



Plastgjenvinning i bygg og anlegg i et sirkulært perspektiv

Hovedrapport



Multiconsult





Prosjektrapport

Prosjekt	1873	Rapportdato	12.01.2023
Tittel	Plastgjenvinning i bygg og anlegg i et sirkulært perspektiv - Hovedrapport	Distribusjon	Åpen
Forfatter(e)	Espen L. Mikkelsen, Mepex Consult AS Eirik Wærner, Multiconsult AS Jarle Marthinsen, Mepex Consult AS Rolf Hagen, Context AS Kirsti Gimnes Are, Multiconsult AS	Antall sider	80
Oppdragsgiver	NFFA på vegne av NHP	Antall vedlegg	4
Kontaktperson	Roar Hansen		

Utdrag

Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP) har initiert et prosjekt om plastgjenvinning fra bygg- og anleggsavfall i et sirkulært perspektiv.

Prosjektet har hatt som formål å øke kunnskapen om mengder og typer plastavfall i bygg og anlegg, muligheter for ombruk og gjenvinning samt muligheter for å erstatte plast med andre mer miljøvennlige byggematerialer på kort og lang sikt.

Prosjektet er styrt av en styringsgruppe nedsatt av NHP nettverket og er finansiert gjennom bidrag fra Handelens Miljøfond (HMF). Prosjektet er utført av Mepex Consult AS og Multiconsult AS med bistand fra Context AS.

Det er gjennomført 3 arbeidspakker i prosjektet:

1. Kartlegging av produktgrupper, plasttyper og tilsetningsstoffer samt estimering av mengder plast satt på markedet i Norge.
2. Kartlegging og beskrivelse av sorterings- og returordninger i Europa, med oversikt over aktører, juridiske og finansielle instrumenter.
3. Kartlegge hvilke alternativer som finnes som erstatning for plastprodukter, og gjøre enkle miljøvurderinger av alternativene sammenlignet med produkter i plast.

Emneord	Bygg, anlegg, plast, gjenvinning, barrierer, produkter, LCA	Geografi	Norge
Keywords			
Prosjektleder	Jarle Marthinsen	Kontrollert av	Jarle Marthinsen



Innholdsfortegnelse

<u>Sammendrag og konklusjon.....</u>	<u>5</u>
<u>1 Innledning.....</u>	<u>10</u>
1.1 Plast i bygg og anlegg	10
1.2 Prosjektet	10
1.3 Begrepsforklaring	11
<u>2 Metode</u>	<u>13</u>
2.1 Litteraturgjennomgang	13
2.2 Dialog med aktører.....	14
<u>3 Plastpolymerer og produkter</u>	<u>16</u>
3.1 Viktige polymertyper i bygg og anlegg.....	16
3.2 Plastprodukter.....	17
<u>4 Estimert mengde plast i bygg og anlegg.....</u>	<u>24</u>
4.1 Plastprodukter satt på markedet	24
4.2 Plastprodukter satt på norsk marked - tidslinje.....	26
4.3 Mengde i bruk – akkumulert i bygningsmassen	27
4.4 Plastavfall	28
4.5 Plastemballasje.....	30
<u>5 Tilsetningsstoffer.....</u>	<u>31</u>
5.1 Myknere	31
5.2 Flammehemmere.....	32
5.3 Stabilisatorer	33
5.4 Fargestoffer	34
5.5 Bakteriedrepende stoffer (biocider)	34
5.6 Oppskummingsmidler	34



5.7	Armeringsmateriale.....	34
6	<u>Sorterings og returordninger i Europa</u>	36
6.1	Sortering av plast fra bygg og anlegg	36
6.2	Mekanisk gjenvinning.....	37
6.3	Norske ettersorteringsanlegg	38
6.4	NIR sorteringsmaskiner	39
6.5	Robotsortering	39
6.6	Kjemisk materialgjenvinning	42
6.7	Sorteringsaktører i Europa	45
6.8	Kartlegging av returordninger for plast i bygg og anlegg i Europa	48
7	<u>Juridiske og finansielle virkemidler</u>	52
7.1	Avfallsrammedirektivet og andre rettsakter.....	52
7.2	EUs taksonomi.....	52
7.3	Økodesigndirektivet	53
7.4	Norsk regelverk for bygg og anleggsavfall	54
7.5	Sertifiseringsordninger	55
8	<u>Barrierer for gjenvinning av plast fra bygg og anlegg</u>	58
8.1	Barrierer for plastgjenvinning ved sanering.....	58
8.2	Etterspørselsbarrierer av gjenvunnet råvare	58
8.3	Barrierer for ombruk av plastprodukter	59
8.4	Barrierer for gjenvinning av plast i lovverket.....	59
8.5	Barrierer for take-back ordninger	59
9	<u>Alternativer til plastprodukter</u>	61
9.1	Innledning.....	61
9.2	Isolasjon.....	61
9.3	Takbelegg	62
9.4	Vindu og profiler	63
9.5	Andre produkter.....	63



<u>10 Klimagassvurdering av plastalternativer.....</u>	<u>68</u>
10.1 Innledning.....	68
10.2 LCA vurdering - avgrensning	68
10.3 Funksjonell enhet	71
10.4 Hovedfunn etter LCA vurdering av alternativer	71
<u>11 Bibliografi</u>	<u>75</u>
<u>12 Vedlegg</u>	<u>81</u>
12.1 Vedlegg 1. Oversikt over ulike typer kjemisk gjenvinning verden, fordeler og ulemper (Martyana & Semiba, 2020).	81
12.2 Vedlegg 2. Oversikt over kartlagte take-back ordninger kartlagt i dette prosjektet, ikke komplett.....	83
12.3 Vedlegg 3. Eksempler på toleransegrenser for ulike plasttyper og andre forurensinger i kjemisk gjenvinning (Eggen E. a., 2020).	85
12.4 Vedlegg 4. Forenklet masseflyt for plastavfall fra bygg- og anlegg i EU 27, videreutviklet fra en modell laget av Systemiq.....	86



Sammendrag og konklusjon

Bakgrunn og formål

Det er forventet at mengden plastavfall fra bygg- og anleggsbransjen i Europa vil øke fra 1,7 millioner tonn i 2020 til 5 millioner tonn i 2050. I Norge blir i dag under halvparten av plastavfallet som oppstår fra bygg og anlegg levert til materialgjenvinning.

Plast er en liten, men allikevel viktig fraksjon, fordi plastavfall har et høyt klimafotavtrykk. Dersom plastprodukter brukt i bygg og anlegg materialgjenvinnes og erstattes med resirkulert plast eller andre produkter med lavere klimafotavtrykk, vil dette redusere klimautslippet fra bygg- og anleggsavfall. I lys av Parisavtalen og den sirkulære økonomien, vil klimabidraget fra avfallet bli viktigere. Ombruk, kildesortering og gjenvinning av plast vil kunne telle positivt i et klimaregnskap.

Prosjektet *Plastgjenvinning fra bygg og anlegg i et sirkulært perspektiv* har som formål å øke kunnskap om mengder og typer plastavfall i bygg og anlegg, muligheter for ombruk og gjenvinning samt muligheter for å erstatte plast med andre mer miljøvennlige byggematerialer på kort og lang sikt.

Kartlegging av polymerer, produkter og tilsetningsstoffer

Mengden plast som brukes i bygg og anlegg er økende, men utgjør i dag fortsatt en liten prosentvis andel. De fem vanligste plasttypene som representerer over 70 % av plastbruken i Europa er:

- Polyvinylklorid (PVC)
- Polyeten (PE), både med høyere densitet (HDPE) og med lavere densitet (LDPE)
- Polystyren (PS), ofte i form som ekspandert polystyren (EPS) eller ekstrudert polystyren (XPS)
- Polypropylen (PP)
- Polyuretan (PUR)

Utover de fem vanligste typene som er beskrevet over, er det et stort antall andre plasttyper og varianter som er brukt, spesielt tilbake i tid. Vi har i dette prosjektet kartlagt over 40 ulike typer eller varianter av plast, som brukes i ulik grad.

De vanligste plastproduktene i bygg og anlegg er kategorisert i fem hovedgrupper.

- Rør
- Isolasjon
- Vindu og profiler
- Takbelegg
- Andre produkter

I disse fem hovedgruppene er det kartlagt produkter, plasttyper som inngår, mengder, tilsetningsstoffer og miljøeffekter så langt de har latt seg gjøre innenfor rammen av prosjektet.

For å kvantifisere plastbruken er det estimert mengde plast satt på markedet i 2021, basert på egen kartlegging, dialog med store aktører i bransjen og estimater fra lignende kartlegginger i Norden og



Europa. Estimaten våre indikerer at det settes om lag 180 000 tonn plast på det norske markedet årlig, som et beste estimat. Estimaten er usikkert og avhenger av mange forhold, deriblant kartleggingsmetode, omfang av kartleggingen og systemavgrensning.

Årlig akkumuleres en betydelig mengde plast i konstruksjoner, som i fremtiden vil bli til avfall. Basert på estimater fra andre land i Europa er det sannsynlig at 110 000 – 140 000 tonn plast akkumuleres årlig i norske bygg. En betydelig andel av plasten bindes opp i stående masse og frigjøres ikke som avfall før ved rehabilitering eller sanering.

I henhold til offisiell statistikk blir ca. 11 000 tonn plastavfall fra bygg og anlegg sortert ut og levert til materialgjenvinning. Mengden plastavfall som ikke sorteres, men som havner i restavfall og andre avfallskategorier varierer mye fra prosjekt til prosjekt. Basert på plukkanalysen av blandede fraksjoner bygg- og anleggsavfall er det estimert at ca. 32 000 tonn plast genereres årlig.

Det kan antas at mengden plastavfall fra bygg og anlegg vil øke frem i tid ved rehabilitering og sanering. Det kan forklares med at bruk av plastprodukter har økt i omfang siden de første produktene kom på markedet på 50-tallet, både i form av rene plastprodukter, men også plastprodukter integrert i bygningsstruktur eller som kombinert med eller tilsatt i andre produkter. Ettersom mye av dette er langlivede produkter vil de først oppstå som avfall mange tiår etter at de er brukt i byggene.

