

FAKULTET FOR NATURVITENSKAP

TFY4851 EKSPERTER I TEAM - ALUMINIUM FOR EN LETTERE VERDEN

PROSJEKTRAPPORT

Forbedring av verdikjeden til aluminiumsemballasje

Resirkulering av aluminiumsemballasje - hvordan er livsløpet til aluminium i dag og hvordan kan det forbedres?

Skrevet av Gruppe 1:

Christian Aasved
Ingrid Vikan Sjurgard
Herman Hagen Horvei
Vegard Gjeldvik Jervell
Elisabeth Savitri Thrane

Landsbyleder:

Randi Holmestad

9. mai 2021



Forord

Denne rapporten er utarbeidet av fem studenter i forbindelse med mastergradsemnet *TFY4851 Eksperter i team - Aluminium for en lettere verden* ved NTNU. Formålet med dette emnet er å utvikle studentenes tverrfaglige samarbeidskompetanse gjennom et prosjekt knyttet til en reell samfunnsutfordring, som i dette tilfellet er relatert til temaet aluminium. Parallelt med prosjektoppgaven får studentene i emnet rikelig med tid til å reflektere over selve samarbeidet dem imellom. Således vil studentene selv bli oppmerksomme på både positive og negative aspekter ved eget samarbeid, og kunne iverksette korrigerende aksjoner basert på erfaringslæring som har til hensikt å styrke samarbeidet ytterligere. Erfaringer fra slike refleksjoner gir studentene perspektiv på godt tverrfaglig samarbeid, noe som vil være verdifull lærdom til senere prosjekter og videre karriere.

Prosjektgruppen består av fem studenter fra ulike masterprogram. Dette dannet grunnlaget for et tverrfaglig samarbeid som har gitt hvert gruppemedlem erfaring i å sette ord på og anvende sin spesifikke kunnskap i en tverrfaglig kontekst. For å utnytte den samlede kompetansen i prosjektgruppen best mulig, har vi bevisst søkt en problemstilling som inneholder aspekter fra alle enkeltmedlemmers respektive fagfelt. På denne måten la vi til rette for rask kunnskapsdeling og gode diskusjoner på tvers av fagfelt.

Vi ønsker å uttrykke takknemlighet til landsbyleder Randi Holmestad for veiledning og gode innspill underveis i prosessen. Videre vil vi takke representanter fra Hydro, Norsk Metallgjenvinning, Metallco, Sarpsborg kommune, Sintef, IVAR IKS, og Stena Recycling for all den tid de har satt av til å besvare våre spørsmål. Til slutt vil vi spesielt takke Jostein Søreide (Hydro), Blair Malcolm (Norsk Metallgjenvinning) og Anne Kvithyld (Sintef) for gode faglige diskusjoner og verdifull innsikt.

Trondheim

Mai 2021

Christian Aasved
MTIØT

Ingrid Vikan Sjurgard
MBIOT5

Herman Hagen Horvei
MIBYGG

Vegard Gjeldvik Jervell
MTKJ

Elisabeth Savitri Thrane
MSPHYS

Sammendrag

I dette prosjektet har vi tatt for oss følgende problemstilling: *Resirkulering av aluminiumsemballasje – hvordan er livsløpet til aluminium i dag og hvordan kan det forbedres?* Livsløpet til aluminiumsemballasje har blitt kartlagt gjennom samtaler og intervjuer med aktører i ulike deler av verdikjeden, blant annet Hydro, Norsk Metallgjenvinning, Metallco og Stena Recycling. Gjennom denne kartleggingen har vi sett at det er betydelige verditap i dagens aluminiumsverdikjede, både når det gjelder kvalitet og kvantitet. Med et estimert verditap på over 50 % i hver brukssyklus, tyder det på at verdikjeden er langt mer lineær enn hvordan den fremstilles. For å potensielt forbedre verdikjeden, og dermed utnytte aluminiumens egenskaper i større grad, har vi i denne rapporten foreslått noen konkrete tiltak som har til hensikt å øke resirkuleringsgraden og redusere de store volum- og kvalitetstapene.

Tiltakene som presenteres er hovedsakelig rettet mot infrastrukturen for sortering og innsamling av aluminiumsemballasje. Dette inkluderer en diskusjon om effekten av hente- og bringeordning, avstand til nærmeste returpunkt, separat avfallsbeholder for glass og metall, og sentralsortering. I tillegg diskuteres hvilken effekt en klar definisjon på hva som regnes som *resirkulert* aluminium vil ha for verdikjeden som helhet. Til slutt diskuteres også hvilket ansvar produsentene bør ha for å tilvirke produkter som lettere lar seg resirkulere.

Infrastrukturtiltakene, spesielt henteordning og sentralsortering, vurderes som hensiktsmessige for å øke den totale mengden emballasje som resirkuleres. I tillegg vil insentiv og reguleringer som hjelper produsenter med å bli mer bevisst sitt ansvar kunne bidra til å lukke kretsløpet til aluminiumsemballasje.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	1
1.3 Avgrensninger	1
1.4 Tverrfaglighet i arbeidet	1
1.5 Oppbygging av rapporten	2
2 Generelt om aluminium	3
2.1 Utvinning av aluminium	3
2.2 Miljøkonsekvenser ved utvinning av aluminium	4
3 Aluminiumsverdikjeden	5
3.1 Produksjon i smelteverk	6
3.2 Fra smelteverk til halvfabrikata	6
3.3 Fra halvfabrikata til forbruker	7
3.4 Fra forbruker til smelteverk	7
4 utfordringer ved dagens aluminiumssyklus	8
4.1 Aluminium og sirkulær økonomi	8
4.2 Forbrenning av restavfall	9
5 Status på materialgjenvinning i Norge	11
5.1 EUs krav til materialgjenvinning	11
5.2 Måloppnåelse i Norge	11
6 Tiltak	12
6.1 Definisjonen av <i>resirkulert</i> aluminium	12
6.2 Tiltak ved innsamling av aluminiumsemballasje	13
6.3 Sentralsortering	17
6.4 Produsentansvar	19
7 Diskusjon	21
8 Konklusjon	22
Referanser	23

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Aluminium er en av Norges største eksportartikler, mye på grunn av god tilgang på ren og rimelig elektrisk kraft [1]. Norge er også den største produsenten av primæraluminium i Europa, med en årlig produksjon på over 1 million tonn [2]. De siste årene har det skjedd en kraftig økning i bruken av aluminium på verdensbasis. Til tross for at mange aluminiumsprodukter har lang levetid, vil økt forbruk på sikt føre til økt avfallsmengde og følgelig økt behov for gode resirkuleringsordninger. På grunn av at Norge står for en stor del av *primæraluminiumen* som settes ut på markedet, er det viktig at de også tar ansvar for å finne gode løsninger for resirkulering og anvendelse av *sekundæraluminium*.

1.2 Problemstilling

I denne rapporten har vi derfor valgt å diskutere problemstillingen: *Resirkulering av aluminiums-emballasje - hvordan er livsløpet til aluminium i dag og hvordan kan det forbedres?* I den forbindelse har vi sett nærmere på hvordan livsløpet til aluminium er i dag og undersøkt hvilke utfordringer som eksisterer i de ulike leddene. Dette har blitt gjort gjennom intervju og samtaler med fagpersoner i flere deler av kretsløpet, noe som har gitt oss innsyn i hvor det finnes forbedringspotensialer. Basert på dette vil vi diskutere noen konkrete tiltak som kan forbedre livsløpet til aluminiumsemballasje, hvor tap av aluminium reduseres og resirkuleringsgraden kan økes.

1.3 Avgrensninger

Som presisert i problemstillingen, har vi valgt å fokusere hovedsakelig på *emballasje* laget av aluminium. Vi vil derfor ikke diskutere konkrete tiltak som er direkte rettet mot andre typer aluminiumsgjenstander, eksempelvis avfall fra bygg- og bilindustrien. For å videre avgrense oppgaven, har vi valgt å gå bort fra tiltak direkte rettet mot forbrukeradferd, og heller hatt fokus på andre ledd i aluminiumsverdikjeden. Årsaken til dette er at mye fokus rettes mot forbrukere, og vi har derfor tenkt at det vil være mer interessant å undersøke hvilke utfordringer og mulige løsninger som finnes i andre deler av kretsløpet. Derfor vil vi i denne rapporten presentere tiltak hovedsakelig rettet mot infrastrukturen for innsamling og sortering av emballasje, i tillegg til produsentenes ansvar for å minimere verditap og øke resirkuleringsgraden. Til slutt ønsker vi også å presisere at vi har valgt å se bort ifra ordninger og tiltak knyttet til emballasje i form av brus- og ølbokser, da vi vet at panteordningen fungerer godt slik den er i dag.

1.4 Tverrfaglighet i arbeidet

Gruppens sammensetning har også vært viktig for å forme problemstillingen. Gruppen består av fem mastergradsstudenter fra ulike studieprogrammer innen realfag og teknologi. Fagområdene inkluderer industriell økonomi, bioteknologi, materialteknologi, materialfysikk og bygg- og miljøteknikk. Med utgangspunkt i å kunne anvende hver enkelt sin faglige kompetanse, har vi valgt en bred problemstilling med potensiale for å benytte alles unike kunnskap. Vi har derfor gjort en nøye vurdering av hvordan dette best kunne la seg gjøre gjennom hele prosessen, fra utforming av problemstilling til sluttresultat.

En av fordelene vi har sett ved at gruppa innehar bred faglig kompetanse, har vært å kunne belyse problemet fra flere sider. For å analysere verdikjeden til aluminium har vi hatt spesielt bruk for gruppens kompetanse innen materialteknologi- og fysikk. Den tekniske kompetansen om aluminium har også vært viktig for å se realistiske muligheter og begrensninger gjennom hele prosessen. For å

belyse *hvorfor* resirkulering av aluminium er viktig fra et miljømessig perspektiv, har vi hatt bruk for gruppens kunnskap om kjemi, biologi og miljøteknikk. For å få til en god diskusjon om sistnevnte fra et økonomisk perspektiv, ble gruppens kompetanse innen økonomi og strategi avgjørende.

1.5 Oppbygging av rapporten

Denne rapporten starter i seksjon 2 med en generell introduksjon til aluminium, utvinning av aluminium og hvilken påvirkning metallet har på miljøet. Videre kartlegges de ulike leddene av aluminiumsverdikjeden og det vi anser som de viktigste utfordringene i denne verdikjeden, henholdsvis i seksjon 3 og 4. I seksjon 5 diskuteres statusen på materialgjenvinning i Norge per i dag, før vi i seksjon 6 presenterer konkrete tiltak for å forbedre verdikjeden til aluminiumsemballasje. Underveis i seksjon 6 avdekkes også muligheter for hvordan arbeidet kan videreføres. I seksjon 7 diskuteres noen av tiltakene opp mot hverandre, samt en oppsummering av samfunnsnyttene til dette prosjektet. Avslutningsvis presenteres vår konklusjon i seksjon 8.

2 Generelt om aluminium

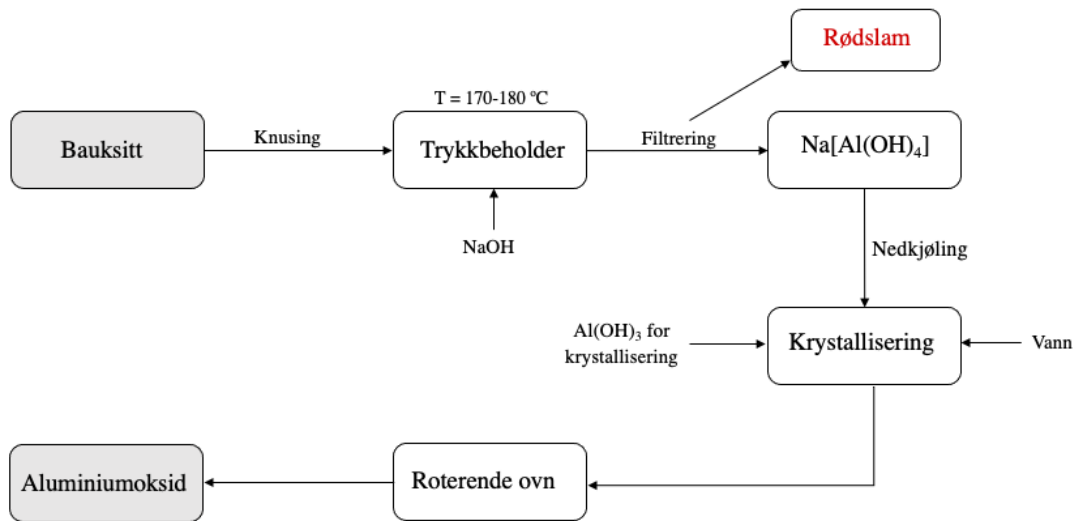
Aluminium er et av de vanligste grunnstoffene på jorda. Metallet er lett og har et bredt bruksområde på grunn av sin gode holdbarhet og formbarhet [3]. Rene aluminiumslegeringer kan også enkelt smeltes om og brukes igjen uten å miste sine egenskaper, noe som bare krever 5 % av energien som trengs for dannelsen av nytt aluminium [4]. Metallet omtales derfor gjerne som det *grønne metallet*, og er kjent for å være 100 % resirkulerbart [5, 6]. Selve fremstillingsprosessen er derimot veldig kompleks og energikrevende, og har stor påvirkning på miljøet.

