punkt Norge. (2022). *Ved å resirkulere plastemballasjen reduserer vi klimagassutslippene våre med 72 300 tonn CO₂-ekvivalenter*. Hentet 14. mai 2024, fra <https://www.grontpunkt.no/aktuelt/nyheter/ved-aa-resirkulere-plastemballasjen-reduserer-vi-klimagassutslippene-vaare-med-72-300-tonn-co2-ekvivalenter?fbclid=IwAR2q7SfnhZ7Xxy1ulA6qTLU5fpV064nKQ6fbz8y0pAanjek8si - jMipZNg>

Syversen, F., Sundt, P., Kirkevaag, K., Briedis, R. (2020). *Materialstrømmen til plast i Norge: Hva vet vi?*. Hentet 14. mai 2024, fra https://dl8y9d78cbd9m.cloudfront.net/reports/Materialstr%C3%B8mmen-til-plast-i-Norge-Hva-vet-vi_-1.pdf

Grønt Punkt Norge. (n.d.). *Hardplast som næringsavfall*. Hentet 14. mai 2024, fra <https://www.grontpunkt.no/innsamling/naeringsliv/hardplast>

Som innsamler av næringslivsplast. (n.d.). Grønt Punkt Norge. <https://www.grontpunkt.no/innsamling/naeringsliv/som-innsamler>. Hentet 14. mai 2024

Kildesortering av plastemballasje. (n.d.). Grønt Punkt Norge. <https://www.grontpunkt.no/resirkulering/hva-skjer-med-det-vi-kildesorterer/plastemballasje>. Hentet 14.mai 2024

Hertzenberg, A. L. R. (2020). *En sammenlignende studie av kostnader, kapasitet og effektivitet ved norske realiserte og planlagte ettersorteringsanlegg for husholdningsavfall*. (Master). Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, nmbu.brage.unit.no. Retrieved from https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmloi/bitstream/handle/11250/2683449/Hertzenberg_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hentet 14. mai 2024

Fem fakta - hva skjer med plasten du sorterer? (n.d.). Grønt Punkt Norge. <https://www.grontpunkt.no/aktuelt/nyheter/fem-fakta-hva-skjer-med-plasten-du-sorterer>. Hentet 14. mai 2024

Ore, S. *Plast*. (2021, August 31). Store Norske Leksikon. <https://snl.no/plast>. Hentet 14. mai 2024

Her samlet de inn flest kilo plast per innbygger. (n.d.). Grønt Punkt Norge. <https://www.grontpunkt.no/aktuelt/nyheter/her-samlet-de-inn-flest-kilo-plast-per-innbygger>. Hentet 14. mai 2024

Pieter Callewaert, C. A., & Raada, H. M. (2021). *SirkulærPlast – LCA for tre sirkulære plastverdikjeder* Retrieved from norsus.no: https://norsus.no/wp-content/uploads/OR-37.20_SirkulaerPlast-LCA-modell_open-report-1.pdf?v=1. Hentet 14. mai 2024

Christensen, J. A. (1998). *Materialflyt, resirkulering og økologisk effektivitet for aluminium i Norge*. Retrieved from https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/242639/122153_FULLTEXT01.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hentet 14. mai 2024

LCA og klimagassregnskap - Multiconsult. (2014, October 24). Multiconsult. <https://www.multiconsult.no/tjenester/lca-og-klimagassregnskap/>. Hentet 14. mai 2024

Hansen, S. (2023, November 20). *De ulike trinnene i LCA og hvordan NORSUS jobber med disse*. Norsus. <https://norsus.no/de-ulike-trinnene-i-lca-og-hvordan-norsus-jobber-med-disse/>. Hentet 14. mai 2024

Substitusjonsverktøy for engangsartikler i plast, n.d. Retrieved from https://www.nho.no/contentassets/310dfca73b73492f88975ebaa10914b4/vedlegg_beskrivelse-av-substitusjonsverktoy.pdf. Hentet 14. mai 2024

LIFE CYCLE IMPACTS FOR POSTCONSUMERRECYCLED RESINS: PET, HDPE, AND PP. (2018). 49. Retrieved from <https://plasticsrecycling.org/images/library/2018-APR-LCI-report.pdf>. Hentet 14. mai 2024

Quist, A. Z. (2024, April 25). *Primary vs. secondary data - What's the best in LCA? - Ecochain - LCA software company*. Ecochain. <https://ecochain.com/blog/primary-vs-secondary-data-in-lca/>. Hentet 14. Mai 2024

System of Registries | US EPA. (n.d.). https://sor.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&glossaryName=Lifecycle%20Assessment%20Glossary. Hentet 14. Mai 2024

Mesta har satt opp én million brøytestikker til denne vinteren. (2022, November 2). Tu.no. <https://www.tu.no/artikler/mesta-har-satt-opp-en-million-broytestikker-til-dennevinteren/523429>. Hentet 14. mai 2024

Bli med å rydde Norge. (n.d.). <https://ryddenorge.no/>. Hentet 14. mai 2024

EMne - Materialstrømanalyse - TVM4160 - NTNU. (n.d.). NTNU. <https://www.ntnu.no/studier/emner/TVM4160/2011#tab=omEmnet>. Hentet 14. mai 2024

Her ble norsk plastemballasje materialgjenvunnet i 2023. (n.d.). Grønt Punkt Norge. <https://www.grontpunkt.no/aktuelt/nyheter/her-ble-norsk-plastemballasje-materialgjenvunnet-i-2023>. Hentet 14. mai 2024

Gjenvinningsåret 2023: Mer emballasje materialgjenvinnes. (2024). Grønt Punkt Norge. <https://www.grontpunkt.no/aktuelt/nyheter/gjenvinningsaaret-2023-mer-emballasje-materialgjenvinnes>. Hentet 14. mai 2024

Bromley-Hall, T. (2023, March 22). *IBRAN's sustainability efforts.* IBRAN. <https://www.ibran.com/blogs/news/ibran-sustainability-efforts>. Hentet 14. Mai 2024

Michael Pinkel, J. D., Dr.mont. Renato Sar. (2019). Study about Plastic Sorting and Recycling. 138. Hentet 14. Mai 2024

Vi sørger for at emballasje går i kretsløp. (n.d.). Grønt Punkt Norge. <https://www.grontpunkt.no/om-oss>. Hentet 14. mai 2024

Hva er ReMidt – ReMidt. (n.d.). <https://www.remidt.no/om-oss/#!/main>. Hentet 14. mai 2024

Renovasjonsordningen i ReMidt – ReMidt. (n.d.). <https://www.remidt.no/ny-renovasjonsordning-i-remidt/#!/main>. Hentet 14. Mai 2024

Syversen, F. (2018). *Utsortering og materialgjenvinning av biologisk avfall og plastavfall*
Retrieved from miljodirektoratet.no:

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1114/m1114.pdf>. Hentet 14. mai 2024

Avfallsregnskapet. (n.d.). SSB. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfallsregnskapet>. Hentet 14. mai 2024

Raymond Olsen, avdelingsleder i Mitra AS, informasjon per epost 18.04.2024. Sitert den 18.04.24

Rune Sæthre, Retura, informasjon per epost 22.03.2024. Sitert den 14.05.24