Tilsetningsstoffer

Plastprodukter i bygg og anlegg inneholder en rekke hjelpestoffer som forbedrer produkttegenskapene. Tilsetningsstoffene kan kategoriseres i syv hovedgrupper etter bruk:

- Myknere (ftalater, klorparafiner og PCB)
- Flammehemmere (bromerte flammehemmere, polybromerte difenyletere, KFK)
- Stabilisatorer (kadmium, bly, kalsium-sink forbindelser og tinnforbindelser)
- Fargestoffer (bly, kadmium, krom, sink og titanhvitt).
- Bakteriedrepende stoffer (arsenforbindelser og Kopper-8-hydrokxyquinolin)
- Oppskummingsmidler (KFK forbindelser)
- Armeringsmaterialer (asbest)

I takt med økt bruk av plast har også bruken av hjelpestoffer økt. De stoffene som tilsettes i dag, er ikke de samme som ble brukt for 20 eller 40 år siden. Når et kjemisk stoff blir forbudt eller får fareklassifisering, leter industrien etter erstatningsstoffer. Ofte er disse stoffer som er mindre undersøkt, og som forhåpentligvis også er mindre helse- og miljøfarlige. Industrien bytter hele tiden til stoffer som ikke har fareklassifisering eller står på EUs kandidatliste/MDs prioritetsliste. Dette betyr at det er meget stor forskjell på utfordringene med å gjenvinne gammel plast som inneholder forbudte eller farelistede kjemikalier, og nye produkter med nye tilsetningsstoffer (som i dag ikke er fareklassifisert). Dette skaper også utfordringer i gjenvinningskjeden. Mange plastprodukter blir i dag klassifisert som farlig avfall ved miljøsanering.

Plastprodukter i bygg og anlegg har lang levetid og det er fortsatt manglende kunnskap om hvilke tilsetningsstoffer som er brukt i ulike produkter tilbake i tid.



Sorterings- og gjenvinningsordninger i Europa

Det er mange europeiske aktører som materialgjenvinner de samme polymertypene som finnes i bygg- og anleggsavfall i Norge, og det meste av kildesortert plast fra bygg og anlegg eksporteres til Europa for gjenvinning. Ifølge en kartlegging utført av Systemiq er behandlingsskapasiteten i dag lav i forhold til forventet økning i plastavfall i Europa.

Av behandlingsskapasitet i Europa er det i all hovedsak mekanisk materialgjenvinning som benyttes i dag. Sorteringsanlegg basert på NIR og/eller robotteknologi sorterer ut rene plastfraksjoner fra blandede fraksjoner, eller rengjør også allerede sortert, men blandet plast.

Det er store forventninger til kjemisk materialgjenvinning sin rolle frem i tid. Teknologiene er ikke fullt utviklet og i begrenset grad gjennomført i industriell skala. Utviklingen går fort, men prosesskrav om renhet, fukt, innhold av klor og manglende kunnskap om additiver, er typiske utfordringer som er spesielt krevende for kjemisk gjenvinning av plast fra bygg og anlegg.

Ombruks- og gjenvinningsløsninger som kan bli mer aktuelle for bygg- og anleggsprodukter er «Take-back» ordninger. I slike ordninger blir produkter eller avfall laget av spesifikke materialer samlet inn av produsent eller andre aktører når de er ferdig brukt. Slike ordninger kan ha ulike organisering, men det er tre hovedtyper, enkel take-back ordning, leasing modell og depositumsmodeller. På grunn av plastprodukters varierende leve-/brukstid er det foreløpig den enkle «take-back» ordningen som er mest utbredt. Det innebærer at produsent selv henter tilbake produktene sine, eller at avfallsbesitter leverer tilbake rene fraksjoner. Det er kartlagt en rekke take-back ordninger for produkter i alle hovedgruppene av plastprodukter, det finnes ordninger for mange ulike produkter i hele Europa.

Ombruk av plastprodukter fra bygg og anlegg har historisk hatt lite fokus i Europa, akkurat som i Norge. Basert på dialog med aktører og litteraturstudie erfarer vi at interessen for ombruk øker, men det er foreløpig få konkrete prosjekter og markeder. I hovedsak går utviklingen i retning av digitale plattformer som bidrar i flere deler av verdikjeden, fra ombrukskartlegging til organisering av mellomlagring og transaksjoner av ombruksartikler.

Juridiske og finansielle virkemidler

Målet for bygg- og anleggsavfall er 70 % gjenvinning, som omfatter forberedelse til ombruk eller materialgjenvinning. Det er ikke fastsatt spesifikke krav til gjenvinning av plast fra bygg og anlegg, hverken i europeisk eller norsk lovverk. Lovverket er generelt og overordnet og gir ingen spesifikke føringer for å prioritere plast. Det er mulig å nå gjenvinningsmål for bygg- og anleggsavfall uten å gjenvinne plastavfallet.

Krav til gjenvinning og rapportering gjelder alle avfallstyper samlet, noe som medfører at plast som er en liten og lett fraksjon, ikke nødvendigvis er førsteprioritet. Det er enklere å nå høye sorterings- og gjenvinningsgrader for tyngre fraksjoner der det også kan være bedre nedstrømsløsninger.

Det er allikevel mange initiativ innen EU som peker i retning av mer effektive virkemidler på sikt. Videre har endringene av byggt teknisk forskrift (TEK) medført nye krav om gjenvinning og klimagassberegninger, som gjør at plastavfall aktualiseres. For slike beregninger vil det være behov for mer data fra plukkanalyser for å kunne kvantifisere mengde plastavfall per prosjekt, dette er viktig da det er store variasjoner i CO₂ utslipp mellom ulike produkter og polymertyper.



Det finnes flere ulike sertifiseringsordninger for bygg og anlegg, som ved økt bruk kan gi incentiver til bruk av byggevarer med lavere miljø- og klimaavtrykk, og bedre håndtering av bygg- og anleggsavfall. De vanligste sertifiseringsordningene som er brukt i Norge er BREEAM, FutureBuilt og Svanemerket.

Kartlegging av barrierer for plastgjenvinning

Det er mange barrierer for gjenvinning av plastavfall fra bygg og anlegg. For det første bygges mange av plastproduktene inn i konstruksjoner som gjør det krevende å sortere ut produktene ved dagens metoder for rehabilitering og sanering. En del plastholdige produkter påføres også som lim og maling, eller det festes med tape.

På grunn av bruk tilsetningsstoffer er det også knyttet usikkerhet til hvilken plast som faktisk kan gjenvinnes, særlig ved rehabilitering og sanering av eldre bygningsmasse. Usikkerheten gjør at mye plast fra rehabilitering og sanering håndteres som brennbart restavfall.

En viktig barriere for materialgjenvinning av plast fra bygg og anlegg er etterspørsel av gjenvunnet returråvare fra produsentene. For produsenter av nye produkter vil den kjemiske komposisjonen av det resirkulerte materialet kunne være barriere for bruk som råstoff i ny produksjon. Tilfeldig forurensning, manglende dokumentasjon eller informasjon om mulige innhold av miljøfarlige stoffer er et problem og årsak til usikkerhet. Slik usikkerhet kan i seg selv virke som barriere for produsenter.

En annen årsak til at produsenter bruker lite gjenvunnet plast er frykt for at produktene ikke vil møte behov om stabil tilgang på et høyt volum av råvare av god og tilstrekkelig kvalitet. Prisen på framstilling av jomfruelig plast er i noen sammenhenger lavere enn prisen på framstilling av gjenvunnet plast. Sammen med prisstrukturen, som varierer i tid og mellom ulike typer plast, vil pris potensielt være en barriere for økt gjenvinning.

Erstatningsprodukter for plast i bygg og anlegg

Det er for hovedproduktgruppene i plast vurdert tiltak og alternative produkter for:

1. Substitusjon, som innebærer bruk av materialer som oppfyller samme tekniske krav mm som plastproduktet
2. Sirkulært opphav, som innebærer ombruk, materialgjenvinning eller bruk av biobasert plast.
3. Sirkulær installasjon, som innebærer montering og installasjon som tillater at de ulike materialene i bygget enkelt kan separeres og sendes til gjenvinning

Kartleggingen av erstatningsprodukter for hovedkategoriene isolasjon, tak, vindu og andre produkter illustrerer at det langt på vei finnes produktalternativer uten, eller med mindre plast. Alternative produkter kan allikevel ha andre egenskaper, så vurdering av alternativer må gjennomføres ut fra hvilket formål produktet skal ha.

Der det ikke er gode alternativer uten plast, kan det i noen tilfeller være mulig å benytte en annen byggemetode som gjør det enklere å ta ut renere fraksjoner ved sanering. Mekanisk montering av for eksempel isolasjon eller belegg kan være alternativ til liming og sveising.

Klimaberegninger for ulike produktalternativer med og uten plast

Det er gjort en sammenligning av klimagassutslipp for byggeprodukter med plast og alternative produkter uten eller med lavere innhold av plast. Vurderingen er gjennomført for



hovedkategoriene; takbelegg, rør, isolasjon av grunnmur, vindsperre og gulvbelegg. Grunnlaget for vurderingen er produktenes EPDer, og det er valgt å avgrense vurderingen til livsløpsfasene A1-3 (Vugge til port). Dette er en vanlig avgrensning ved LCA vurderinger og er gjort for at sammenligningen skal være mest mulig relevant.

Resultatene viser at for produktgruppene takteking, isolasjon og gulvbelegg har de rene plastvarianter det høyeste CO₂ utslippet, mens for vindsperre har alternativet uten plast høyere utslipp sammenlignet med plastalternativet. For avløpsrør har alternativet av betong et lavere CO₂-utslipp sammenlignet med plastalternativet i ren PVC.

På grunn av usikkerhetene i beregningene og avgrensningen av metodikken, vil ikke denne vurderingen gi et helt eksakt svar, og flere forhold bør vurderes for hvert enkelt brukstilfelle. Det er også viktig å ta i betraktning en komplett konstruksjon med alle materialer som eventuelt inngår i denne, samt å vurdere om alternative konstruksjoner/byggemåter er bedre egnet for å kunne redusere plastbruken. Beregningene gir allikevel en indikasjon på forskjeller i klimagassutslipp mellom produkter med og uten plast.



1 Innledning

1.1 Plast i bygg og anlegg

I dag brukes plast i en eller annen form, i alle typer bygg og anleggsprosjekter. De første plastproduktene i bygg og anlegg ble tatt i bruk tidlig på 50-tallet og har siden den gang blitt mer og mer vanlig, noe som henger sammen med lave råvarepriser og gode produktegenskaper.

Plast av ulik type og sammensetning brukes i mange deler av et bygg, som rør, isolasjon, takbelegg, dampsperre, kabler etc. Omfanget varierer fra bygg til bygg og henger sammen med valg tatt ved planlegging av bygget. I anleggsprosjekter brukes plast i midlertidige konstruksjoner, men også i sluttproduktene, som i veier, bruer, bygninger o.l.

Det er brukt mange ulike plasttyper i bygg og anlegg som er tilpasset de aktuelle bruksområdene. For å gjøre plast til et enda mer velegnet råstoff, er det brukt ulike tilsetningsstoffer og man har kombinert ulike plasttyper for å få fram ønskede egenskaper. Over tid har slik tilpasning ført til et sammensatt bilde av ulike plasttyper til ulik bruk i bygg og anlegg. På grunn av tidligere bruk av miljøskadelige additiver har noe plast senere blitt definert som helse- og miljøfarlig ved sanering av bygg.