2.1 Utvinning av aluminium

Prosessen med å fremstille aluminium starter med utvinning av bauksitt fra jordskorpa [3]. Bauksitt er en jordrest som hovedsakelig består av aluminiumhydroksider, og dannes ved kjemisk forvitring av feltspatrike bergarter i varmt klima [7]. Gjennom *Bayerprosessen* blir bauksitt omdannet til aluminiumoksid, også kalt alumina (Al_2O_3). Aluminiumoksid blir videre omdannet til primært aluminium ved smelting gjennom en elektrolytisk prosess kalt *Hall-Héroult-prosessen* [3].

Bayerprosessen

Bayerprosessen kan deles inn i fire trinn vist i figur 2.1. Første trinn er å knuse bauksitt og blande det med natriumhydroksid (NaOH) ved høy temperatur. Da vil aluminiumoksid løses i natriumhydroksid og danne aluminiumhydroksid, mens urenheter og andre stoffer ikke løses. Videre separeres løsningen ved filtrering for å fjerne det uløselige avfallet, som kalles rødslam (eng. red mud). Etter filtrering blir løsningen kjølt ned og aluminiumhydroksid vil felle ut som krystaller. Disse vaskes for å fjerne rester av NaOH og varmes opp for å fjerne vannrester. Da vil man til slutt sitte igjen med aluminiumoksid, et fint hvitt pulver som ligner på sukker [8, 9].



Figur 2.1: Oversikt over de ulike trinnene for dannelsen av aluminiumoksid fra bauksitt gjennom Bayerprosessen [9].

Hall-Héroult-prosessen

Aluminiumoksid blir videre smeltet om til aluminium gjennom Hall-Héroult-prosessen. Først løses aluminiumoksid i en smelte av kryolitt og aluminiumfluorid ved høy temperatur, før oksidet spaltes ved elektrolyse. Når oksygenatomene separeres fra aluminiumoksidet vil de reagere med karbonet

i anoden og danne karbondioksidgass (CO_2), mens smeltet aluminium samles ved katoden [10]. Reaksjonsligning for prosessen er vist i ligning 2.1.



2.2 Miljøkonsekvenser ved utvinning av aluminium

Rødslam inneholder verdifulle råvarer som jernoksid, aluminiumoksid, silisiumoksid og titanoksid, men blir av teknologiske og økonomiske årsaker betraktet som avfall. På grunn av at massen er svært basisk (pH 10-12) kan den ikke slippes ut i naturen, og deponeres derfor i store bassenger. Bare 1-2 % av dette gjenbrukes i andre industrier. Siden mengdene som produseres er så enorme, kreves store landområder for deponering. Faktisk er mengden rødslam mer enn det dobbelte av mengden aluminiummetall som produseres under en standard prosess. Årlig tilsvarer dette 20 kg per person i verden [11].

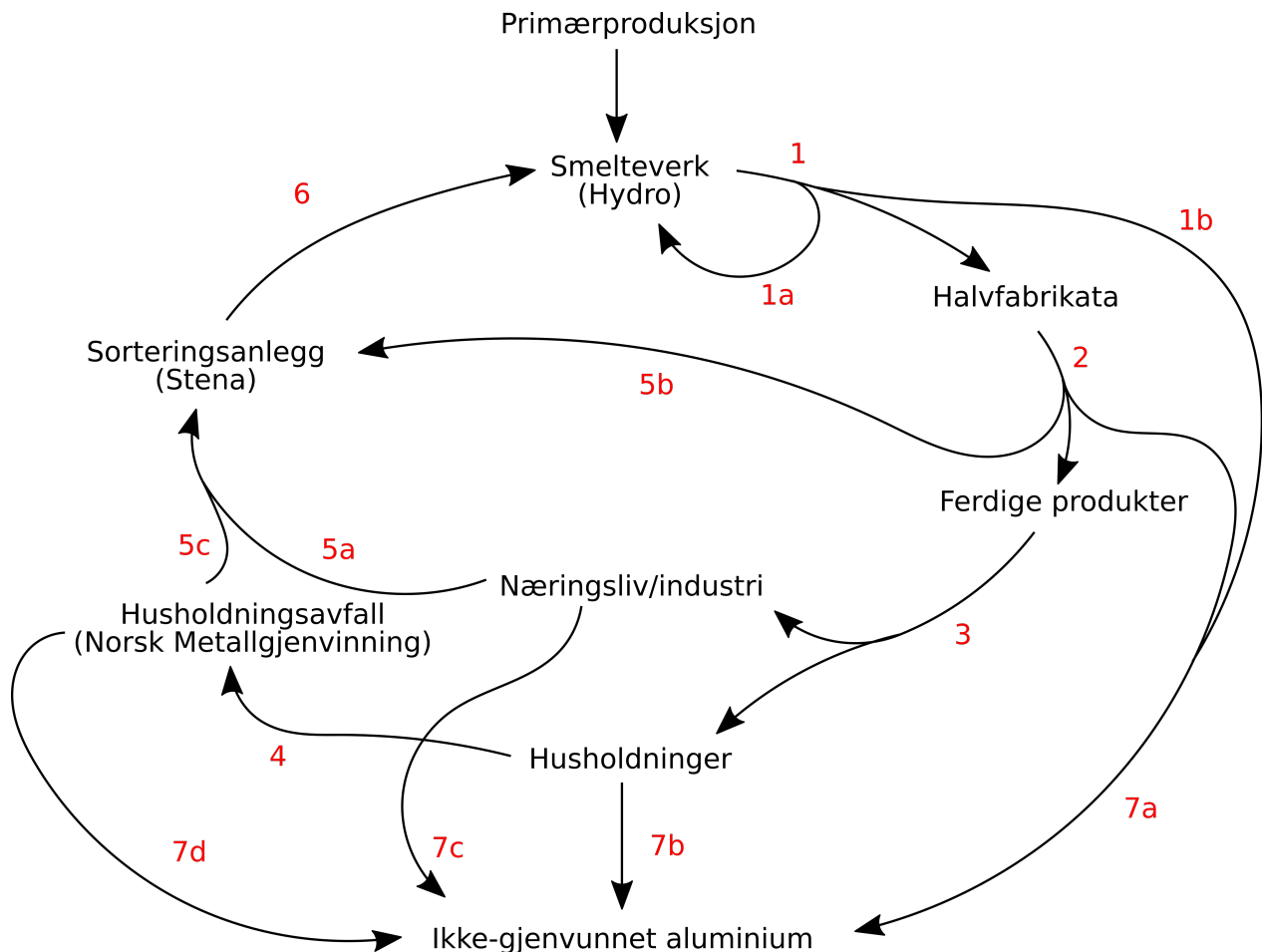
Dette er ikke bare dårlig utnyttelse av ressurser, men kan også føre til store miljøkonsekvenser. Tap av landområder kan skade økosystemer og redusere tilgangen på mat for dyr. Samtidig kan lekkasje fra bassengene føre til lokal forurensing i tillegg til både sosiale og økonomiske skader. Det kan blant annet føre til forurensing av grunnvann, drikkevann og elver, samt redusert fiske- og dyreliv [12]. Det finnes også eksempler hvor utslipp av rødslam har ført til fatale konsekvenser. Et av disse var i Ungarn i 2010, hvor 10 personer døde og 150 personer fikk alvorlig kjemisk forbrenning på grunn av lekkasje av den svært basiske massen [13]. Nylig (i 2021) ble Norsk Hydro saksøkt av rundt 40 000 brasilianere for det de mener er giftige utslipp fra aluminiumsproduksjonen. Deres advokatfirma har uttalt at eksponering for avfallet kan føre til helseproblemer som økt risiko for kreft, hudsykdommer, Alzheimers, mageproblemer og diaré [14].

I tillegg krever disse prosessene enorme energimengder, spesielt elektrolyseprosessen, og de fører til utslipp av klimagasser. Faktisk utgjør aluminiumsproduksjon over 1,5 % av verdens totale energiforbruk [15]. Siden strøm er den viktigste energikilden, vil det totale karbonfotavtrykket variere ut fra hvilken kraftkilde som brukes. Gjennomsnittlig globalt karbonfotavtrykk ligger på 16,7 tonn CO_2 -ekvivalenter per tonn aluminium. Dette kan imidlertid variere fra rundt 4 tonn CO_2 -ekvivalenter per tonn aluminium på det laveste, typisk i vannkraftbaserte regioner som Norge, til rundt 10 ved bruk av naturgass i land i Midtøsten, til over 20 ved bruk av kullkraft i blant annet Kina [16].

Til sammenligning krever omsmelting bare fem prosent av energimengden som trengs for primærproduksjon [4]. Resirkulering, gjenbruk og sekundær produksjon av aluminium er derfor betydelig mer gunstig, både miljømessig og økonomisk, sammenlignet med primær produksjon. Dette tydeliggjør hvor viktig det er å ha gode løsninger for resirkulering og gjenbruk av aluminium som allerede er produsert.

3 Aluminiumsverdikjeden

Verdikjeden til aluminium i Norge er svært sammensatt og involverer mange aktører. Gjennom flere samtaler med aktører fra forskjellige ledd i aluminiumsindustrien, har vi forsøkt å kartlegge hvordan denne verdikjeden er satt sammen. Denne seksjonen er ment å gi et overblikk over denne kartleggingen som fortrinnsvis baserer seg på samtaler med Hydro, Norsk Metallgjenvinning, Stena Recycling og Metallco [16–18]. Smelteverk produserer diverse legeringer ved å blande varierende mengder resirkulert aluminium med primæraluminium. Disse legeringene vales, ekstruderes eller støpes til plater, barrer eller folie før de selges til sekundærprodusenter som maskinerer og videreforedler til ferdige produkter. Ferdige produkter forbrukes eller slites ut før aluminiumsavfallet samles inn av skraphandlere og gjenvinningsstasjoner. Disse sorterer avfallet og selger den sorterte aluminiumen til smelteverkene. Vår kartlegging av syklusen er oppsummert i figur 3.1.



Figur 3.1: Grafisk oversikt over vår kartlegging av aluminiumsverdikjeden. Nummereringen referer til materialstrømmer som kommenteres og diskuteres videre i rapporten.

Dersom livssyklusen til aluminium betraktes fra et verdiperspektiv, eksisterer to overordnede utfordringer: *volumtap* og *kvalitetstap* [19].

Volumtap

Med volumtap menes tap av aluminium i produksjonsprosesser og forbrenning, i tillegg til at mengden aluminium som samles inn til gjenvinning er mindre enn mengden som settes på markedet. Under forbrenning reagerer aluminium med oksygen og danner aluminiumoksid etter ligning 3.1.



Kvalitetstap

I alle ledd i aluminiumsverdikjeden genereres det skrap, det vil si aluminium som må smeltes om for å kunne brukes videre. Kvaliteten, altså grad av renhet, på skrapet varierer stort avhengig av hvor i syklusen det blir generert. Siden en rekke aluminiumsprodukter krever spesifikke legeringer for å kunne oppfylle ønskede egenskaper, vil aluminium av lavere kvalitet (blanding av mange ulike legeringer) ha færre mulige bruksområder.

Med utgangspunkt i figur 3.1 vil dagens situasjon og utfordringer i de forskjellige leddene, samt hvordan de forskjellige leddene henger sammen, belyses og diskuteres.

3.1 Produksjon i smelteverk

Ved smelteverk produseres et bredt spekter av aluminiumslegeringer fra en blanding av primæraluminium og sekundæraluminium. Legeringene deles i to hovedkategorier som det er viktig å differensiere mellom når man skal se nærmere på verdikjeden til aluminium [20]. Smilegeringer (knalegeringer), som brukes videre til produksjon av plater, folie og ekstruderte profiler, inneholder små mengder legeringselementer. Disse har også små marginer angående hvor mye av hvert legeringselement produktet skal inneholde. I produksjon av smilegeringer er smelteverkene avhengig av mye primæraluminium og homogent skrapmetall. Den andre hovedkategorien er støpelegeringer. Disse inneholder en større andel legeringselementer, ofte opp mot 20 wt%, og brukes primært i produksjon av motorblokker, hageredskaper og liknende. I tillegg har støpelegeringer ofte større toleransmarginer angående innhold av andre legeringselementer enn de som i utgangspunktet utgjør legeringen. Som resultat medfører dette at støpelegeringer kan inneholde en større andel, og mindre homogent, skrapaluminium enn smilegeringer.