Fordi plast i bygg og anlegg har lang levetid, er det fortsatt plast med helse- og miljøfarlige stoffer i dagens bygningsmasse. Kunnskap om brukte miljøskadelige plastprodukter er god, men det er samtidig krevende å spore produktene tilbake i tid. Tilsetningsstoffer som tidligere er brukt i plast medfører at det er usikkert om plasten kan gjenvinnes i fremtiden.

Gjenvinning av plast er en liten, men viktig bidragsyter for å nå overordnede mål om 70% gjenvinning av bygg- og anleggsavfall. Materialgjenvinning og redusert forbruk av plast vil ha en positiv klimaeffekt. I en rapport fra 2020 estimeres det at produksjon og bruk av plast står for 6 % av bygg og anleggsbransjens samlede CO₂ utslipp, og at bygg- og anleggsbransjen totalt står for 14 % av indirekte og direkte norske CO₂ utslipp (Jahren, Nørstebø, Simas, & Wiebe, 2020).

Selv om det er økende fokus og nye initiativer for ombruk, gjenvinning og reduserte klimagassutslipp i bygg og anleggsbransjen, er det også en rekke barrierer som må fjernes for at bransjen skal bli mer sirkulær.

1.2 Prosjektet

NHP nettverket har, med støtte fra Handelens Miljøfond (HMF), initiert prosjektet «Plastgjenvinning fra bygg og anlegg». Prosjektet omfatter 3 arbeidspakker:

4. Kartlegging av produktgrupper, plasttyper og tilsetningsstoffer samt estimering av mengder plast satt på markedet i Norge.
5. Kartlegging og beskrivelse av sorterings- og returordninger i Europa, med oversikt over aktører, juridiske og finansielle instrumenter.
6. Kartlegge hvilke alternativer som finnes som erstatning for plastprodukter og gjøre enkle miljøvurderinger av alternativene sammenlignet med produkter i plast.



I denne rapporten ser vi nærmere på plasttyper, mengder plast og plastavfall, additiver, muligheter og barrierer for gjenvinning og ombruk, gjenvinningsteknologi og klimamessige påvirkning av ulike erstatningsprodukter for plast.

Prosjektet er gjennomført av Espen Mikkelsen og Jarle Marthinsen i Mepex Consult AS og Eirik Wærner i Multiconsult AS. Kirsti Gimnes Are i Multiconsult AS har gjennomført LCA vurderinger og Rolf Hagen i Context AS har bidratt på alternative produkter.

1.3 Begrepsforklaring

Tabell 1. Begrepsforklaring for plast brukt i bygg og anlegg

Forkortelse	Forklaring
ABS	Akrylnitril butadien styren
CR	Klorpropen
ECB	Etylvinylacetatmodifisert asfalt
EP	Epoxy polymer
EPDM	Etylen propylen dienmonomer (gummi)
EPS	Ekspandert polystyren
EVA	Etylvinyl acetat
EVOH	Etylvinyl alkohol co-polymer
GFRP	Glassfiberforsterket polymer
GUP	Glassfiberarmert umettet polyester
NBR	Nitrilgummi
PA	Polyamid (ofte nylon)
PA6	Polykaprolaktam
PA66	Perlon (Polykaprolaktam)
PBDE	Polybromerte difenyletere
PE	Polyetylen
PEF	Polyetylen furonat (bio-PET)
PE-HD, LD, LLD	Høy(HD) og lav (LD) densitet polyetylen
PET	Polyetylentereftalat
PET-A	Polyetylentereftalat amorf (udefinert form)



Forkortelse	Forklaring
PE-XA	Polyetylen – varmeresistent
PIR	Post industriell kjemisk harpiks (resin)
PMMA	Polymetylmetakrylat, akrylglass
PO	Polyolefin
POM	Polyoximetylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PSC	Plast silikatfiber
PUR	Polyurethane
PVB	Polyvinyl butyral
PVC, -C, -P, -U	Polyvinylklorid, bokstaver viser varianter
PVDF	Polyvinyl dien fluorid
rPET	Resirkulert polyetylen
SAN	Styrene acrylonitril
SBR	Styrene-butadien rubber
TPE	Termoplast elastomer
TPU	Termoplast polyuretan
UF	Ureaformaldehyd
XPS	Ekstrudert polystyren



2 Metode

2.1 Litteraturgjennomgang

Tabell 2 nedenfor viser utvalgt litteratur som er relevant for plast og plastavfall i bygg og anlegg. Litteraturgjennomgangen er i hovedsak avgrenset til Norden og Europa, og er valgt ut med bakgrunn i relevans og publikasjonstidspunkt. Øvrig litteratur finnes i referanselisten. Formålet med litteraturgjennomgangen er å fange opp tidligere utredninger og kartlegginger som gir kunnskapsstatus for plast i bygg og anlegg. Gjennomgått litteratur inngår som grunnlag i kartleggingsarbeidet.

Tabell 2. Utvalgte rapporter fra litteraturgjennomgang, all øvrig litteratur er listet i bibliografien med full sitering.

Nr.	Rapportnavn	Sted
1	Materialstrømmen til plast i Norge, Mepex 2020.	Norge
2	The Use of PVC in the context of a non-toxic environment, European commission 2022.	Europa
3	Veileder for avfallshåndtering på byggeplass. Rev. 2016.	Norge
4	Næringsavfall i Oslo, Multiconsult 2021.	Norge
5	Promoting the high-quality recycling of plastics from demolition waste and enhancing the use of recycled materials in construction projects in accordance with the European Plastic Strategy, German Environment agency, 2021.	Tyskland
6	Reduced littering from expanded plastics – Mapping and evaluation of measure, Norwaste 2021.	Norge
7	FutureBuilt. Plastfrie bygg, 2021.	Norge
8	Hvordan planlegge for mindre avfall, NGBC 2017.	Norge
9	Plukkanalyser av restavfallskontainer fra byggeplasser, Hjellnes Consult 2015.	Norge
10	The bitumen industry – a global perspective, Eurobitume 2015	USA
11	Plast i byggsektoren. En kartlegging av biobaserade och återvunna alternativ, 2021.	Sverige
12	Global Plastic outlook. Plastic use projection to 2060.	Storbritannia



Nr.	Rapportnavn	Sted
13	Preliminary assessment of plastic material flow in Denmark - Technical report, 2019.	Danmark
14	Management of plastic wastes in Austria: analysis of the status.	Østerrike
15	Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020, 2020.	Sverige

Resultatet av litteraturgjennomgangen illustrerer at det er gjennomført flere kartleggingsarbeider av materialbruk i bygg og anlegg, men at plastmaterialer ikke har vært så høyt prioritert som andre avfalls- og produkttyper. I litteraturen pekes det på at manglende fokus på plast kan skyldes at plastmengden i bygg og anlegg er lav, og at plasten har lav egenvekt sammenlignet med andre materialtyper.

2.2 Dialog med aktører

Det er valgt et knippe nøkkelaktører for innhenting av kunnskap tilknyttet spesifikke produktgrupper og virksomhetsområder. Det er også gjennomført en workshop hvor 15 deltakere (NHP-nettverksmedlemmer og eksterne) fikk muligheten til å komme med tilbakemeldinger på kartlegging av plasttyper og tilsetningsstoffer, samt gi innspill til arbeidet med å kartlegge barrierer og incentiver for økt sortering og gjenvinning av plast fra bygg og anlegg.

Resultatet av dialog og workshop inngår i denne rapporten.

Tabell 3. Oversikt over aktører som er intervjuet i forbindelse med kartleggingsarbeidet.

Aktør	Beskrivelse	Kontaktperson
EPS foreningen	Nettverk for EPS i Norge	Bengt Bøyese
Møre miljøsanering	Sanering av bygg	Espen Høydal
Pipelife	Plastrør	Kjetil Loften
ISOLA	Bitumen og ulike typer knotteplast	T. Risberg
NorDan	Vindu og dører	Fredrik Jonsson
R3	Sanering av bygg	Bergfinn Alund
Norsk Gjenvinning	Emballasje fra bygg og anlegg	Charlotte Kortzinsky
Protan	Takbelegg	Lars Anisdahl
Christie Entreprenører	Avfallshåndtering på byggeplass	Richard Nilsen

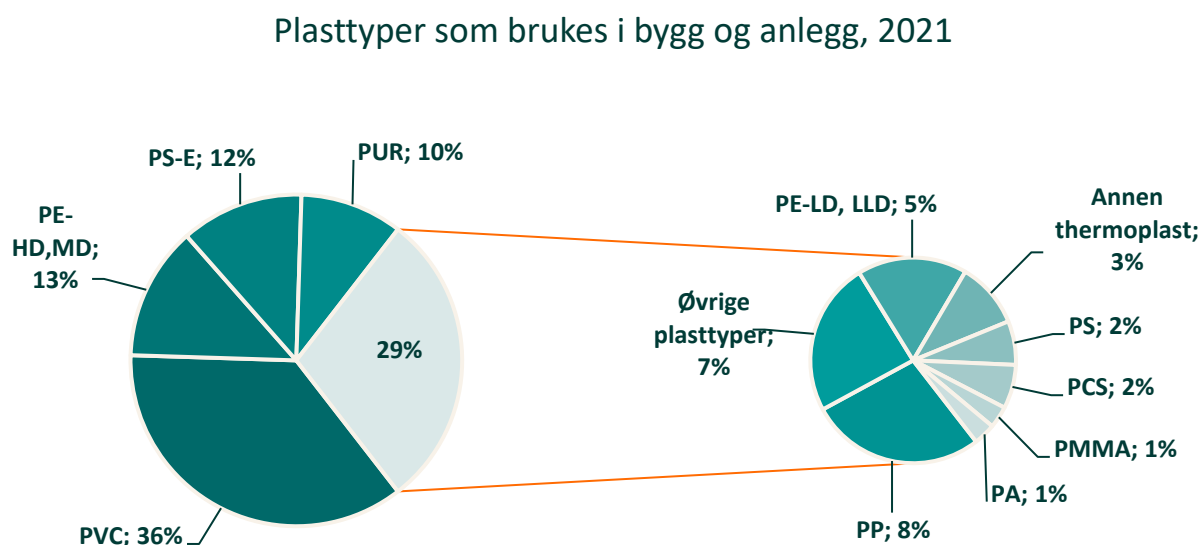


Aktør	Beskrivelse	Kontaktperson
PVC Forum Norge	PVC bruk og utviklingstrender	Jørn Sundbo
PVC Forum Sverige	PVC bruk og utviklingstrender	Johan Alfredsson



3 Plastpolymerer og produkter

Produkter som helt eller delvis består av plast finnes overalt i bygg og anlegg, vannrør, isolasjon, gulvbelegg, beskyttelse mot fukt eller vind og i vindu- og dørprofiler laget av ulik andel plast. Byggprodukter lages av mange ulike typer plast, ofte rene, men også i komposisjon med annen plast og andre materialer. Følgende fem plasttyper representerer over 70 % av plasttypene brukt i bygg og anlegg i Europa; PVC, PE-HD, PS, PUR og PP (Plastics Europe, 2021), se Figur 1. PVC utgjør den største andelen av plast i bygg og anlegg og forekommer i de fleste produktgruppene. PE og PS i form av EPS og XPS er de nest største plasttypene.



Figur 1. Hovedtypene plast som i dag brukes i bygg og anlegg i Europa, (Plastics Europe, 2021).

Figur 1 er hentet fra en europeisk kartlegging basert på estimater for plasttyper satt på markedet og kan ikke direkte overføres til norske forhold. Det er allikevel sannsynlig at sammensetningen på det norske markedet er relativt likt da Norge handler fra samme marked. Basert på kartleggingen for Norge og konkrete eksempler for norske bygg, er det funnet de samme plasttypene som illustreres i figuren, der PVC, PE, PS og PP er veldig vanlig også i Norge. I tillegg er det også mange andre plasttyper, spesielt når man går tilbake i tid, jf. Tabell 4.

3.1 Viktige polymertyper i bygg og anlegg

3.1.1 PVC

PVC er forkortelsen for «polyvinylklorid». Mange PVC-produkter omtales også som «vinyl». PVC er i utgangspunktet et stivt produkt, men kan mykgjøres ved å tilsette mykgjørere. PVC tilsettes normalt en rekke ulike tilsetningsstoffer, som gjør at PVC kan formes til nesten hva som helst.



3.1.2 PE

PE er forkortelsen for «polyetylen». PE deles normalt inn i PE-HD og PE-LD. PE-HD betyr «polyetylen high density», mens LD betyr «low density». Det finnes også en variant som kalles PEX, Cross-linked PE, som hovedsakelig brukes i rør til varmt og kaldt vann.

3.1.3 PS

PS er forkortelse for «polystyren». Rent polystyren brukes f.eks. til CD-esker og tilsvarende. Skummet PS blir til EPS og XPS. EPS er ekspandert PS og XPS er ekstrudert PS. EPS brukes først og fremst til hvite isolasjonsplater som brukes i bygg. XPS brukes også til isolasjon, men er glatte plater som oftest er farget lyseblå, rosa, gule eller i andre farger. XPS tåler mye høyere trykk enn EPS.

3.1.4 PUR

PUR er forkortelse for «polyuretan». PUR fremstilles av isocyanater og ble tidligere skummet med KFK. I dag brukes andre blåsemidler. PUR kan fremstilles i både stivt og fleksibelt skum, samt maling, lim og andre produkter.

3.1.5 PP

PP er «polypropylen». PP er en svært lett plasttype, og brukes bl.a. til tauverk, rør og fiberforsterkning av betong.

3.1.6 SBS-modifisert bitumen

SBS-modifisert bitumen er en bitumen (et gummiprodukt som bl.a. brukes i asfalt) som er kjemisk endret med styren butadien styren (SBS). SBS bidrar til å lage et bitumenprodukt med bedre fysiske egenskaper for vanntetting. Dette brukes til å lage takbelegg.

3.2 Plastprodukter

De ulike typene plast brukes i mange forskjellige produkter som kan kategoriseres i fem hovedgrupper:

- Rør
- Isolasjon
- Vindu og profiler
- Takbelegg
- Andre produkter

I bygg og anleggsbransjen er det plast i mange ulike former, som rene plastprodukter og som andel eller hovedbestanddel i produkter. Avhengig av formål plasseres produktene under, inni, mellom eller utenpå andre materialer og bygningsstrukturer. Plastproduktene festes på ulike måter, med tape, dybler, lim, fuger, pakkes inn i plastduk, etc.

Plastproduktene kan deles inn i tre kategorier:

1. Rene plastprodukter
2. Plastprodukter som delvis er laget/ består av plast
3. Produkter med plasttilsetning for å oppnå ønsket effekt



Rene plastprodukter består hovedsakelig av én eller en kombinasjon av flere typer polymerer, dette omfatter eksempelvis rene plastrør, vinyl gulvbelegg, men også enkelte plastkompositter.

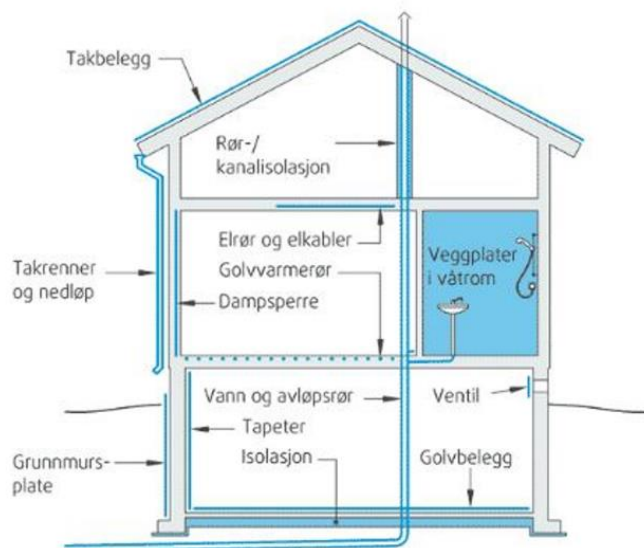
Plastprodukter som helt eller delvis består

av plast kjennetegnes ved at de henger sammen med andre materialer, eksempelvis avansert fuktsperre, ferdig isolert LECA, EPS grunnmurplater, plastprodukter belagt med syntetiske tekstiler, o.l.

Laminatgulv består hovedsakelig av trevirke, men med et overflatesjikt av melaminbelagt papir.

Enkelte produkter **tilsettes polymerer** i form av fiber, som partikler eller som kjemiske bindinger, eksempelvis Rockwool eller sprøytebetong.

Selv om produktene i seg selv er laget av ren plast, kan også byggeteknikk gjøre at produktene blir kombinert med andre materialer. Et godt eksempel er ren LDPE som vindsperre, som monteres inn i vegg. Vindsperre legges innenfor yttervegg og lekting, men før isolasjon og innervegg.



Figur 2. Eksempler på bruk av plastmaterialer i bygg (Sintef, 2018).

Bubbledeck-betong er et system for å redusere betongforbruket ved å legge inn plastballer i dekkene. Ved riving av slike konstruksjoner blir resultatet en blandet fraksjon med mye plast.



Figur 3: Bubbledeck.

Det samme gjelder lettbetong isoblokker som vist i Figur4. Isolasjonsskum mellom to lag med Leca. Det er vanskelig å skille Leca og EPS for gjenvinning ved sanering.



Figur4: LECA Isoblokk, (foto: www.isola.no).

Også grunnmurselementer som vist i Figur 5 reduserer bruken av betong, men effektiviserer også byggeprosessen. Akkurat disse grunnmurselementene består av EPS og armering av svart hardplast som holder elementene sammen. Desto flere materialtyper som blandes sammen, desto vanskeligere å sortere fra hverandre for materialgjenvinning.



Figur 5: Ringmurselementer av EPS og hardplast (foto: www.vartdalplast.no).

Andre plastprodukter som ikke alltid omtales som plast, er stillastildekning og lastestropper.

Lastestropper brukes til å løfte varer ned fra lastebilen og til byggeplassen, Figur 6. Sikkerhetskrav gjør at disse stort sett kun blir brukt en gang, og dette utgjør derfor et visst avfallsvolum.



Figur 6: Lastestropper brukes stort sett kun en gang (foto: Eirik Wærner).



Figur 7: Stillasinndekning og stillaspresenning blir til mye avfall, selv om mye ombrukes flere ganger (foto: Eirik Wærner).

Tabell 4 viser nevnte hovedgrupper med produktgrupper, plasttyper med en beskrivelse av bruk og omfang. Tabellen er et resultat av kartleggingsarbeidet basert på litteratur og dialog med aktører.

Omfanget av kartleggingen angir ikke mengde, men om plasttypene er vanlig for de angitte produktgruppene. Merk at det her er stor usikkerhet for kategorien andre produkter på grunn av et stort mangfold og begrenset faktagrunnlag.

Tabell 4. Resultater fra kartlegging av plastbruk i bygg og anlegg. Ulike plasttyper og produktgrupper fordelt på fem hovedkategorier med enkel beskrivelse. Omfang angir en skjønsmessig vurdering av hvor vanlig de ulike plasttypene er.

Kategori	Produktgruppe	Plasttype	Omfang*	Beskrivelse
Rør	Rørsystemer (ikke fleksible)	PVC, PP og PE-(HD)	Vanlig	Rør som brukes under bakken og tåler høyt og lavt trykk og temperatur
	Rørsystemer (ikke fleksible)	ABS, SAN, UP, PP-MD, GP-UFPR	Mindre vanlig	Rør som brukes under bakken og tåler høyt og lavt trykk og temperatur
	Rørsystemer (fleksible)	PE, PVC, PP, PU, PB, PA og PEX	Vanlig	Ulike typer fleksible rør til vann eller elektronikk (trekkerør)



Kategori	Produktgruppe	Plasttype	Omfang*	Beskrivelse
	Rørsystemer (fleksible)	PVCF, PUR, PB, PA, UP-GFPR	Mindre vanlig	Ulike typer fleksible rør til vann eller elektronikk (trekkerør)
	Sjakter	PVC, PP, PC og PE	Vanlig	Sjakter til inspeksjon eller viderekobling
	Sjakter	UP-GFPR, UP	Mindre vanlig	Sjakter til inspeksjon eller viderekobling
Isolasjon	Termisk isolasjon	EPS, XPS, PUR, PEF, UF	Vanlig	Ulike typer formål, vegg, tak, grunnmur, m.m.
	Lydisolasjon	PE, EPS, og XPS	Vanlig	Tynne plater eller duk i vegger og gul.
Vindu og profiler	Vindu	PVC	Ikke vanlig	Vindu av plast med metall i konstruksjonen.
	Dører	PVC	Vanlig	Rullende dører og porter
	Dørkarmer, veggplater, gelender, etc	PP, PE, PP-EPDM, GFPR, PVC	Mindre vanlig	Til innendørs bruk
	Innendørs profiler	PVC	Vanlig	Ledningskanaler
Takbelegg	Vanntetting	PVC, PET, SBS modifisert bitumen	Vanlig	Takbelegg, shingel, tetningsmatter på rull, m.m.
Andre produkter	Vann- og vindtetting	ECB, PP, m. m	Vanlig	Tynt tegningsmateriale på rull (vindspærre og undertak)
	Vann- og vindtetting	PE, PP, PVC og TPE	Vanlig	Ulike plastmembraner