Ettersom det er svært vanskelig å skille ut legeringselementer fra en aluminiumslegering, kan støpelegeringer anses som mindre gjenvinnbare enn smilegeringer [16]. Samtidig er det lettere å produsere støpelegeringer fra skrapaluminium. Siden etterspørselen etter aluminiumprodukter i begge kategorier er større enn tilgangen på skrap, resulterer dette i at aluminiumsskrap ofte brukes i produksjon av støpelegeringer, mens lite skrap inngår i produksjon av smilegeringer.

3.2 Fra smelteverk til halvfabrikata

I produksjon av halvfabrikata er det én hovedkilde til tap av aluminium: Oksidering av aluminiumssmelten til slag (strøm 1b i figur 3.1) [16]. Selve smelteprosessen er i stor grad optimert per i dag, og dannelsen av slag i smelteprosessen er rent kjemisk et svært vanskelig problem å fjerne. I dette leddet dannes også mye prosessskrap (strøm 1a i figur 3.1) i form av avkapp, spon og platerester med en kjent sammensetning. Andelen aluminium som blir til prosessskrap varierer fra 10 % i produksjon av folie til så mye som 60 % i produksjon av fly og flydeler [21]. Dette skrapet er den høyeste kvaliteten av gjenbrukbar aluminium smelteverkene har tilgang på, ettersom den har en kjent, homogen sammensetning og kan mates direkte tilbake til smelteovnene [16].

En pågående debatt i aluminiumsindustrien handler om hvorvidt omsmeltet prosessskrap skal regnes som *resirkulert* når andelen resirkulert aluminium i et produkt oppgis [16]. Et problem med å regne inn prosessskrap i andelen resirkulert aluminium i et produkt er at det kan belønne produsenter som produserer mer skrap enn nødvendig i produksjonen, og på den måten øker sitt miljøavtrykk. Denne problematikken er gjenstand for grundig diskusjon i seksjon 6.1.

3.3 Fra halvfabrikata til forbruker

Under produksjon av ferdige produkter fra halvfabrikata dannes det en betydelig mengde prosessskrap. I 2016 ble i snitt over 15 % av aluminium halvfabrikata omdannet til skrap under videreforedling [22]. Allerede i dette leddet har skrapet som genereres, lavere verdi siden det ofte inneholder en blanding av forskjellige legeringer. Det kan derfor ikke smeltes om direkte på samme måte som prosessskrapet generert under produksjon av halvfabrikata. Skrapet selges til skraphandlere (strøm 5b i figur 3.1) som sorterer, kutter og pakker det før det selges videre til smelteverk (strøm 6 i figur 3.1) [17]. I dette ekstra leddet tapes ca. 1-2 % av aluminiumen, mot tilnærmet null tap under direkte omsmelting av prosessskrap [22].

Det vesentlige verditapet i dette leddet kommer av de høye kravene til sortering som smelteverkene stiller til skraphandlerne [17]. Skrapet er ofte i form av spon og kapp som er krevende å sortere, og kan derfor ende opp med å bli solgt til smelteverkene som raff, altså pakkeblokker med strimlet aluminium. Disse blokkene inneholder normalt mange forskjellige legeringselementer og utgjør det prosessskrapet med lavest verdi grunnet dets lave kvalitet. På grunn av den store mengden ulike legeringselementer må aluminium som ender opp som raff benyttes i støpelegeringer, eller tynnes ut med betydelige mengder primeraluminium for å kunne benyttes i smilelegeringer.

I tillegg kan mye aluminium ansees som ikke-gjenvinnbart i det øyeblikket det er brukt til å lage et produkt som det er vanskelig eller umulig å skille ut aluminiumen fra senere. Dette inkluderer både aluminium som går til destruktiv bruk, eksempelvis reduksjonsmiddel i kjemisk industri, eller som komponent i pyrotekniske applikasjoner. En stor andel av ikke-gjenvinnbart aluminium stammer fra sammensatte produkter og laminater. Når aluminium blir brukt som et tynt laminat på et plast- eller pappprodukt, er det veldig vanskelig og kostnadskrevende å skille den ut etterpå. Det er vanlig at denne type produkter forbrennes før aluminiumsrester samles opp fra bunnasken [23], men denne praksisen medfører betydelige volumtap.

3.4 Fra forbruker til smelteverk

De siste 30-40 årene har det vært en stor opphopning av aluminium som er i bruk [16]. Dette skyldes i stor grad den lange levetiden til kledningselementer, faste installasjoner, høyspentledninger og maskindeler. Likevel er det mange aluminiumsprodukter med kort levetid, da spesielt emballasje. En vesentlig forskjell på disse produktgruppene dreier seg om hvor lette de er å sortere før de kan sendes til omsmelting [17]. Aluminiumsskrap fra industri og næringsliv (strøm 5a i figur 3.1) består ofte av større, mer homogene deler, som for eksempel plater, vaiere og tanker. Disse kan i stor grad sorteres på legeringsnivå allerede hos skraphandlerne. Mer sammensatt skrap, eksempelvis skrap samlet inn fra husholdninger som er blitt grovsortert ved en returstasjon (strøm 5c i figur 3.1), er ofte vesentlig mer ressurskrevende å finsortere. Sistnevnte ender derfor ofte opp med å bli strimlet og solgt til smelteverkene som raff.

Selv om skrap som ender som raff ikke utgjør et volumtap, utgjør det et vesentlig kvalitetstap. Når raff selges til smelteverkene inngår dette, som nevnt i seksjon 3.3, primært i støpelegeringer på grunn av dets lave kvalitet. Siden aluminiumsemballasje i stor grad lages av smilelegeringer, som er mye mindre legert enn støpelegeringer [21], resulterer dette i at gjenvunnet aluminium fra emballasje (sett bort ifra brusbokser som inngår i panteordning) sjeldent benyttes til produksjon av ny emballasje.

Det er imidlertid viktig å merke seg at skrap fra dette leddet i verdikjeden har betegnelsen *post-forbrukerskrap*. Skillet mellom prosessskrap og post-forbrukerskrap blir viktig senere i denne rapporten.

4 Utfordringer ved dagens aluminiumssyklus

Som beskrevet i forrige seksjon er det flere tap i verdikjeden, både med tanke på kvantitet og kvalitet. I denne delen vil disse utfordringene beskrives nærmere, og tapene i verdikjeden vil ses i forhold til en sirkulær økonomi. For å belyse utfordringer ved dagens aluminiumssyklus, vil også noe av den generelle problematikken ved dagens resirkuleringsordninger trekkes fram. Det vil si at problemer som gjelder for flere typer aluminiumsprodukter, ikke bare emballasje, vil diskuteres i denne delen. Dette for å vise til konkrete eksempler og dermed presisere betydningen av å finne gode løsninger for bruk av sekundæraluminium i tiden framover.

4.1 Aluminium og sirkulær økonomi

Den rådende oppfatningen av aluminium som materiale er at aluminium er 100 % resirkulerbart og at metallet enkelt kan smeltes om på en energieffektiv måte uten å miste sine egenskaper [6]. Basert på dette skulle man tro at dagens aluminiumsverdikjede var et godt eksempel på sirkulærøkonomi i praksis. En sirkulær økonomi kan defineres som “et prinsipp for økonomisk virksomhet for å opprettholde verdien av produkter, materialer og ressurser så lenge som mulig ved å utnytte og gjenbruke ressursene mer effektivt” [24].

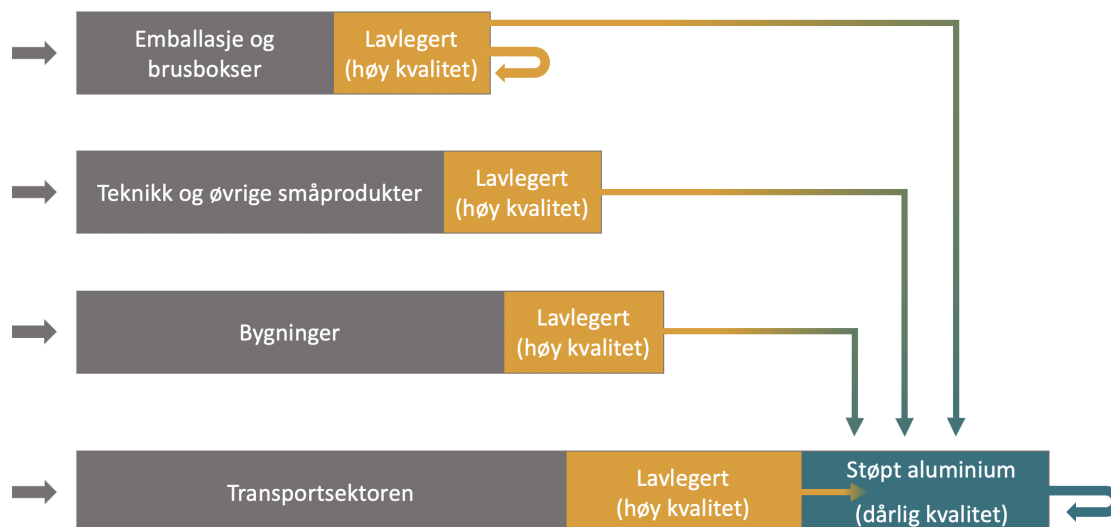
Vår kartlegging av aluminiumsverdikjeden i seksjon 3 skisserer imidlertid en aluminiumsverdikjede som er betydelig mer lineær sammenlignet med hvordan den fremstilles. Ved første øyekast kan det virke som om figur 3.1 illustrerer en syklisk prosess, men volumtapet i strømmene 7a-d og kvalitets-tapet i strømmene 5a-c fører til at verdikjeden i realiteten har klare lineære trekk. Ifølge en svensk rapport utarbeidet av Material Economics, beregnes det samlede verditapet til å overstige 50 % i hver brukssyklus [19]. Omtrent halvparten av dette verditapet skyldes volumtap, mens resten skyldes redusert kvalitet som følge av urent skrap og at ulike legeringer blandes med hverandre.

Som nevnt i seksjon 3.1, benyttes gjenvunnet aluminium først og fremst i støpelegeringer som resultat av nedgradering grunnet kvalitetstap. På denne måten kan støpelegeringer anses som endestasjon (eng. *end-of-life*) for mange aluminiumsprodukter, deriblant aluminiumsemballasje. Disse begrensningene i anvendelse av sekundæraluminium påvirker forutsetningene for god resirkulering av både av emballasje og andre produkter [19], samt mulighetene for en sirkulær økonomi.

4.1.1 Etterspørsel av sekundæraluminium

Det bør nevnes at støpt aluminium så langt har vært en tilstrekkelig stor brukskategori til at gjenvunnet aluminium kan brukes igjen. Samtidig har aluminium egenskaper som gir de fleste aluminiumsprodukter lang levetid, og dermed er det ikke tilgang på så mye aluminiumsskrap enda. Jostein Søreide, klimasjef i Hydro, anslår at det vil være en betydelig økning i aluminium som må gjenvinnes og resirkuleres om 10-30 år [16]. En utfordring er at det er begrenset hvor mye støpelegeringer dagens marked kan ta hånd om. Dermed viser trenden at det allerede på mellomlang sikt kan oppstå et overskudd av sekundæraluminium, som igjen vil medføre betydelig større verditap enn det vi ser i dag med mindre det skjer endringer i både håndtering og bruk av resirkulert aluminium [19].

Dette er problematisk siden markedet, og dermed også etterspørselen, for støpelegeringer er forventet å vokse mye mindre sammenlignet med markedet for smielegeringer de kommende årene. Som figur 4.1 viser, avhenger dagens aluminiumsverdikjede i stor grad av at sekundæraluminium kan anvendes i støpelegeringer tilknyttet transportsektoren [19]. I dag står bilindustrien for omtrent 55 % av etterspørselen av gjenvunnet aluminium [19]. Basert på denne innsikten er anvendelsen av sekundæraluminium sensitiv til store omveltninger i bilindustrien og transportsektoren for øvrig.