Kategori	Produktgruppe	Plasttype	Omfang*	Beskrivelse
	Vann- og vindtetting	PIB, EPDM og EVAC	Mindre vanlig	Ulike plastmembraner
	Geosyntetiske barrierer	HD-PE, LD-PE, PVC, PE	Vanlig	Eksempelvis tekstil duk
	Vanntetting	PMMA, UP og PUR	Vanlig	Flytende membran og belegg
	Fugemasse	NBR, EPDM, CR, CSM, FKM	Vanlig	Fugemasse skjøter og våtrom
	Gulv	PUR OG PVC	Vanlig	Mykt sportsgulv
	Gulv	PP- EPDM, PE-EPDM, PA-EPDM, SBR, NBR	Vanlig	Mykt sportsgulv
	Gulvmaling	EP	Vanlig	Industrielle gulv påført som to-komponent maling
	Gulv	PVC	Vanlig	PVC gulvbelegg
	Gulv	Vinyl, ofte miks av termoplastiske polymerer	Mindre vanlig	Gulvbelegg til ulike applikasjoner
	Gulv	PA, PP, PET	Vanlig	Tekstilgulv, teppefliser o.l.
	Elektriske kabler og ledninger	PVC, PUR, PE, PP, m. m	Vanlig	Kabelisolasjon
	Elektriske installasjoner	PC og UP	Vanlig	Stikkontakt og brytere
	Elektriske installasjoner	PC og PVC	Vanlig	Brannalarm og andre sensorer
	Tanker og containere	PE, PA, PP og GFPR	Vanlig	Fastmonterte tanker til vann eller slam



Kategori	Produktgruppe	Plasttype	Omfang*	Beskrivelse
	Badekar og dusj	ABS, PP, PE og PVC	Vanlig	Badekar og dusj
	Andre konstruksjonsprodukter	PA, PP, PE, SBR, EPDM, CR og PVC	Vanlig	Teip, rister, drenering og dybler

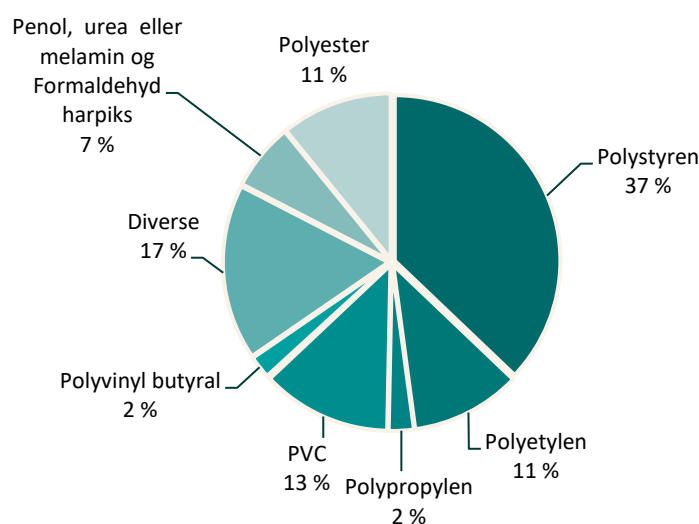
For eldre bygg er det lite tilgjengelig informasjon om spesifikke plasttyper og nøyaktige mengder.

Det er kartlagt plastsammensetningen for ett nytt bygg i Drammen (K33), som er visualisert i Tabell 5 og Figur 8. Rør inngår ikke i denne sammenstillingen, men er normalt PVC eller PP. Det spesifikke bygget ble planlagt med plastprodukter som utgjør totalt 198 tonn, fordelt på gruppene som illustrert i Tabell 5 (Hagen, 2022).

Tabell 5. Vektandel av hovedgrupper for plastprodukter i K33, (Hagen, 2022).

Beskrivelse	Isolasjon	Takbelegg	Profil og vinduer	Andre produkter
Vekt %	53 %	8 %	2 %	37 %

Kategorien «andre produkter» inneholder mange ulike produkter som skissert i Tabell 4 Andre produkter. Figur 8 illustrerer andelene av ulike plasttyper i K33, uten rør. Polystyren i form av isolasjon er en størst, etterfulgt av PVC, polyester og polyetylen i ulike former.



Figur 8. Andel av ulike typer plast i et norsk byggprosjekt, eks rør; K33 Drammen (Hagen, 2022).

Mengden og typene plast som har oppstått i anleggsfasen er ikke inkludert i dette spesifikke eksempelet.



4 Estimert mengde plast i bygg og anlegg

Det er i dag ingen helhetlig oversikt over totale mengder plastavfall som genereres i bygg- og anleggsbransjen. Det vil si, den samlede mengden usortert plast og plast som inngår i blandede fraksjoner. Det er heller ingen oversikt over hvilke plasttyper som settes på markedet i dag, historisk, eller hvor mye av plasten som akkumuleres i bygningsmassen og som kan forventes som plastavfall frem i tid.

For å få en grov oversikt over den samlede mengden plast fra bygg og anlegg, samt mengdene plast som settes ut på markedet og som er akkumulert i bygningsmassen, er det i dette prosjektet gjennomført estimater basert på ulike kilder.

4.1 Plastprodukter satt på markedet

For å estimere årlig mengde satt på markedet er det tatt utgangspunkt i kartleggingen av de største produktgruppene i Norge jf. Tabell 4, estimerte markedsandeler, sammen med estimater og forholdstall fra kartlegging av plast i bygg og anlegg i Europa. Rapportene som er en del av kunnskaps- og tallgrunnlag for estimatene, er listet under:

- Kartlegging av plast i bygg og anlegg fra Tyskland i 2021 (Bendix, Berg, Sebestyén, Ritthoff, & Perschel, 2021),
- Svensk kartlegging av plast i bygg og anlegg fra Sverige (Naturvårdsverket, 2021)
- Dansk massestrømsanalyse fra 2019 som estimerer plastmengden satt på markedet i Danmark (Kostyantyn, Anders, & Thomas, 2019)
- PHD oppgave fra Østerrike som blant annet estimerer mengden plast fra bygg og anlegg (Eygen, 2018).

Intervjuer med relevante aktører er benyttet som innspill til produktgrupper og markedsandeler samt korrigering og validering av estimater, se Tabell 3 for oversikt over alle involverte aktører.

Estimatene for årlige mengder satt på markedet er regnet ut per hovedgruppe av plastprodukter og illustrert som andeler av total mengde plast, se Tabell 6. For hver hovedgruppe er estimatene basert på de vanligste produktene og polymertypene med utgangspunkt i dialog med leverandører, se Tabell 3 .

For noen produktgrupper, spesielt i kategorien andre produkter er mengder estimert basert på nøkkeltall fra andre kartlegginger. I disse tilfellene er estimater justert til norske forhold via befolkningstall. Disse estimatene er vurdert mot tilgjengelig litteratur og gjennom dialog med aktørene, men har høyere usikkerhet enn øvrige hovedgrupper på grunn av antallet varianter av produkter i denne gruppa. Hovedgruppens andeler av totalt estimat for Norge er visualisert sammen med resultater fra Tyskland for sammenligning i Tabell 6.



Tabell 6. Estimert årlig mengde plast satt på markedet for bygg og anlegg i Norge fordelt på hovedgrupper og sammenlignet med estimat for Tyskland.

Hovedgruppe	Norge	Tyskland
Rør	38 %	31 %
Vindu og profiler	5 %	21 %
Isolasjon	33 %	18 %
Andre produkter inkl. takbelegg og membraner	24 %	30 %
SUM	100 %	100 %

Som tabellen viser, har Norge høyere andel rør og Isolasjon sammenlignet med Tyskland. Norge har svært lite plastvindu som gjør denne andelen lav sammenlignet med resultatene fra den tyske rapporten.

For Norge har vi estimert at det settes om lag 180 000 tonn plast på markedet årlig, eksklusiv emballasje. Estimaten for Norge er korrigert og kontrollert mot ovenfor nevnte rapporter og framstår som et kvalifisert estimat.

Resultatet er sammenlignet med estimater fra andre europeiske land, jf. Tabell 7 nedenfor. Tabellen viser at det er en god del spredning i resultatet for spesifikke mengder (kg/innbygger og år), noe som både kan skyldes ulik plastbruk, samt utredningenes omfang og systemgrenser.

Estimatet fra Danmark på 130 000 årstonn, er basert på siste kartlegging som er fra 2016. Estimaten er gjort med tilgjengelig data om import og eksportstatistikk samt innenlands produksjon (Pivnenko, Damgaard, & Astrup, 2019).

Sverige har lavest estimert mengde plast satt på markedet per innbygger. Det har sannsynligvis med rapportens omfang å gjøre, rapporten indikerer at estimaten på 165 000 tonn per år er et minimum, og rapporten peker på at det sannsynligvis er høyere. I rapporten pekes det også på at kartleggingen har et begrenset omfang (Fråne, Anderson, Andersson, Boberg, & Dahlbom, 2022).

Estimatet for Tyskland er vesentlig høyere enn estimaten fra øvrige land i Tabell 7 og er basert på data fra dialog med markedet og markedsandeler, import og eksport. Det er sannsynligvis flere årsaker til at estimaten er høyere enn de andre, bruk av andre typer produkter er sentralt (Bendix, Berg, Sebestyén, Ritthoff, & Perschel, 2021).

Tabell 7. Estimert mengde satt på markedet av plast i bygg og anleggsbransjen, sett i forhold til Sverige og Tyskland.

Land	Total mengde plast satt på markedet, i tonn/år	Kilo per innbygger og år	Kilde
Norge	180 000	33,1	Mepex estimat 2022



Land	Total mengde plast satt på markedet, i tonn/år	Kilo per innbygger og år	Kilde
Danmark	130 000	22,3	(Pivnenko, Damgaard, & Astrup, 2019)
Sverige	165 000	15,9	(Fråne, Anderson, Andersson, Boberg, & Dahlbom, 2022)
Tyskland	4 600 000	55,4	(Bendix, Berg, Sebestyén, Ritthoff, & Perschel, 2021)
Østerrike	220 000	26,9	(Eygen, 2018)

4.2 Plastprodukter satt på norsk marked - tidslinje

For hovedgruppene rør, isolasjon, vindu og noen spesifikke produkttyper, er det kartlagt omtrentlig tidspunkt for når produktene kom på det norske markedet, se Figur 9. Figuren er basert på intervju med store aktører innenfor produktgruppene og litteraturgjennomgang. Oppdelingen er grov på grunn av datatilgang. Merk at kvaliteten på ulike plastproduktene har bedret seg betraktelig fra de først kom på markedet. Samme plastprodukt produsert tidligere kan nødvendigvis ikke gjenvinnes sammen med tilsvarende plasttype produsert i dag. Det samme gjelder også additiver (Stråby & Fiskum, 2021).

På slutten av 50-tallet kom avløpsrør i plast for fullt inn på det norske markedet. PEL og ABS ble senere erstattet av PP og PE på grunn av kvalitetsutfordringer, begge plasttyper hadde en tendens til å bli sprø og ekspanderte over tid, som ga sprekker og lekkasje (Stråby & Fiskum, 2021). I dag er det hovedsakelig PVC, PE og PP rør som benyttes (Loften, 2022).