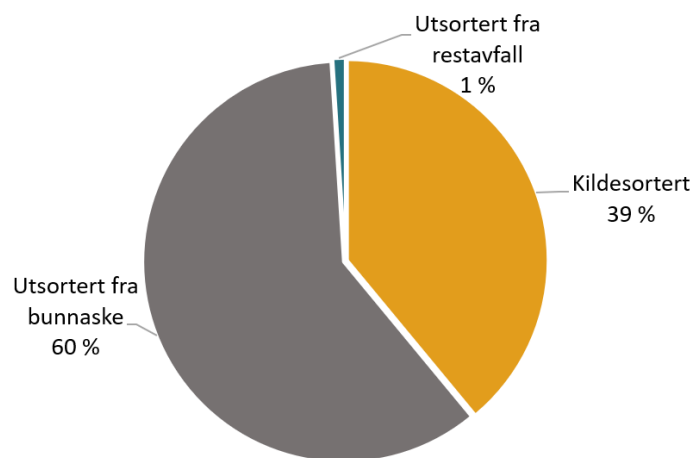
Figur 4.1: Gjenvinning og resirkulering av aluminium avhenger av transportsektoren [19].

Det økte fokuset på elektrifisering av kjøretøy og maskiner det siste tiåret har for alvor innledet en slik omveltning. Blant annet har flere store bilprodusenter, eksempelvis Volvo og Ford, allerede lagt frem strategier om å elektrifisere hele bilparken innen 2030 [25, 26]. Selv om overgangen til elektriske kjøretøy er miljømessig begrunnet fra bilprodusentenes side, vil dette være problematisk for aluminiumsverdikjeden slik den er i dag. Grunnen til dette er at elektriske kjøretøy mangler flere komponenter (motorblokker, radiatorer, etc.) som baserer seg på støpt aluminium [19]. Denne utviklingen kan føre til at etterspørselen etter sekunderaluminium av dagens kvalitet kan stagnere, eller eventuelt avta.

Det er tvilsomt at overgangen til elektriske kjøretøy og maskiner vil redusere den totale etterspørselen av aluminium, snarere tvert imot. Denne overgangen vil imidlertid kreve flere komponenter med lavere toleransemarginer relatert til innhold av ulike legeringselementer. Dette stiller krav til aluminiumsverdikjeden om å redusere kvalitetstapet på aluminium i hver brukssyklus, slik at sekunderaluminium i større grad kan brukes til disse formålene uten å måtte tynnes ut med store mengder primæraluminium. Ettersom Norge er en relativt stor aluminiumsprodusent i internasjonal målestokk, i tillegg til å være et av de største og raskest voksende markedene for elektriske kjøretøy, bringer dette et ansvar om å bidra til å løse denne problematikken.

4.2 Forbrenning av restavfall

På tross av at alle husstander i Norge har mulighet til å kildesortere metallemballasje, er det ikke slik at all metallemballasje faktisk blir kildesortert. Likvel går ikke all metallemballasjen tapt dersom den kastes i restavfall og blir brent. Det er nemlig mulig å hente ut metallrester fra bunnaske etter forbrenning av restavfall [27]. Faktisk viser en rapport utarbeidet for Avfall Norge at metallemballasje utsortert fra bunnaske står for 60 % av den totale mengden utsortert metallemballasje [28]. Figur 4.2 presenterer hvordan mengden utsortert metallemballasje fordeler seg på ulike sorteringsmetoder.



Figur 4.2: Total utsortert mengde metallemballasje prosentvis fordelt på ulike sorteringsmetoder [28].

Andre kilder kan derimot vise til andre tall. For eksempel viser en materialstrømsanalyse fra 2019 utført av Norsk Metallgjenvinning at cirka 60 % av gjenvunnet metallemballasje kommer fra kilde-sorteringsordninger [29], og ikke 39 % som rapporten fra Avfall Norge viser. Uansett peker begge tallene på at en stor andel av den resirkulerte aluminiumsemballasjen kommer fra bunnaske.

Disse tallene gjelder som nevnt for metallemballasje samlet, ikke nødvendigvis for aluminiumsemballasje alene. Basert på en plukkanalyse utført av Norsk Metallgjenvinning i 2020, der kun 9 % av utsortert metallemballasje var aluminium [29], er det likevel liten grunn til å tro at aluminium har en høyere kildesorteringsgrad enn annen metallemballasje. Aluminium i emballasje brukes nemlig ofte i kombinasjon med andre materialer, som for eksempel sammen med plast i fiskeformer eller som et laminat i chipsposer og kartonger. Jern benyttes i større grad alene som emballasje, da jern ikke har de samme fleksible egenskapene som aluminium. Derfor vil aluminiumsholdig emballasje trolig ende opp i restavfall oftere enn hva jernholdig emballasje vil. Dermed er det grunnlag for å tro at en betydelig andel, hvis ikke mesteparten, av den utsorterte aluminiumsemballasjen kommer fra bunnaske.

Utfordringer ved utsortering fra bunnaske

Å sortere ut aluminium fra bunnaske er likevel ikke uproblematisk. Den første, og kanskje viktigste, grunnen til dette er oksidasjonstapet av aluminium som skjer under forbrenning. Hvor stor andel av aluminiumen som reagerer med oksygen (ligning 3.1), og dermed i praksis forsvinner, avhenger av forholdet mellom overflatearealet og volumet til gjenstanden. Tykkere aluminiumsbokser har et oksidasjonstap på rundt 10 %, mens tynn folie har et oksidasjonstap på opptil 50 % [30]. I tillegg kan ikke all aluminium sorteres ut fra bunnaske, da de minste partiklene ikke kan separeres ut like lett som de større partiklene. Separeringen gjøres ved *Eddy current*, en metode for å separere ut ikke-magnetiske metaller fra annet ikke-magnetisk avfall basert på indusering av magnetfelt [31]. Det antas derfor at rundt 20 % av aluminiumen fra bokser og 73 % av aluminiumen fra folie går tapt i forbrenning [32]. Dette viser at andelen aluminium som kan hentes ut fra bunnaske omtrent er proporsjonal med tykkelsen på emballasjen. Spesielt emballasje bestående av flere materialer, der aluminium brukes som forseglende folie, medfører store tap. Det anses faktisk som usannsynlig at aluminium i det hele tatt kan hentes ut fra slike emballasjeprodukter [30].

Det andre problemet ved utsortering fra bunnaske er at dette er en arbeids- og logistikkrevende prosess. Forbrenningsanlegg i Norge har ikke teknologien til å kunne sortere bunnasken, slik at denne må sendes videre til spesialanlegg hvor utsorteringen foregår. Dette medfører blant annet en ekstra transportetappe, samt en mer omfattende logistikk.

5 Status på materialgjenvinning i Norge

Nå som utfordringene i dagens aluminiumsverdikjede er kartlagt, vil denne seksjonen omhandle status på materialgjenvinning i Norge per i dag. Dette inkluderer en beskrivelse av kravene EUs emballasjedirektiv stiller til medlemsland av EU/EØS når det gjelder materialgjenvinning, og en diskusjon angående hvorvidt Norge har nådd disse målene.

5.1 EUs krav til materialgjenvinning

EUs emballasjedirektiv setter minimumskrav til materialgjenvinningsgrad for ulike typer emballasje. Kravene varierer mellom forskjellige emballasjematerialer, og har gjennomgående blitt strengere siden første utgave av direktivet. I det originale emballasjedirektivet fra 1994 ble det stilt krav om en materialgjenvinningsgrad for metallemballasje på 50 % innen 2008 [33]. I den oppdaterte versjonen fra 2018 ble det lansert separate krav for aluminiumsemballasje og jernholdig emballasje. Her ble kravet til gjenvinning av aluminiumsemballasje satt til 50 % innen 2025 og 60 % innen 2030 [34]. Kravet til jernholdig emballasje er høyere, nemlig 70 % og 80 % innen henholdsvis 2025 og 2030 [34]. Årsaken til at kravene er strengere for jernholdig emballasje, er at jern regnes som betydelig enklere å sortere ut siden det er magnetisk. Dette er også grunnen til at det ble etablert egne krav for aluminiumsemballasje. En veldig høy gjenvinningsgrad for jernholdig emballasje skal ikke kunne kompensere for lav materialgjenvinningsgrad for aluminium, som er vanskeligere å sortere ut.

5.2 Måloppnåelse i Norge

Frem til 2020 har Norge rapportert materialgjenvinningsgrad for all metallemballasje samlet. I 2019 kunne Norsk Metallgjenvinning rapportere om en materialgjenvinningsgrad for metallemballasje på hele 91,1 % [29, 35]. Det finnes ikke offisielle tall på materialgjenvinningsgraden til aluminiumsemballasje isolert. Dette skyldes trolig at EU ikke før nylig har stilt separate krav for aluminiums- og jernholdig emballasje. Likevel kan foreløpige tall fra Norsk Metallgjenvinning tyde på at materialgjenvinningsgraden for aluminiumsemballasje er på cirka 80 %, altså godt innenfor kravene fremsatt i emballasjedirektivet [23].

Materialgjenvinningsgraden er beregnet som forholdet mellom emballasje satt på markedet av Norsk Metallgjenvinning sine medlemsbedrifter, og total mengde innsamlet emballasjeavfall. Sistnevnte inkluderer emballasje hentet inn fra kommuner, emballasje sortert ut fra blandet metall hos gjenvinningsstasjoner, restavfall og bunnaske, samt drikkebokser som ikke er pantbare, men som er hentet inn ved pantesystemet [23]. Tallene er korrigert for smuss.

En plukkanalyse utført av Norsk Metallgjenvinning i 2020 viste at ikke-magnetisk metallemballasje utgjorde under 9 % av total mengde innsamlet metallemballasje. Samtidig utgjorde aluminium 23 % av all emballasje som ble satt på markedet [29]. Denne plukkanalysen var basert på en begrenset mengde avfall, derfor er den ikke nødvendigvis representativ for hele landet. Likevel støtter funnene opp om at materialgjenvinningsgraden er lavere for aluminiumsemballasje enn for metallemballasje generelt. Dette fremstår realistisk da sortering av magnetisk metallemballasje er betydelig enklere enn sortering av ikke-magnetisk metallemballasje, som for eksempel aluminium.

Kravene fremsatt av emballasjedirektivet er minimumskrav som gjelder for alle medlemsland av EU/EØS. Disse kravene skal derfor ikke være så vanskelige å nå for et godt teknologisk utviklet land som Norge. Derfor er det ifølge Blair Malcolm i Norsk Metallgjenvinning, slik at man kontinuerlig forsøker å forbedre seg, selv om minimumskravene allerede er tilfredsstilt [23]. Det er nemlig slik at emballasjedirektivet ikke stiller eksplisitte krav til *kvaliteten* på den gjenvunne emballasjen. Selv om *kvantiteten*, altså volumet, på den gjenvunne emballasjen er innenfor kravene, er ikke nødvendigvis kvaliteten tilstrekkelig for at den skal kunne inngå i et sirkulært kretsløp som beskrevet i seksjon 4.1.

6 Tiltak

I seksjon 4 ble det identifisert flere utfordringer knyttet til aluminiumsverdikjeden og resirkulering av aluminiumsemballasje. Det finnes derimot flere tiltak som vil kunne bedre livssyklusen til aluminium, som på sikt kan hindre store verditap tilknyttet både volum og kvalitet. Av innførte tiltak har panteordningen på aluminiumsbokser vist seg å være en suksess, som i 2020 resulterte i at 92 % av bokser satt på markedet ble samlet inn og gjenvunnet [36]. Denne seksjonen presenterer og diskuterer nye tiltak som har til hensikt å redusere kvalitets- og volumtap i dagens aluminiumsverdikjede. Det første tiltaket vil være av generell karakter og vil følgelig ha innvirkning på aluminiumsverdikjeden som helhet. De resterende tiltakene vil være mer rettet mot innsamling og håndtering av aluminiumsemballasje etter bruk, samt hvilket ansvar produsenter av aluminiumsemballasje har. Som nevnt innledningsvis, vil vi ikke presentere tiltak som er direkte rettet mot forbrukere og deres adferd.

6.1 Definisjonen av *resirkulert* aluminium

Som nevnt i seksjon 3.2, pågår det en debatt i aluminiumsindustrien om hva som skal regnes som *resirkulert* aluminium. Per i dag er det ingen klar og entydig definisjon på dette, noe som åpner for at både prosessskrap og post-forbrukerskrap kan tas med i beregningen når andelen resirkulert materiale oppgis i et aluminiumsprodukt. Dette mener vi er misvisende både for kunder og samfunnet for øvrig, siden den reelle miljøgevinsten fra resirkulering først og fremst oppstår når skrap som har vært ute hos forbruker erstatter primæraluminium i ny produksjon. En manglende definisjon fører til at opportunistiske selskap kan reklamere for at deres emballasje (eller produkt) har høyt innhold av resirkulert aluminium når den hovedsakelig består av prosessskrap og lite post-forbrukerskrap.

Med bakgrunn i ovennevnte mener vi at det kun er post-forbrukerskrap, altså aluminium som har vært ute hos forbruker gjennom én eller flere brukssykluser, som bør betegnes som resirkulert aluminium. I det minste bør det kreves at andelen prosessskrap og andelen post-forbrukerskrap oppgis spesifikt hver for seg, og ikke samlet. Gjennom en samtale med Jostein Søreide, klimasjef i Hydro, viser det seg at også Hydro ønsker at bedrifter bør være mer transparente hva gjelder den virkelige sammensetningen på egne emballasjer/produkter [16]. Ordet “resirkulering” gir folk flest assosiasjoner til en prosess som bidrar positivt i det grønne skiftet. Søreide argumenterer for at mengden resirkulert innhold som oppgis i emballasje og produkter skal gjenspeile miljøgevinst, og markedsføres deretter [16]. Basert på dette er det nødvendig med en klarere definisjon av hva som kan betegnes som resirkulert aluminium.

Hydro selv ønsker å gå foran som et godt eksempel når det gjelder å være transparent relatert til den faktiske andelen resirkulert post-forbrukerskrap i sine produkter [16]. Hydro CIRCAL er et merke de har opprettet som produserer høykvalitets-, lavkarbonaluminium som består av minst 75 % resirkulert innhold. Her defineres resirkulert innhold som aluminium som har nådd slutten av sin livstid som produkt i bruk og har blitt reintrodusert i syklusen etter å ha vært ute hos forbruker [37]. Dette viser at det er mulig å lage høykvalitetsprodukter som hovedsakelig baserer seg på post-forbrukerskrap.

6.1.1 Hvilken effekt kommer en klar definisjon av resirkulert aluminium til å ha?

Det er optimistisk å tro at en tydeligere definisjon kommer til å løse alle problemene som er fremhevet så langt i denne rapporten. Likevel kan det vise seg at dette ikke bare er en nødvendig start, men også en god en. I dagens samfunn er det økt bevissthet rundt det *grønne skiftet* der fokus på bærekraft og miljø gjennomsyrrer de fleste selskapsstrategier og menneskers holdninger. Denne bevisstheten gjør at forbrukere tillegger miljøvennlighet større betydning, dette fører igjen til økt betalingsvilje for bærekraftige produkter. Til tross for at *grønne* produkter muligens ikke er de

mest kostnadseffektive å produsere, er det mulig at kunders bærekraftspreferanser kan dekke deler av denne merkostnaden. Dette tiltaket kan dermed legge til rette for økt press fra markedet, samt skape gunstige ringvirkninger gjennom hele aluminiumsverdikjeden.

Først og fremst kommer en klarere definisjon til å belønne produsenter som allerede har høyt innhold av post-forbrukerskrap i sin emballasje eller sine produkter. De mest miljøgunstige produktene vil få økt fokus og positiv omtale som følge av større transparens. Konkurransesevnen og markedsposisjonen til produsenter med lavere andel resirkulert innhold i sine produkter kan bli svekket. Markedets fokus på bærekraftige produkter vil da implisitt medføre en skjerpet konkurranse blant produsentene om å vise at de tar samfunnsansvar gjennom en høyere andel gjenvunnet materiale i sin produksjon.

For at en større andel sekundæraluminium skal kunne anvendes i emballasje og øvrige produkter, må denne være av tilstrekkelig god kvalitet. Dermed vil det stilles krav fra produsentene til resterende deler av aluminiumsverdikjeden om å løse problematikken vedrørende kvalitetstap som det ble redegjort for i seksjon 4. På denne måten oppstår en betydelig større avhengighet mellom første og siste ledd i aluminiumsverdikjeden. Således etableres både initiativ og insentiv langs hele verdikjeden: Fra produksjon via bedre sortering og håndtering av brukte aluminiumsprodukter, til bruk av post-forbrukerskrap i ny produksjon [19]. På sikt har dette potensial til å kunne utvikle seg til en positiv spiraleffekt som senker verditapene i hver brukssyklus og legger til rette for et stabilt marked for sekundæraluminium.

Tiltaket vil også medføre strengere krav til sporbarhet i aluminiumsverdikjeden som helhet, både fra produsentenes og markedets side. Dette for å kunne ha oversikt over og kontrollere skrapinnsamlingsprosessen og hvor aluminiumen som benyttes faktisk kommer fra. En positiv sideeffekt av dette er at det også kan bli enklere å fastslå den totale miljøpåvirkningen, herunder karbonfotavtrykk, til prosesskrap. Å beregne fotavtrykket til prosesskrap er ifølge Søreide utfordrende per dags dato grunnet ulik praksis på tvers av selskaper og ledd i aluminiumsverdikjeden (seksjon 3.2 - 3.3) [16]. Til tross for at prosesskrap ikke har hatt en direkte funksjon i form av et produkt, har det likevel en historie ved å ha vært gjennom flere smelte- og/eller produksjonsprosesser som hver for seg har økt det totale fotavtrykket til prosesskrapet. Bedre sporing gjennom livsløpet til aluminium kan dermed gjøre det enklere å beregne den totale miljøbelastningen som nyprodusert primæraluminium og prosesskrap medfører hver for seg.

6.2 Tiltak ved innsamling av aluminiumsemballasje

I følgende seksjon diskuteres ulike tiltak ved innsamling av avfall, som kan bidra til å øke mengden og kvaliteten på den innsamlede aluminiumsemballasjen. I seksjon 6.2.1 sammenlignes henteordning og bringeordning, som er de vanligste formene for innsamling av metallemballasje i Norge. I seksjon 6.2.2 og 6.2.3 diskuteres nye tiltak, henholdsvis redusert avstand til returpunkt og bruk av separat glass- og metallbeholder.

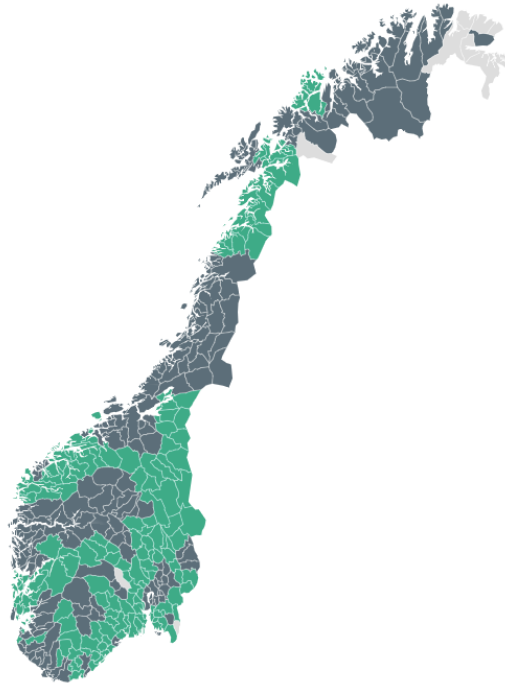
6.2.1 Hente- og bringeordning

Innsamling av metallemballasje, herunder innsamling av aluminiumsemballasje, skjer i de fleste kommuner i dag sammen med innsamling av glass. Det som varierer mellom kommunene er hvorvidt glass- og metallemballasje hentes ved husstand (henteordning) eller om det må leveres til nærmeste returpunkt (bringeordning). Henteordning gjennomføres som regel ved at glass- og metallemballasjen hentes et sted mellom hver 8. og hver 12. uke [38].

Andelen husstander med tilbud om henteordning var 20 % i 2017 [28], mens det har økt til 45 % i 2020 [39]. Videre forventes det at denne andelen kommer til økes ytterligere [40]. Figur 6.1 er hentet fra *sortere.no*, og viser oversikt over hvilke kommuner som har hente- og bringeordning for glass- og metallemballasje per 2020.

Sortering glass- og metallemballasje 2020

■ Henteordning ■ Returpunkt



Figur 6.1: Oversikt over kommuner med henteordning og bringeordning (returpunkt) [39].

Kostnader ved henteordning

Henteordning er naturlig nok mer kostnadskrevende enn bringeordning. Selv om frekvensen på henting kan reduseres, medfører lengre henterute ekstra kostnader i form av drivstoff, slitasje på renovasjonsbiler og ekstra timeverk. Disse kostnadene er kartlagt i en rapport utarbeidet av Mepex for Avfall Norge [28]. Rapporten inneholder en kartlegging av verdikjeden for glass- og metallemballasje, basert på data fra 7 kommuner/regioner, deriblant data fra plukkanalyser. Kostnadene knyttet til hente- og bringeordning er gjengitt i tabell 6.1. I tillegg til ekstra kostnader ved selve henting, ses det i tabell 6.1 at henteordning også medfører større kostnader tilknyttet utendørs oppsamlingsutstyr og administrasjon for kommunene. Dette resulterer i at bruttokostnadene øker fra 1800 kroner/tonn ved bringeordning til 2750 kroner/tonn ved henteordning. Likevel øker ikke inntektene kommunene får fra å selge avfallet til gjenvinningsselskaper. Faktisk reduseres godtgjørelsen fra returselskaper fra 550 til 500 kroner/tonn. Dette kan skyldes at avfall forbundet med henteordning inneholder mer smuss og produktrester, som medfører ekstra rengjøringskostnader for gjenvinningsselskapene. Dermed vil nettokostnaden forbundet med henteordning tilsvare 1350 kroner/tonn, sammenlignet med 350 kroner/tonn ved bringeordning.

Tabell 6.1: Kostnader ved hente- og bringeordning. Verdier oppgis i kroner per tonn avfall [28].

	Hentesystem	Bringesystem	Snitt Norge
Utstyr innendørs	0	0	0
Utendørs oppsamlingsutstyr	800	250	360
Innsamling og rydding	1200	900	960
Omlassing	100	100	100
Transport	300	300	300
Administrasjon kommune	350	250	270
Sum kostnader kommuner	2750	1800	1990
Besparelse restavfall	900	900	900
Godtgjørelse returselskap	500	550	540
Netto kostnad	1350	350	550

Sarpsborg kommune innførte henteordning for sine innbyggere i 2019. Etter mailkorrespondanse med miljørådgiver i kommunen, ble det klart at innføring av henteordning medførte en årlig kostnad på cirka 70 kroner per abonnent [41]. Med cirka 16781 faste abonnenter i kommunen og 900 tonn glass- og metallemballasje innsamlet totalt [41], medfører dette en nettokostnad på cirka 1305 kroner per tonn avfall. Dette stemmer godt overens med funnene i rapporten til Avfall Norge. I Sarpsborg kommune ble deler av merkostnaden forbundet med innførelsen av henteordning videreført til forbrukere gjennom et økt renovasjonsgebyr. Vi tror at de fleste husstander er villige til å betale en slik årlig sum - både for å bidra til bedre resirkulering, men også for å kunne forenkle eget kildesorteringsarbeid.

Gevinster ved henteordning

Selv om henteordning medfører betydelige merkostnader, medfører det også større mengder innsamlet metallemballasje. Rapporten til Avfall Norge viser at mengden kildesortert metallemballasje i områder med henteordning er 1,8 kg/innbygger, mot 0,7 kg/innbygger i områder med bringeordning [28]. Mengden metallemballasje i restavfallet reduseres, men den totale returgraden (fra kildesortering og utsortert fra restavfall) for metallemballasje er likevel nesten dobbelt så høy i områder med henteordning sammenlignet med bringeordning (49 % vs. 27 %) [28]. Merk at returgraden ikke inkluderer blant annet aluminium utsortert fra bunnaske, som også utgjør en betydelig andel (se seksjon 4.2). Rapporten viste også at mengden kildesortert glassemballasje er 12,3 kg/innbygger i områder med bringeordning og 13,7 kg/innbygger i områder med henteordning [28]. Dette tyder på at gevinsten ved innføring av henteordning for glass- og metallemballasje er størst for metallfraksjonen. Årsakene til økt materialgjenvinningsgrad ved henteordning er ikke godt dokumentert, men det skyldes trolig at kildesorteringsarbeidet forenkles for forbrukeren. Å undersøke og i større grad kunne forstå forbrukernes atferd er imidlertid et interessant område for videre forskning, og anses som en naturlig videreføring av dette arbeidet.