PEX har siden slutten av 90-tallet tatt over som vanlig materiale i leiligheter og småhus, i større bygg brukes også andre plasttyper eller kobberrør, spesielt i horisontale rørstrekk og sjakter (Stråby & Fiskum, 2021).

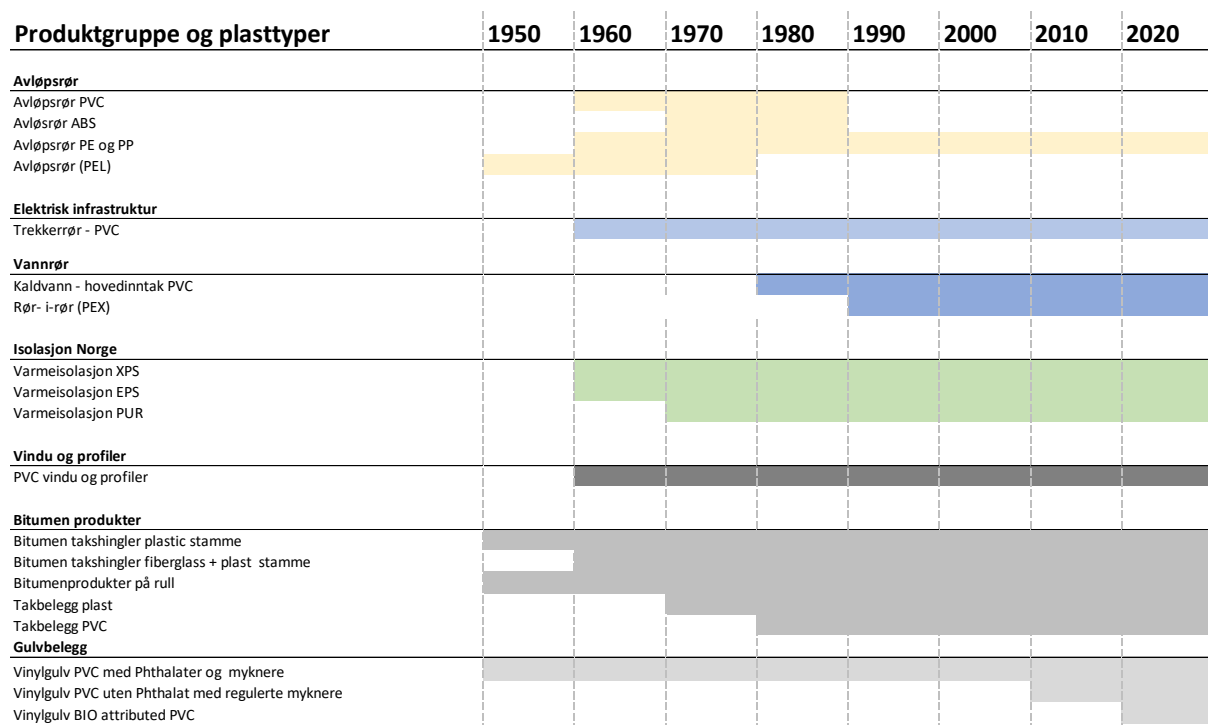
EPS plateproduksjon startet i Norge på 60-tallet, men har vært på det europeiske markedet siden slutten av andre verdenskrig (Bøyesen, 2022). Det samme gjelder for XPS hvor produksjonen har økt betydelig siden de kom på markedet i Europa på midten av 60-tallet (Ravago buildingsolutions, 2020). I Norge brukes isolasjonsplater til isolasjon av grunnmur og tak, men også ved konstruksjon av vei og tunneller, sistnevnte i form av PUR.

Tyskland har størst markedsandel på plastvindu i Europa, over 22 % i 2019 og projisert årlig økning frem mot 2025 på 3 %. Hovedårsak til økt bruk er pris, vekt og termiske egenskaper (Arzton, 2019). PVC vindu kom på det norske markedet mot slutten av 60-tallet, men har ikke fått ordentlig fotfeste i Norge. Erfaringer fra dialog med aktører på det norske markedet indikerer at PVC vindu representerer under 8 % av det norske markedet, som domineres av trevindu med plastkomponenter.



Bitumenprodukter inneholder varierte mengder plast, ofte i stammen. Bitumenprodukter kom på det norske markedet på slutten av 50-tallet som er alternativ til takstein (European Bitumen Association–Eurobitume, 2015). Det har i senere tid kommet mange ulike bitumenprodukter for tak, men også vanntetting ellers, ofte i form av SBS modifisert bitumen. Disse produktene er i all hovedsak takbelegg i PP eller PVC.

Vinyl gulvbelegg (PVC) kom på det europeiske markedet etter andre verdenskrig og erstattet da ofte linoleumsgulv (AZO materials, 2022). De senere år har nye typer vinylgulv kommet på det norske markedet, uten innhold/bruk av miljøfarlige ftalater og myknere. Bruk av resirkulert materiale har økt siden århundreskiftet og biobaserte alternativer er på vei inn (Tarkett, 2021).



Figur 9. Produktgrupper og plasttyper på det norske markedet for bygg og anlegg, synliggjort i tiår for når det ble satt på markedet.

Basert på Figur 9 er det tydelig av bruken av plastprodukter i bygg og anleggsbransjen har utviklet seg fra et lavere antall alternativer og produkter på 50-tallet, til å bli mer vanlig utover 70-tallet. Fordi plastprodukter har lang levetid og det stadig brukes mer plastprodukter i bygg og anlegg, vil vi se mengden plastavfall fra norske bygg og anlegg øke i årene som kommer, spesielt ved riving og rehabilitering.

4.3 Mengde i bruk – akkumulert i bygningsmassen

Plast som hvert år settes ut på markedet ved nybygging og rehabilitering, vil over tid akkumuleres i bygningsmasse og konstruksjoner, som har lang levetid. Mengde og type plast korresponderer med produktalternativer som er satt på markedet, på byggetidspunkt. Plasten som akkumuleres i bygg- og anlegg følger byggets og produktets levetid, og frigis først som plastavfall ved rehabilitering og rivning. Plastprodukters levetid, korrekt montering og byggets levetid er viktige faktorer som ligger til grunn for en vurdering av hvor mye plast som til enhver tid er bundet opp i bygningsmasse (Stråby & Fiskum, 2021).



Miljømyndighetene i Danmark estimerer at det i 2016 ble akkumulert 97 00 tonn plast i bygg og anlegg (Kostyantyn, Anders, & Thomas, 2019), altså 61 % av total mengde plast satt på markedet. 39 % tas ut som avfall.

Estimatene fra Østerrike indikerer at rundt 80 % akkumuleres, noe som utgjør 176 000 tonn årlig (Eygen, 2018).

Basert på estimater fra Danmark og Østerrike er det sannsynlig at andelen akkumulert plast i norske bygg er i området 110 000 -140 000 tonn årlig, 60-80% av det som settes på markedet. En slik vurdering er usikker, men indikerer at mengden plast som akkumuleres i bygg er betydelig.

4.4 Plastavfall

Bygg- og anleggsaktiviteter produserer årlig store mengder plastavfall som oppstår ved nybygging, rehabilitering og rivearbeid, f.eks. i form av avkapp, produktrester eller emballasje for byggematerialer. Mye av dette er trolig emballasje da dette ofte sorteres på byggeplass og rapporteres via avfallsrapporter, men det er begrenset med dokumentasjon på forholdet mellom emballasje og produkt (Manju, 2022).

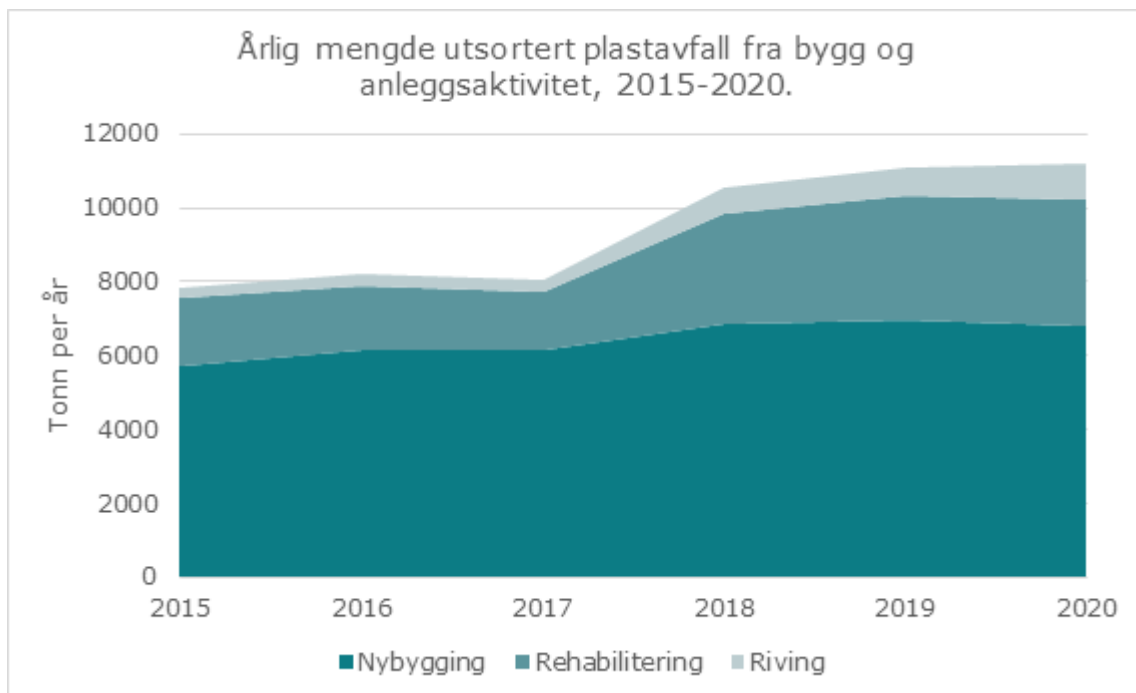
Hvor store årlige mengder det er snakk om er svært konjunkturavhengig. I 2020 produserte bygg- og anleggssektoren 2,1 mill tonn avfall (Statistisk Sentralbyrå, 2020), en økning fra 1,8 mill tonn i 2015. I henhold til SSB statistikken for 2020 utgjorde utsortert plastavfall fra bygg og anlegg 11 202 tonn, en økning fra 7820 tonn i 2015, se Figur 10. Plastemballasje inngår i denne mengden.

Den største mengden plastavfall produseres ved nybygging etterfulgt av rehabilitering og rivning. Fordelt etter aktivitet utgjør dette hhv, 6 808 tonn, 3423 tonn og 973 tonn, se Figur 10.

Økningen i mengde plast fra nybygg kan skyldes at flere har startet å sortere ut plastemballasje og plastprodukter på byggeplass. På generelt grunnlag er det forventet at bruken av plast i bygg og anlegg vil øke betydelig frem til 2060. Veksten er hovedsakelig drevet av økonomisk vekst og at det stadig kommer nye produktalternativer i plast (Ruben, Jean, Elisa, & Rob, 2022).

SSB statistikken for bygg og anleggsaktiviteter har flere svakheter, også når det gjelder plastavfall. Kategorien plast i SSB statistikken omfatter kun utsortert plast, og inkluderer ikke plast som følger andre fraksjoner/avfallsstrømmer, som eksempelvis blandet restavfall, EE-avfall, farlig avfall, m.m. Det er derfor mer plast fra bygg- og anlegg enn det som kommer frem i byggavfallstatistikken.

Plastavfall fra anleggsaktivitet inngår ikke i statistikken ettersom regelverket ikke setter krav til avfallsplan eller rapportering av mengder i alle anleggsprosjekter. Figuren under viser årlige mengder utsortert plastavfall fra bygg- og anleggsaktivitet i perioden 2015- 2020.



Figur 10. Mengde plastavfall fra bygg og anleggsaktivitet etter aktivitet, for perioden 2015 - 2020 (Statistisk Sentralbyrå, 2020).

Det foreligger noen plukkanalyser av blandet restavfall fra byggeprosjekter som viser at plastandelen varierer mye. I en tidligere plukkanalyse varierte resultatene fra 7 % til 4,6 % med store variasjoner fra prosjekt til prosjekt (Saxegård, 2015). Plastinnholdet er både plastprodukter og emballasje som ikke er kildesortert.

Dersom man tar utgangspunkt i en total mengde blandet avfall fra bygg og anlegg på ca. 300 000 tonn (Statistisk Sentralbyrå, 2020) og 7 % i plast i blandet restavfall, utgjør det 21 000 tonn/år. I tillegg er det også plast i en rekke andre avfallskategorier, EE-avfall, farlig avfall, m.m. Mepex har i tidligere arbeid vurderer at et forsiktig estimat for plastavfall fra bygg og anlegg i 2020 ligger rundt 40 000 tonn, når man tar høyde for at det også er plast i andre avfallsstrømmer (Syversen, et al., 2021). Mer data fra nyere plukkanalyser for et mer representativt utvalg av bygg og anlegg er nødvendig for å øke sikkerheten i disse estimatene, spesielt for å vurdere andelen plast i andre avfallskategorier.

4.4.1 Oppsummering plastavfall

Basert på utsortert plastavfall fra statistisk sentralbyrå og 7 % estimert mengde plast i restavfallet, indikerer dette total årlig mengde (2020) på 32 200 tonn plastavfall fra bygg og anlegg, se Tabell 8. Noe av dette er da emballasje, men denne mengden er ikke kjent. Estimater fra SSB er lavere enn estimatet fra (Syversen, et al., 2021) og kan derfor underestimere mengdene. Vi velger allikevel å bruke dette tallet.

Tabell 8. Oppsummering av plastavfall fra Bygg og anleggsaktivitet. To ulike estimater og resultater. Plast fra andre avfallsstrømmer som FA og EE er ikke inkludert.



Metode nr.	Kilde	Tonn/år
2	Utsorterte plastavfall, statistisk sentralbyrå.	11 200
2	Plastavfall i blandet restavfall, 7 %.	21 000
2	Sum utsortert plast og plast i blandet restavfall	32 200

4.5 Plastemballasje

Ettersom det ikke foreligger data på mengde plastemballasje fra bygg og anlegg, er det flere som har forsøkt å estimere denne mengden. Det siste kjente i tid er vurdert som mest relevant i denne sammenheng.

I 2019 ble det gjort et forsøk på å estimere mengder plastemballasje med opphav i bygg og anleggsaktivitet, et samarbeid mellom Grønt Punkt Norge (GPN), Infinitem og Plastics Europe. Resultatet indikerer at bygg og anlegg står for 7 % av emballasjeb Bruken i Norge. Basert på disse estimatene utgjorde plastemballasje fra bygg og anleggsaktivitet rett rundt 11 500 tonn (De Sadeleer & Lerche Raadal, 2019).

Estimert mengde på 11 500 tonn ligner på SSB sin statistikk for utsortert plastavfall på 11 200 tonn per år, men er i realiteten høyere enn SSBs anslag ettersom det bare omfatter emballasje. Estimert kan heller ikke brukes til å konkludere med at alt utsortert plastavfall i SSB statistikken er plastemballasje, ettersom plastprodukter også inngår i SSB statistikken, eksempelvis i kategorien energiplast.

For nybygg og rehabilitering stammer emballasjen ofte fra Isolasjon, fasadeelementer, emballering av trevirke, innredning og betongsupplementer (Nomiko, 2022).

Mye plast sorteres ikke og kastes i blandet restavfall. Enten fordi det ikke er sortering på byggeplassen eller fordi plasten inneholder urenheter som gjør den lite egnet for gjenvinning (Syversen, et al., Materialgjenvinning av norsk plastavfall - 50 innen 2025., 2021).



5 Tilsetningsstoffer

Plast tilsettes en rekke hjelpestoffer for å forbedre egenskapene til plasten. I de fleste tilfeller er ikke tilsetningsstoffene kjemisk bundet til plastpolymerene; unntaket kan være noen flammehemmere. De stoffene som tilsettes i dag, er ikke de samme som ble brukt for 20 eller 40 år siden. Når et kjemisk stoff blir forbudt eller får fareklassifisering, leter industrien etter erstatningsstoffer. Ofte er dette stoffer som er mindre undersøkt, og som forhåpentligvis også er mindre helse- og miljøfarlige. Industrien bytter hele tiden til stoffer som ikke har fareklassifisering eller står på EUs kandidatliste¹/MDs prioritetsliste². Dette betyr at det er meget stor forskjell på utfordringene med å gjenvinne gammel plast med (i dag) forbudte eller kjemikalier med fareklassifisering, og nye produkter med nye tilsetningsstoffer. Det skjer en utvikling hele tiden når det gjelder kunnskaper om tilsetningsstoffer, som gjør at stoffer man tidligere antok var miljømessig akseptable, likevel viser seg å inneha negative miljøeffekter. Så det at et tilsetningsstoff ikke har fareklassifisering i dag, betyr ikke nødvendigvis at det ikke vil ha det om 20 år. Dette skaper også utfordringer i gjenvinningskjeden – mange av plastproduktene blir klassifisert som miljøfarlig avfall ved miljøkartlegginger.

5.1 Myknere

Myknere har blitt tilsatt i plast i en årrekke for å blant annet forbedre fleksibiliteten og i noen tilfeller slagfastheten til polymerene. Dette gjelder særlig PVC som i utgangspunktet regnes som et stivt produkt. Vanligst er ftalater omtalt som myknere, men også klorparafiner og PCB har blitt tilsatt som myknere/flammehemmere. I helt spesielle sammenhenger har det blitt tilsatt PCB i vinylbelegg. Trolig blir det tatt for få prøver av vinylbelegg for å sjekke innhold av PCB. PCB er en av de «klassiske miljøgiftene», listet på første utgave av Stockholmkonvensjonen og ansees som et av de mest miljøfarlige stoffene som har blitt produsert. Klorparafiner har også blitt mye brukt, da klorparafiner både fungerer som mykner og flammehemmer, og er rimeligere enn ftalatene. Kortkjededede klorparafiner har også kommet inn på Stockholmkonvensjonens liste over farlige miljøgifter, mens mellomkjededede klorparafiner står på EUs kandidatliste.

Ftalater tilsettes i alle vinylprodukter som skal være myke, gjerne i en miks med klorparafiner. Hele en million tonn forbrukes i Europa årlig (Gravensfors, et al., 2015), i tillegg til det som importeres i ferdigvarer (dette omfatter også bruk utenfor bygg-sammenheng). Tidligere var de vanligste ftalatene DEHP, BBP og DBP, men disse ble etter hvert skiftet ut med DINP, DIBP og DNOP. De tre første er kortkjededede ftalater, og har en rekke negative helse- og miljømessige egenskaper, og er nå stort sett forbudt i EØS-området. De siste er ikke forbudt å bruke (bortsett fra i barneleker som unger kan sutte på), men vestlig industrien har i hovedsak byttet dem ute med andre ftalater.

Ftalatene er ikke kjemisk bundet til plastpolymeren, men finnes «innblandet». Dette betyr at ftalatene lekker ut av produktene i løpet av levetiden (Sakhi, et al., 2015).

Vinylindustrien har hele tiden forsøkt å finne løsninger for gjenvinning av PVC-avfall som skulle påvise at PVC kunne klassifiseres som et akseptabelt produkt. Derfor startet industrien prosjektet

¹ Stoffe som gir stor grunn til bekymring (SVHC, substances of very high concern) føres opp på kandidatlista. Stoffene er kandidater til videre regulering.

² Den norske prioritetslista er ikke et regelverk eller en forbudsliste. Lista fungerer som et viktig verktøy for hvilke stoff myndighetene skal jobbe spesielt med, og gir et viktig signal til næringslivet om at dette er stoffer som det er viktig å jobbe for reduksjon i bruk eller utslipp.



«Vinyloop», som skulle vise at PVC kunne gjenvinnes kjemisk. Fabrikken i Italia ble imidlertid lagt ned i 2018, fordi det viste seg umulig å skille ut ftalatene fra plastmatriksen (Bendix, Berg, Sebestyén, Ritthoff, & Perschel, 2021).

5.2 Flammehemmere

Plast er laget av olje, og har i utgangspunktet høy brennverdi, noe som er uønsket i bygg og anlegg. Derfor tilsettes flammehemmende stoffer, men mange av disse har negative helse- og miljøeffekter. Flammehemmet plast brenner dårligere, noe som er «bra» mens produktet er i bruk, men negativt når plastavfallet engang skal forbrennes. Noen flammehemmere er ikke bundet i plastmatriksen, og vil lekke ut når produktet blir varmt eller ved mekanisk belastning.

Det finnes ulike strategier for å redusere brannfaren i plast:

- **Uttynning av plasten**, slik at det blir mindre brennbart materiale. Talkum og kalsiumkarbonat er eksempler på stoffer som kan tilsettes for å oppnå dette.
- **Endotermisk**: Oppvarming fører til en kjemisk reaksjon som forbruker energi, og dermed kjøler ned plasten. Magnesiumhydroksid er et eksempel på dette.
- **Uttynning av gassfase**: Oppvarming avspalter CO₂ eller vann.
- **Kjøling med radikaler**: Halogenerte forbindelser skiller ut halogen ved oppvarming, som reagerer med H eller OH, som kjøler ned. Eksempler på slike stoffer er PCB, klorparafiner, dietylthiofosforklorid, en rekke klororganiske fosforforbindelser, samt bromerte flammehemmere som polybromerte difenyletere og heksabromsyklododekan.
- **Termisk svelling**: Stoffer som popper opp som «pop-corn» eller danner et forkullet lag, og som isolerer produktet mot varme. Disse stoffene vet vi mindre om miljøeffekten av.