Etter innføring av henteordning, kunne Sarpsborg kommune rapportere om en økning av innsamlet glass- og metallemballasje på cirka 80 % [41]. Fordelingen mellom de to fraksjonene er ukjent, men det kan antas at økningen er størst for metallemballasje også her. Deres begrunnelse for innføring av henteordning er at det er et viktig virkemiddel for å nå de nye, strengere kravene til EUs emballasjedirektiv [41]. Kommunen peker samtidig på andre fordeler ved henteordning. Enkelte innbyggere har tidligere benyttet sjansen til å sette fra seg annet avfall ved returpunktene, hvilket har medført ekstra forsøpling og ukentlig behov for opprydding fra kommunens ansatte [41]. Ved å fjerne returpunktene forsvant problemet med forsøpling.

Utfordringer ved henteordning

Henteordning har dog sine ulemper med tanke på kvaliteten til emballasjen som samles inn. Mengden feilsorteringer er tre ganger større i områder med henteordning sammenlignet med bringeordning (1,7 vs. 0,5 kg/innbygger) [28]. Årsaken til dette diskuteres ikke i rapporten fra Avfall Norge. Blair Malcolm mener at emballasjen også kan ha mer produktrester og urenheter i områder med henteordning. Han mener dette skyldes at forbrukere er mer opptatt av å rengjøre emballasje når den skal oppholdes i hjemmet, kanskje i ukesvis, før den leveres til returpunkt [23]. Dette blir derimot mindre prekært ved innsamling ved husstand, da den urene emballasjen ikke må oppbevares inne i lengre perioder. Han er likevel tydelig på at gjenvinningsselskaper heller vil ha mye skitten emballasje, enn et mindre volum bestående av renere emballasje [23]. Økte mengder feilsorteringer og produktrester kan løses ved å finne nye tekniske løsninger for sortering og rengjøring, samtidig som økte mengder emballasjeavfall forsværer større investeringer i sorteringsteknologi.

Merk at rapporten fra Avfall Norge kun sammenligner kommuner/regioner med forskjellige avfallsløsninger, ikke før og etter de har endret fra en avfallsløsning til en annen. Det er derfor usikkert hvorvidt noen konklusjon kan trekkes vedrørende kommuner som endrer avfallsløsning, ettersom andre faktorer også spiller inn. Tallene fra Sarpsborg kommune antyder likevel at rapporten fra Avfall Norge er representativ for kommuner som går fra en løsning til en annen. Merk også at rapporten baseres på data fra 2019 eller tidligere. Det kan likevel antas at disse tallene er noenlunde representative for dagens situasjon.

6.2.2 Avstand til returpunkt

En faktor som kan påvirke resirkuleringsgrad i kommuner med bringeordning, er avstand til nærmeste returpunkt. Her er det lett å tenke at kort avstand til nærmeste returpunkt er ensbetydende med høy kildesorteringsgrad. Rapporten til Avfall Norge [28] viser derimot at Oslo kommune var området med lavest kildesorteringsgrad for metallemballasje, selv om avstandene mellom returpunktene er kortere i Oslo enn i de fleste andre kommuner. Mens Oslo kommune hadde en kildesorteringsgrad på rett over 15 % for metallemballasje, hadde for eksempel kommunen Aurskog-Høland en kildesorteringsgrad på rundt 35 % [28]. I Aurskog-Høland har innbyggerne betydelig lengre avstand til nærmeste returpunkt enn innbyggerne i Oslo, og det er derfor vanskelig å si noe om hvordan avstand til nærmeste returpunkt påvirker kildesorteringsgraden. Andre faktorer som for eksempel andel av befolkningen med personbil, andel som bor i leilighet versus enebolig, samt generelle holdninger til miljø og bærekraft, vil i stor grad kunne spille inn. I tillegg vil også avstanden til nærmeste returpunkt variere innad i en by, så tall fra hele kommunen sier ikke nødvendigvis så mye om denne problemstilling.

Som videreføring av dette arbeidet ville det vært interessant å utføre et forsøk hvor antallet returpunkter i en kommune eller bydel økes, for så å vurdere effekten dette har på returgraden uten påvirkning av andre faktorer. De fremkomne tallene kunne forsvart utplassering av flere returpunkter, og potensielt gjort bringeordning til et mer konkurransedyktig alternativ til henteordning. Per i dag har det ikke blitt gjort et slikt prøveprosjekt, men det er likevel et tiltak som kan vurderes i kommuner der henteordning er lite aktuelt.

6.2.3 Separat glass- og metallbeholder

En av de største utfordringene ved gjenvinning av aluminiumsemballasje er ifølge Blair Malcolm å skille glasset fra aluminiumsemballasjen [23]. Som nevnt er det lettere å skille ut jernholdig emballasje, da dette er magnetisk og kan fjernes ved bruk av en stor magnet på samleband. Det er derimot vanskeligere å skille resterende ikke-magnetisk metall fra glass, da disse ofte sitter godt sammen. Dette gjør at det som oftest sitter igjen glassrester i den utsorterte aluminiumsemballasjen. Et tiltak er å shredde/makulere aluminiumsemballasjen slik at glasset knuses og dermed separeres fra aluminiumen. Dette gjøres på Sirkel sitt anlegg per i dag. Ulempen er at det medfører ekstra arbeid

å resirkulere emballasjen, i tillegg til at en del av aluminiumsemballasjen går tapt til spon og støv i prosessen. På tross av dette tiltaket viser en materialprøveanalyse utført av Norsk Metallgjenvinning ved sorteringsanlegget på Onsøy at utsortert aluminium inneholder så mye som 14 % glass [28]. Dette er dog tall fra flere år tilbake i tid. En plukkanalyse fra 2020 gjennomført ved Sirkel sitt nye sorteringsanlegg på Øra, viser at utsortert aluminium her inneholder kun 4,3 % glass [23]. Med andre ord, en betydelig kvalitetsforbedring som viser at teknologien tar gjenvinning i riktig retning. Den utsorterte aluminiumen inneholder likevel 7,8 % restavfall og 3 % andre metaller. Kvaliteten er derfor ikke høy nok til at aluminiumen kan brukes uten betydelig fortynning, eller eventuelt i en støpelegering der kvalitetskravene er betydelig lavere, som diskutert i seksjon 4.1.1.

Et tiltak for å fjerne problematikken med glass i aluminiumsemballasje er å innføre separat innsamling av glass- og metallemballasje. Ved bruk av bringeordning kan dette gjøres så enkelt som å sette inn en skillevegg i returkonteinerne og ha innkast for metallemballasje og glass på hver sin side. På denne måten blir kvaliteten på begge fraksjoner bedre, og man reduserer eller fjerner behovet for å makulere/shredde aluminiumsemballasjen i sorteringsanlegg. Ved bruk av henteordning krever tiltaket derimot en ekstra avfallsbeholder, hvilket er kostbart og plasskrevende. I begge tilfeller medfører separering at glass og metallemballasje må hentes hver for seg, hvilket medfører en økt innsamlingskostnad.

En annen utfordring er hvordan dette blir i praksis. Det er ikke gitt at forbrukere har kompetanse nok eller motivasjon til å foreta en riktig sortering. Nettogevinsten av dette tiltaket er derfor høyst usikkert. Det hadde derfor vært interessant å gjennomføre et begrenset prøveprosjekt der man kan kartlegge hvilken effekt separasjon av metall- og glassinnsamling har på kvaliteten til emballasje som samles inn. Dersom denne undersøkelsen hadde avdekket betydelig kvalitetsøkning på den utsorterte metallemballasjen, kunne dette tiltaket blitt innført som et alternativ til *sentralsortering* som nå vil introduseres.

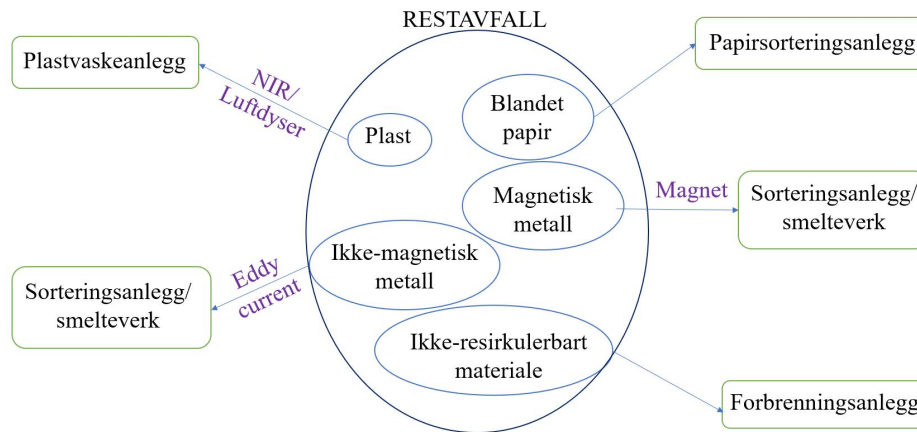
6.3 Sentralsortering

Mens tiltakene som ble diskutert i forrige seksjon hadde til hensikt å forbedre *innsamling* av aluminiumsemballasje, vil denne seksjonen fokusere på tiltak som kan bidra til å øke kvaliteten og volumet av resirkulert aluminiumsemballasje i neste ledd, nemlig i *sorteringen*. Per dags dato er kildesortering normen i Norge. Dette innebærer at privatpersoner sorterer avfallet sitt i følgende kategorier: matavfall, restavfall, papp- og papiravfall, plastemballasje og glass- og metallemballasje. Avfallet blir hentet fra returpunkter eller husstander og sendt videre til diverse aktører. Et alternativ til kildesortering er sentralsortering, der sorteringen foregår maskinelt på fabrikk. Stavanger og kommunene i nærheten har innført en slik ordning. Innbyggerne må fremdeles sortere matavfall, papp- og papiravfall, og glass hver for seg, men metallemballasje og plastemballasje kan kastes sammen med restavfall. Restavfallet hentes og fraktes til et anlegg med navnet IVAR (Interkommunalt Vann Avløp Renovasjon) på Forus, Sandnes [42].

6.3.1 Hvordan fungerer avfallsløsningen?

En mailkorrespondanse med renovasjonsfagansvarlig, Rudolf Meissner, ga en oversikt over sorteringssystemet ved anlegget, oppsummert i figur 6.2 [43]. Det første som skjer ved avfallsets ankomst er at restavfallsposene blir åpnet med en poseåpner. Etter at avfallet har blitt strødd på et vidt bånd, blir det sortert etter størrelse, mens blandet papir blir fjernet og sendt til et eget sorteringsanlegg. Restavfallet blir deretter fraktet til NIR-maskiner (nær infrarød) der infrarød spektroskopi blir brukt til å skille ut plasten [42]. Luftdyser blåser plasten opp og vekk fra båndet. Plasten blir så sortert enda nøyere etter plasttype med NIR-maskiner. Etter at plasten er fjernet fra båndet, blir magneter brukt til å skille ut magnetisk metall. Ikke-magnetisk metall, blant annet aluminiumsemballasje, blir deretter sortert ut ved bruk av *Eddy current* [44]. Restene som er igjen, og som ikke

kan resirkuleres, blir sendt til et forbrenningsanlegg i nærheten hvor de brennes og gir energi til strøm og fjernvarme [42].



Figur 6.2: Systemet for sortering av restavfall ved sentralsorteringsanlegget IVAR.

Ved innføring av sentralsortering ble returpunktene for plastemballasje fjernet eller gjort om til returpunkt for glass- og metallemballasje. Overgangen til ny løsning gikk bra for kommunene som hadde henting hver eller annenhver uke, siden ekstra plast og metall i restavfallet ikke utgjorde nok til å overskride beholderkapasiteten i dette tidsrommet [43]. Derimot måtte kommunene som originalt hadde henting hver fjerde uke, øke frekvensen til annenhver uke grunnet økning av den totale mengden restavfall. Samtidig var det ikke lenger behov for innsamling av plast alene, så netto innsamlingskostnad forble uendret [43]. Dette viser at man ved innføring av en slik ordning må ta hensyn til forskjeller i frekvens for tømning av restavfall. Det er nemlig ikke gitt at kostnaden forbundet med innsamling vil bli uendret i alle kommuner.

6.3.2 Fordeler med sentralsortering

Det er flere fordeler med sentralsortering i forhold til kildesortering. Først og fremst gjør maskinene på IVAR-anlegget en bedre sorteringsjobb enn det folk flest klarer gjennom kildesortering, slik at en større andel aluminium blir resirkulert [43]. I Norge var samlet returgrad på metallemballasje fra husholdninger kun 32,1 % (vektprosent) i 2019 [28]. Merk at returgraden baseres på mengden emballasje samlet inn ved kildesortering og utsortert fra restavfall, ikke emballasje utsortert fra bunnaske. Den lave returgraden kan skyldes at mange nordmenn kaster metallemballasje i restavfall grunnet manglende kompetanse tilknyttet kildesortering. Med sentralsortering blir metall ettersortert fra restavfallet og man unngår dermed å sende det til forbrenning. Dette fører til et redusert volumtap for aluminiumsemballasjen som har vært hos forbrukere, og mer aluminium forblir i verdikjeden.

I tillegg til å bidra til økt materialgjenvinning, vil sentralsortering også kunne ha positive ringvirkninger i privatlivet til befolkningen i nærheten. En undersøkelse fra 1999 med omtrent 2000 mennesker oppdaget at de som kildesorterer bruker i snitt 30 minutter per uke på dette [45]. Dette tilsvarer 44 timer for én husholdning på årlig basis. Selv om undersøkelsen er utdatert, er det merkelig hvor mye tid som går med til kildesortering. Det er tidkrevende å sortere og frakte emballasjen til et returpunkt. Dette slipper innbyggerne i kommunene tilknyttet IVAR å gjøre, siden metallemballasjen skal kastes med plast- og restavfall. Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, ville det vært interessant å forske ytterligere på hvilke innvirkninger sentralsortering fører med seg. Sentralsortering er likevel ikke perfekt i dag, da innbyggerne fremdeles må sortere papp-, glass

og matavfall. Det kan derfor argumenteres for at sentralsortering ikke utgjør en betydelig forskjell på tidsbruk sett i forhold til kildesortering, men effekten er foreløpig ukjent.

6.3.3 Ulemper med sentralsortering

Det største hinderet for å innføre sentralsortering i Norge er kostnaden det medfører. Anlegget på Forus medførte en investering på omtrent 700 millioner kroner [43]. Dette inkluderer sorteringsanlegg for restavfall, papir og et plastvaskeanlegg. Sorteringsanlegget for restavfall alene kostet 385 millioner kroner [43]. Til tross for disse betydelige kostnadene, er det likevel planlagt tre fremtidige sentralsorteringsanlegg i Norge. “Avfallsplan 2020-2025” beskriver at sentralsortering vil være et hensiktsmessig og nødvendig tiltak for å nå bindende og økende mål om materialgjenvinning i emballasjedirektivet [40, 46].

Hovedpoenget med et sentralsorteringsanlegg er i utgangspunktet å samle inn mer plastavfall, sortere det grundig og selge det videre. Kostnadene tilknyttet sentralsortering av plast er også lavere enn ved kildesortering. Derimot vil kostnadene for sortering av metallemballasje være større ved sentralsortering enn ved kildesortering [43]. I tillegg klarer ikke anlegget å kvalitetssikre metallemballasjen etter maskinsorteringen, der plastrester ofte sitter fast i metallet grunnet maskinenes dårlige evne til å skille ulike typer materiale i en sammensatt emballasje fra hverandre. Med andre ord er ikke sentralsortering, slik det fungerer i dag, løsningen alene på kvalitetsproblematikken tilknyttet aluminiumsemballasje. Siden kvaliteten på metallskrapet er lav, får de også forholdsvis dårlig betalt for metallene som utsorteres [43]. Som nevnt i seksjon 6.2.1, ønsker renovasjonsselskaper økt mengde innsamlet metallemballasje selv om det går på bekostning av kvaliteten. Til tross for ulempene som nå er blitt belyst, mener vi at sentralsortering er et viktig steg i riktig retning.

6.3.4 Forbedringsmuligheter

Basert på det som har blitt diskutert ovenfor, virker sentralsortering å være et fornuftig tiltak. Det finnes likevel forbedringsmuligheter, spesielt med tanke på å øke kvaliteten til utsortert aluminiumsemballasje. Per idag blir nemlig mesteparten av utsortert aluminiumsemballasje sendt til Tyskland, da teknologien for effektiv videresortering ikke finnes i Norge [23]. Som tidligere nevnt blir plastavfallet sortert etter plasttype ved bruk av NIR-maskiner på ettersorteringsanlegget, hvilket fungerer bra. Et naturlig neste steg er derfor å investere i teknologi som sorterer metallemballasje etter legering, hvilket vil føre til økt kvalitet på metallet og en høyere fortjeneste for sorteringsaktøren. I tillegg vil det føre til mindre behov for fortynning med primæraluminium og legge til rette for økt bruk av sekundæraluminium i nye produkter. Teknologien for å sortere aluminium etter legering eksisterer og er i bruk ved et av Hydro sine anlegg i Tyskland. Anlegget sorterer aluminium etter legering ved hjelp av røntgenspektroskopi og luftdyser [47]. Dette systemet klarer å sortere med en høy frekvens på 20 000 biter per minutt [16]. På tross av høye investeringskostnader, burde et slikt anlegg vurderes i Norge på sikt for å redusere tap i aluminiumsverdikjeden. I tillegg vil innføring av slik teknologi i Norge fjerne behovet for å sende emballasjeavfall til Tyskland, hvilket medfører betydelige reduksjoner i både transportkostnader og CO_2 -utslipp.

6.4 Produsentansvar

Ifølge “Avfallsplan 2020-2025” er produsenter av emballasje ansvarlige for emballasjen etter at den har blitt til avfall [40]. Videre stilles det krav i Avfallsforskriften §7-5 at produsenter som tilfører markedet ett tonn eller mer av en emballasjetype, må være medlem av et myndighetsgodkjent returselskap. Avfallsforskriften fastsetter i §7-9 krav til mengden materialgjenvunnet emballasje, som for metallemballasje er minst 60 % [48]. Forskriften fastsetter imidlertid ikke krav til hverken utforming eller sammensetning av emballasje. Dermed påvirkes både emballasjeutforming og dens sammensetning i stor grad av produsentenes egne økonomiske vurderinger, heller enn emballasjens resirkulerbarhet.

Som nevnt i seksjon 3 er det et betydelig volumtap forbundet med bruk av for eksempel aluminiumslaminat i emballasje. Også andre produkter som er sammensatt av mange forskjellige materialer som er vanskelige å skille, fører til volumtap. I tillegg til å bidra til verditapet i aluminiumsverdikjeden, representerer slike produkter en merkostnad for sorteringsselskaper og det kommer til å kreve betydelig teknologisk fremgang for å kunne separere ut lønnsomme mengder aluminium [23]. Til nå har fokus hos produsentene ligget i å redusere materialforbruket i emballasjeproduksjon for å redusere kostnader. Dette kan imidlertid redusere resirkulerbarheten til emballasjen på grunn av økt oksidasjonstap og vanskeligheter ved separasjon.

Vi mener at produsenter av aluminiumsemballasje har et ansvar for å lage produkter som er egnet for resirkulering, og på denne måten balansere vektleggelsen på økonomisk lønnsomhet og sosialt ansvar. I dagens system har produsenter få eller ingen insentiv for å produsere aluminiumsprodukter og -emballasje som er lette å resirkulere (eng. *design for recycling*) [17]. Det er for eksempel ingen avgifter forbundet med å sette emballasjeprodukter ut på markedet som ikke lar seg separere etter fraksjon. For å bidra til at produsentene blir mer bevisst sitt ansvar kan det være gunstig å innføre avgifter forbundet med å produsere emballasjeprodukter som er vanskelig å separere og resirkulere. Sammensatte produkter, som for eksempel pappkartonger med plast- eller aluminiumslaminat, skaper i tillegg forvirring hos forbrukere som ønsker å kildesortere, og fører til økt feilsortering [23]. Dette medfører igjen en kostnad for sorteringsselskaper og øker dermed prisen på sekundæraluminium.

Videre kan også rene aluminiumsprodukter og -emballasjer være problematiske å resirkulere på grunn av iboende egenskaper fra produksjonen. Som nevnt i seksjon 3, utgjør kvalitetstap grunnet forurensninger og blandede aluminiumsfraksjoner en vesentlig del av verditapet i aluminiumsverdikjeden. Markedet i dag belønner produkter som er laget for å minimere materialforbruk og maksimere produktprestasjon heller enn å fremme gjenvinnbarhet. Dermed er det svært vanlig at et produkt kan inneholde flere legeringer som er sveiset eller på andre måter festet sammen. Eksempelvis benyttes aluminium 5052 i brusbokslokk, mens aluminium 3004 benyttes til “kroppen” til boksen, fordi den høye styrken til 5052 gir en ca. 10 % reduksjon i materialforbruk og en omtrent like stor kostnadsreduksjon i produksjonen [49].

Aluminiumsfraksjoner med lav renhet har lavere verdi for sorteringsselskaper og skraphandlere. Det kan være tilnærmet umulig å separere ulike legeringer fra hverandre når forskjellige legeringer inngår i samme produkt (for eksempel en 2xxx legering som gir styrke, med et ytre skall av en 6xxx legering som gir korrosjonsbestandighet). Dermed blir gevinsten ved å gjenvinne disse produktene også lavere sammenlignet med produkter bestående av kun én legering. Reguleringer som legger til rette for standardiserte emballasjeprodukter kan bidra til å løse denne problematikken. For å kunne standardisere emballasjeprodukter er vi imidlertid nødt til å finne aluminiumslegeringer som innehar egenskaper med potensial til å dekke bruksområder og behov hos enkeltprodukter, men også på tvers av ulike emballasjetyper. I en oppfølgende studie ville det vært nyttig å undersøke dette nærmere med mål om å optimalisere legeringssammensetningen for generell aluminiumsemballasje, slik at færrest mulige legeringer benyttes uten at det går på bekostning av emballasjenes ønskede egenskaper.

Klokere valg fra emballasjeprodusenter hva gjelder utforming og sammensetning av produkter vil høyst sannsynlig danne et bedre utgangspunkt for resirkulering og reduksjon av det samlede verditapet i aluminiumsverdikjeden.

7 Diskusjon

I seksjon 6.2 og seksjon 6.3 ble infrastrukturtiltak som har til hensikt å øke mengden og kvaliteten på resirkulert aluminium diskutert. Redusert avstand til returpunkt og separat innsamling av glass og metallemballasje er tiltak med ukjent effekt som ikke er innført i noen kommuner foreløpig. Å måle effekten av disse tiltakene kunne vært interessant, men dette er likevel tiltak der fordelene trolig ikke veier opp for kostnadene. Derfor bør de ikke satses på i første rekke. Derimot er innføring av henteordning et tiltak med bevist effekt og har av den grunn blitt innført i stadig flere kommuner. Den ekstra kostnaden med tiltaket er kartlagt, og forsøres av høyere returgrad på emballasjen.

Innføring av sentralsortering er også et aktuelt tiltak som i tillegg til å øke mengden utsortert metallemballasje, også vil kunne spare innbyggere for arbeid, og dermed ha en samfunnsøkonomisk fordel. Dette er grunnen til at det planlegges for å bygge sentralsorteringsanlegg i flere fylker [40]. Per i dag må fremdeles innbyggerne sortere ut glass og papir, noe som tilsier at sentralsortering foreløpig ikke er perfektjonert i Norge. Muligheten er imidlertid til stede, og det er ikke urealistisk at teknologi som idag finnes i for eksempel Tyskland, også kan innføres i Norge på sikt. Vi mener at det er hensiktsmessig å satse på infrastrukturtiltak, heller enn forbrukerkampanjer og folkeopplysning, da effekten av sistnevnte er mer usikker og vanskelig å måle [28].

Innføring av henteordning og sentralsortering er tiltak som fremstår noe uforenlige. Å satse på henteordning for innbyggerne og samtidig innføre sentralsortering virker overflødig, da en effektiv kildesortering fjerner behovet for sentralsortering, og motsatt. Om henteordning kun er et midlertidig ledd på veien til full sentralsortering, eller om henteordning er den beste løsningen i enkelte områder er usikkert. Det er nok likevel en god stund til sentralsortering blir utbredt i Norge og henteordning vil, uavhengig av hvorvidt det er midlertidig, være et fordelaktig tiltak i kampen for økt materialgjenvinning. I “Avfallsplan 2020-2025” står det imidlertid at “Sentralsorteringsanlegg vil være en supplerende løsning for å sortere ut metaller som er igjen i restavfallet etter kildesortering.” [40], noe som tyder på at sentralsortering og kildesortering er tiltak som kan komplementere hverandre på kort og mellomlang sikt. Det kan tenkes at den beste ordningen er å kildesortere emballasje som lett kan sorteres og samle dette inn ved hjelp av en henteordning, mens det som likevel blir kastet i restavfall også kan sorteres ut gjennom sentralsortering før det blir forbrent.

Samfunnsnytte

Samfunnsnyttan av prosjektet har blitt diskutert gjennom hele rapporten. Ettersom vi er en gruppe bestående av studenter fra ulike studieprogrammer, og at vi har arbeidet over en begrenset tidsperiode på 15 landsbydager, har vi hverken nok faglig dybde eller tid til å løse alle utfordringer knyttet til aluminiumsverdikjeden. Likevel er det enkelt å se at tiltakene som diskuteres er av samfunnsnytte. Tiltakene har som mål å bidra til å løse utfordringene i aluminiumsverdikjeden, øke resirkuleringsgraden og i større grad legge til rette for å kunne anvende sekundæraluminium i nye produkter. Dette vil kunne føre til mindre avfall, lavere ressursforbruk og redusert belastning på klima og miljø. I tillegg er gjenbruk av ressurser et viktig prinsipp for en sirkulær økonomi, som også er svært nyttig for samfunnet som helhet. “Utvikling mot en mer sirkulær økonomi vil kunne bidra både til grønn omstilling og økt konkurransekraft i etablerte virksomheter, samt å legge grunnlag for ny næringsvirksomhet og kunnskapsbaserte arbeidsplasser i hele landet” [24].

8 Konklusjon

Det kreves store utbedringer vedrørende hvordan aluminiumsavfall samles inn og sorteres dersom det skal være mulig å resirkulere tilnærmet all aluminium uten at ny aluminium må utvinnes. Ettersom mengden aluminium i omløp øker er det rimelig å forvente at volumet av resirkulert aluminium kommer til å bli stort nok til å dekke en stadig økende andel av verdens aluminiumsbehov. Likevel er det med dagens system en umulighet å benytte all sekundæraluminium uten å tilføre primæraluminium, grunnet kvalitetstapet i aluminiumsverdikjeden.

I første omgang bør det fokuseres på å maksimere volumet som resirkuleres siden lønnsomheten ved å investere i god sorteringsteknologi øker i takt med det tilgjengelige volumet av aluminiumsskrap. Undersøkelser har vist at henteordninger for skrap er et effektivt middel for å øke returgraden. Samtidig må det tas hensyn til økonomiske og miljømessige transportkostnader, ved innføring av henteordning på det enkelte sted. I tillegg burde det være fokus på å innføre anlegg med mer avansert teknologi i Norge, slik at aluminiumsindustrien reduserer transportkostnadene og miljøeffektene av å sende skrap til Tyskland.

Mengden primæraluminium produsert på verdensbasis, og mengden aluminiumsprodukter satt i omløp har økt kraftig de siste 30 årene. Etter hvert som disse produktene når enden av sin levetid kommer mengden tilgjengelig aluminiumsskrap også til å øke kraftig. Samtidig forventes veksten i etterspørselen etter støpelegeringer å avta sammenlignet med det fremtidige behovet for smilegeringer. Derfor er det viktig å allerede nå implementere gode løsninger for å heve kvaliteten på resirkulert aluminium slik at denne i større grad kan benyttes i smilegeringer. Vi mener at en klarere definisjon på hva som regnes som *resirkulert* aluminium vil kunne katalysere denne prosessen ved at gunstige ringvirkninger skapes gjennom hele aluminiumsverdikjeden. I tillegg vil insentiv og reguleringer som hjelper produsenter med å bli mer bevisst sitt ansvar kunne føre til at det produseres aluminiumsprodukter som lettere lar seg resirkulere.

Referanser

- [1] N. Rolsdorph, “Norges utenrikshandel.” Tilgjengelig fra:
https://snl.no/Norges_utenrikshandel.
(Hentet: 11.04.2021).
- [2] Norsk industri, “Om Aluminiumsbransjen.” Tilgjengelig fra:
<https://www.norskindustri.no/bransjer/aluminium/om-aluminiumsbransjen/>.
(Hentet: 11.04.2021).
- [3] B. Pedersen, “Aluminium.” Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/aluminium>.
(Hentet: 14.03.2021).
- [4] Hydro, “Aluminium recycling.” Tilgjengelig fra:
<https://www.hydro.com/en/aluminium/about-aluminium/aluminium-recycling/>.
(Hentet: 14.03.2021).
- [5] Norske metallfasader AS, “Aluminium – det «grønne» metallet.” Tilgjengelig fra:
<https://metallfasader.no/aluminium-og-miljo>.
(Hentet: 14.03.2021).
- [6] Hydro, “Aluminium er 100 prosent gjenvinnbart.” Tilgjengelig fra:
<https://www.hydro.com/no-NO/om-hydro/stories-by-hydro/aluminium-er-100-prosent-gjenvinnbart/>.
(Hentet: 14.03.2021).
- [7] Store norske leksikon, “Bauxitt.” Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/bauxitt>.
(Hentet: 21.04.2021).
- [8] The Aluminium Association, “Alumina Refining.” Tilgjengelig fra:
<https://www.aluminum.org/industries/production/alumina-refining>.
(Hentet: 14.03.2021).
- [9] Y. Zhang, Y. Qi, og J. Li, *Aluminum Mineral Processing and Metallurgy: Iron-Rich Bauxite and Bayer Red Muds*. In Tech Open, 2018.
- [10] B. Pedersen, “Hall-Héroult-prosessen.” Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/Hall-Heroult-prosessen/>.
(Hentet: 14.03.2021).
- [11] H. Dalaker, B. Ryningen, og C. van der Eijk, “Red mud, et unødvendig problem?.” Tilgjengelig fra:
<https://blogg.sintef.no/industri/red-mud-unodvendig-problem/>.
(Hentet: 14.03.2021).
- [12] E. Leigh, “What Aluminum Extraction Really Does to the Environment.” Tilgjengelig fra:
<https://recyclenation.com/2010/11/aluminum-extraction-recycling-environment/>.
(Hentet: 14.03.2021).
- [13] R. F. Service, “Red mud is piling up. Can scientists figure out what to do with it?.” Tilgjengelig fra:
<https://www.sciencemag.org/news/2020/08/red-mud-piling-can-scientists-figure->

out-what-do-it.

(Hentet: 24.03.2021).

- [14] NTB, “Massesøksmål mot Norsk Hydro i Brasil,” *Teknisk Ukeblad*, 2021.
- [15] R. Gupta, “Energy Resources, Its Role and Use in Metallurgical Industries,” in *Treatise on Process Metallurgy* (S. Seetharaman, ed.), pp. 1425–1458, Boston: Elsevier, 2014.
- [16] J. Søreide, “Samtale med representant fra Norsk Hydro,” 2021.
- [17] M. Borgen, “Samtale med representant fra Stena Recycling,” 2021.
- [18] A. Kvithyld, “Samtaler med SINTEF om samarbeidet med Metallco,” 2021.
- [19] Material Economics, “Ett värdebeständigt svenskt materialsystem,” *Material Economics*, 2017.
- [20] Matmatch, “Cast vs. Wrought Aluminium: Standards, Properties and Applications.”
Tilgjengelig fra:
<https://matmatch.com/learn/material/cast-wrought-aluminium>.
(Hentet: 24.03.2021).
- [21] M. E. Schlesinger, *Aluminum Recycling*. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300: Taylor & Francis Group, 1 ed., 2007.
- [22] International Aluminum Association, “IAA Global mass flow model,” 2016. Tilgjengeliggjort av Romain Guillaume Billy ved Aluminum Institute of England.
- [23] B. Malcolm, “Intervju og mailutveksling med representant fra Norsk Metallgjenvinning AS,” 2021.
- [24] Klima- og miljødepartementet, “Hva er en sirkulær økonomi?.” Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/forurensning/sirkular-okonomi/hva-er-sirkular-okonomi/id2701032/>.
(Hentet: 12. april 2021).
- [25] Volvo, “Volvo Cars to be fully electric by 2030.” Tilgjengelig fra:
<https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/277409/volvo-cars-to-be-fully-electric-by-2030>.
(Hentet: 21.04.2021).
- [26] Ford, “Ford Europe Goes All-In On EVs On Road To Sustainable Profitability; Cologne Site Begins \$1 Billion Transformation.” Tilgjengelig fra:
<https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2021/02/17/ford-europe-goes-all-in-on-evs-on-road-to-sustainable-profitabil.html>.
(Hentet: 21.04.2021).
- [27] Stena Recycling, “Bunnaske skaper verdier.” Tilgjengelig fra:
<https://www.stenarecycling.no/nyheter/bunnaske-skaper-verdier/>.
(Hentet: 10.03.2021).
- [28] Avfall Norge, “Renere råvarer. Case: Optimalisering av verdikjeden for glass- og metallemballasje.” Tilgjengelig fra:
<https://avfallnorge.ams3.digitaloceanspaces.com/avfall-norge-no/dokumenter/Avfall-Norge-rapport-4-2019-Renere-ravarer.pdf?mtime=20190423112343&focal=none>.
(Hentet: 10.03.2021).

-
- [29] B. Malcolm (prosjektleder i Norsk Metallgjenvinning), “Innsamling av metallemballasje: Hvem er vi og hva driver vi med? (presentasjon),” 2020.
- [30] I. Bækken, S. Bao, og A. Kvithyld, “Collection of aluminium packaging today (Rapport),” 2019.
- [31] G. Bertotti, *Hysteresis in Magnetism*. Academic Press, 1998.
- [32] L. Biganzoli, L. Gorla, S. Nessi, og M. Grosso, “Volatilisation and oxidation of aluminium scraps fed into incineration furnaces.” Tilgjengelig fra:
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.06.003>.
(Hentet: 10.03.2021).
- [33] Det kongelige miljø- og klimadepartement, “Meld.St.45 Avfall som ressurs - avfallspolitikk og sirkulær økonomi.” Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/contentassets/4c45f38bddee47a7b7847af108894c0c/no/pdfs/stm201620170045000dddpdfs.pdf>.
(Hentet: 11.03.2021).
- [34] Europaparlamentet, “Directive (EU) 2018/852 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste.” Tilgjengelig fra:
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/852/oj>.
(Hentet: 11.03.2021).
- [35] Grønt Punkt Norge, “Stadig mer metallemballasje gjenvinnes.” Tilgjengelig fra:
<https://www.grontpunkt.no/nyhet/stadig-mer-metallemballasje-gjenvinnes/>.
(Hentet: 14.04.2021).
- [36] Infinitum, “Vi pantet mer av alt.” Tilgjengelig fra:
<https://infinitum.no/aktuelt/vi-pantet-mer-av-alt>.
(Hentet: 14.04.2021).
- [37] Hydro, “Hydro CIRCAL.” Tilgjengelig fra:
<https://www.hydro.com/no-NO/aluminium/produkter/lavkarbonaluminium/circal/>.
(Hentet: 13. april 2021).
- [38] sortere.no, “Kildesortering i kommuner i Norge.” Tilgjengelig fra:
<https://sortere.no/privat/info>.
(Hentet: 14.04.2021).
- [39] sortere.no, “Kommuner med henting av glass- og metallemballasje.” Tilgjengelig fra:
<https://sortere.no/avfallsbransjen/kommuner-med-henting-av-glass-og-metallemballasje>.
(Hentet 10.03.2021).
- [40] Miljødirektoratet, “Avfallsplan 2020-2025.” Tilgjengelig fra:
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1582/m1582.pdf>.
(Hentet: 14.04.2021).
- [41] E. Frantzen (miljørådgiver Sarpsborg kommune), “Mailutveksling med Sarpsborg kommune om henteordning,” 2021.
- [42] IVAR IKS, “IVAR ettersorteringsanlegg Forus.” Tilgjengelig fra:
<https://www.ivar.no/ettersorteringsanlegg/>.
(Hentet: 14.04.2021).
-

-
- [43] R. Meissner, “Mailutveksling om ettersorteringsanlegget IVAR,” 2021.
- [44] R. Meissner, “Status for IVARs sorteringsanlegg for avfall «ESA Forus» (presentasjon),” 2021.
- [45] A. Bruvoll, B. Halvorsen, og K. Nyborg, “Husholdningenes kildesortering,” *Samfunnsspeilet*, 2000.
- [46] F. Syversen, “Sentrale sorteringsanlegg og sorteringsteknologi (presentasjon).” Tilgjengelig fra:
<https://www.grontpunkt.no/media/3536/06-mepex-del-1-sentrale-sorteringsanlegg-og-sorteringsteknologi.pdf>.
(Hentet: 14.04.2021).
- [47] T. Stensvold, “«Verdens beste sorteringsanlegg» blir utstyrt med norsk teknologi.” Tilgjengelig fra:
<https://www.tu.no/artikler/verdens-beste-sorteringsanlegg-blir-utstyrt-med-norsk-teknologi/223857>.
(Hentet: 14.04.2021).
- [48] Avfallsforskriften, “Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall.” Tilgjengelig fra:
https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL_7#KAPITTEL_7.
(Hentet: 14.04.2021).
- [49] Total Materia, “Aluminum alloys for packaging applications.” Tilgjengelig fra:
<https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=ktn&NM=119>.
(Hentet: 07.04.2021).