Det ble tidligere hevdet at PVC var selvslukkende, og at det derfor ikke var nødvendig å tilsette flammehemmere. Dette er riktig for stiv PVC, men mykgjort PVC er ikke selvslukkende, og blir derfor tilsatt flammehemmere. Myk PVC er f.eks. vinylbelegg på gulv eller PVC takfolie. De aller fleste vinyl gulvbelegg inneholder både ftalater og klorparafiner. Unntakene er belegg som er mindre enn 10-20 år gamle.

Kortkjedede klorparafiner ble forbudt i 2014, mens mellomkjedede klorparafiner fortsatt brukes i stor utstrekning. Klorparafiner brukes i PVC, polystyren og polyolefiner. Klorparafiner har blitt brukt/brukes i bl.a. fugemasser, rusthindrende maling, PUR-isolasjon, mykgjort PVC-plast og isolérglassvinduer. Brukes ofte i kombinasjon med antimon trioksid.

Blant gruppen «bromerte flammehemmere», finner vi bl.a. polybromerte difenyletere (PBDE), heksabromsyklododekan (HBCD) og tetrabrombisfenol A (TBBPA). I EU har flere typer PBDE-er blitt forbudt ila tidlig 2000-tall.

Polybromerte difenyletere er en gruppe med kjemikalier med ulik grad av bromering. Gruppen består av bla. tetra-, penta-, heksa-, hepta- og deka-bromdifenyleter. Stoffene er oppført i Stockholmkonvensjonen, og omfattes således av POPs-direktivet. (EU 2019/1021)- Ved gjenvinning av plast med slike flammehemmere, må konsentrasjonen være under 1000 mg/kg.

Dekabromdifenyleter ble brukt i konsentrasjoner på 10-15 vektprosent, som er langt over grensen på 1000 mg/kg. Slik plast kan derfor ikke gjenvinnes. Dekabromdifenyleter brukes alltid i kombinasjon med antimon trioksid (en annen flammehemmer). Sistnevnte kombinasjon brukes bl.a.



i trekkerør for skjulte el installasjoner. Ellers brukes PBDE i elektroniske produkter, tekstiler, fugemasser, malinger, rør osv.

Heksabromsyklododekan (HBCD) har tidligere (ble forbudt i 2015) blitt brukt som flammehemmer i EPS og XPS, konsentrasjonen har imidlertid vært så lav at plasten ikke har blitt karakterisert som farlig avfall. Men dette er likevel et alvorlig hinder for materialgjenvinning av slik skumplast.

HBCD har blitt erstattet av en blokk kopolymer av polystyren og bromert polybutadien (BrPBPS), men det er fortsatt en bromert flammehemmer hvor eventuelle miljøskadelige effekter er dårligere dokumentert.

Bromerte flammehemmere erstattes i stor grad av metallhydroksider i Europa, på grunn av miljøproblemene knyttet til bromerte flammehemmere. Spesielt aluminium trihydroksid brukes i mange bygg-relaterte produkter (SpecialChem.com, 2022). Men produkter produsert utenfor EU kan fortsatt i stor grad inneholde bromerte flammehemmere.

Dechlorane plus er en «ny» flammehemmer-gruppe som Miljødirektoratet ble oppmerksom på for få år siden, da stoffet dukket opp i sedimentprøver fra Oslofjorden. Det ser ut til at stoffet ble tatt i bruk på 80-tallet, som en erstatning for dekabromdifenyleter. Det er ventet at Dechlorane plus blir ført opp i Stockholmkonvensjonen i løpet av kort tid (Norge har nominert stoffet til listen). Stoffgruppen brukes i en rekke produkter: Elektriske kabler, PVC takmembraner, elektronikk, møbler, tapet (både vinyl og papir), latexmaling, laminatgulv og sponplater, lim, fugemasse, PVC-rør og XPS (Norwegian Environment Agency, 2021), (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, 2022).

5.3 Stabilisatorer

Stabilisatorer brukes for å hindre degradering av plastmaterialer ved f.eks. UV-lys, oksidering eller ozonolyse³. Stabilisatorer forlenger levetiden til plastmaterialer, og kan da også forlenge levetiden til plastavfall. Av litteraturen virker det som at dette er mest aktuelt for PVC, men trolig er det også nødvendig med stabilisatorer i andre plasttyper. Det er kjent at PE-folie som dampspærre tilsettes stabilisatorer.

Tidligere har man brukt både kadmium- og blyforbindelser som stabilisatorer, men disse er stort sett faset ut i EU. Men det kommer plast fra andre land som fortsatt kan inneholde slike forbindelser. Industrien sluttet frivillig å bruke kadmium i EU-15 i 2001, og blyforbindelser i 2015. Kadmium er nå forbudt å bruke, med unntak til profiler (dvs. vinduer) i henhold til EU-direktiv 91/38. I dag brukes kalsium-sink-forbindelser. EU har tillatt at plast med kadmium og bly kan gjenvinnes til nye produkter.

Kadmium ble hovedsakelig brukt i PVC-produkter som ble utsatt for kraftig sollys, som f.eks. vinduer. Bly (blystearat, tribasisk blyulfat og blyfosfitt) er brukt i en rekke produkter, bl.a. finner

³ I organisk kjemi er ozonolyse en organisk reaksjon der de umettede bindingene til alkener (C=C), alkyner (C≡C) eller azoforbindelser (N=N) spaltes med ozon (O₃). Alkener og alkyner danner organiske forbindelser der den multiple karbon-karbonbindingen er erstattet med en karbonylgruppe (C=O) mens azoforbindelser danner nitrosaminer (N-N=O). Resultatet av reaksjonen avhenger av typen multipelbinding som oksideres og opparbeidingsforholdene.



miljøkartleggerne disse stoffene særlig i rør (avløpsrør, trekkerør for kabler), elektriske kabler, kabelkanaler, presenninger og takfolie.

Også tinnforbindelser (Tributyl/trifenyltinn, dioktyltinn, dimetyltinn, docedyltinn og monobutyltinn) har blitt brukt som stabilisatorer.

5.4 Fargestoffer

Tidligere ble det brukt både bly og kadmium som fargestoffer. Røde og gule fargestoffer har hovedsakelig vært produsert med kadmium og krom. Bly, sink og titanhvitt har blitt brukt som hvite fargestoffer.

Titanhvitt, TiO_2 , brukes i store mengder i svært mange produkter, ikke bare plast. Fra 2019 har titanhvitt fått klassifiseringen «kreftfremkallende i støvform», dersom partiklene er mindre enn 10 μm og konsentrasjonen er høyere enn 1 %. Dette kan tenkes å forekomme ved f.eks. sliping.

Avgjørelsen om å klassifisere Titanhvitt som kreftfremkallende i støvform, ble imidlertid annullert av EU-domstolen i november 2022, etter at virksomheter som produserer og bruker titanhvitt hadde gått til sak. Begrunnelsen var at det var brukt feil tetthet for titanhvitt i beregningen. Domstolen var imidlertid enig i at stoffet er kreftfremkallende i visse tilfeller.

5.5 Bakteriedrepende stoffer (biocider)

Arsenforbindelser (10, 10'-oksy-bis-fenoksy-arsen) har blitt brukt som bakteriedrepende stoff i takfolie, bunntettingsmembran i avfallsfyllinger osv. Kopper-8-hydroksoquinolin ble tatt ut av markedet fordi det medførte misfarging av plasten.

5.6 Oppskummingsmidler

Mange skumplastprodukter har blitt oppskummet med hjelp av KFK-holdige gasser (KFK fram til 1991, HKFK i perioden 1991 – 1997, og HFK134a i perioden 1997 – 2003). Både XPS, PUR og PE-skum inneholder KFK-forbindelser som gjør dette til farlig avfall hvis det er produsert før 2003. LECA Isoblokk produsert i perioden 1982 – 2001 er også farlig avfall. Kostnadene ved korrekt håndtering av Isoblokk er svært høye.

5.7 Armeringsmateriale

Asbest har blitt tilsatt i flere plasttyper. Den første plasten som ble tilsatt asbest, var bakelitt, som finnes i gamle, svarte telefoner, gamle brytere og stikkontakter, samt en del annet elektroteknisk materiell. Bakelitt ble utkonkurrert av andre plasttyper på midten av 70-tallet. I nyere tid har asbest blitt tilsatt i PVC-produkter som vinyl gulvbelegg og -fliser, tetningslister på vinduer, fugemasse mm.

Glassfiber brukes som fiberforsterking i glassfiberarmert polyester (GUP = glassfiberarmert umettet polyester, eller GFRP = glass fibre reinforced polyester). Dette er normalt ikke noe problem, men ved kverning av GUP-avfall, eller oppdeling av GUP ved miljøsanering, kan det oppstå støvpartikler som ligner på asbest. Det er viktig å bruke prosesser og verktøy som ikke genererer denne type støv. Hvis ikke må arbeidere ikke seg verneutstyr som ved asbestsanering, arbeidsområdet må settes under undertrykk, og området må støvsuges i etterkant.



Polypropylen brukes i stor grad i sprøytebetong. Dette er et plastfiberprodukt som tilsettes som armering for å hindre at betongen faller ned før den har herdet. Dette vil kunne bli et problem når betongen rives og knuses, samt ved vask av betongbiler.



Figur 11: Polypropylen som fibermateriale i betong.



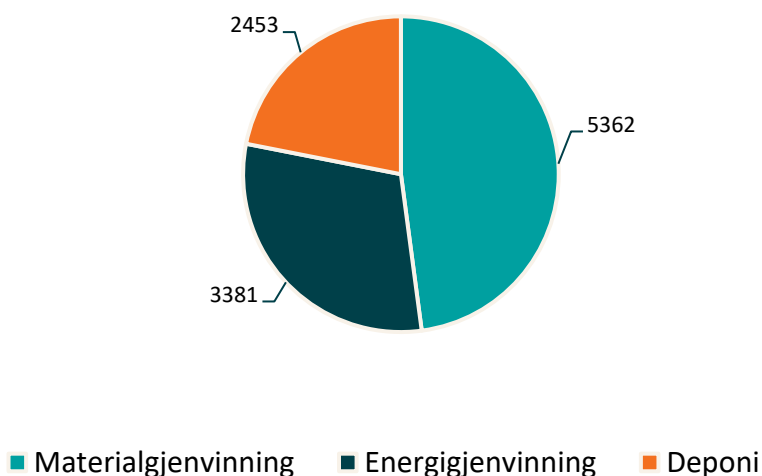
6 Sorterings og returordninger i Europa

6.1 Sortering av plast fra bygg og anlegg

I Europa er det forventet at mengden plastavfall fra bygg- og anleggsbransjen vil øke fra 1,7 millioner tonn i 2020, til 5 millioner tonn i 2050 (Systemiq, 2022). Ifølge samme rapport har mekanisk gjenvinning et teoretisk potensial til å gjenvinne 2,5 millioner tonn plastavfall i 2050. I tillegg til mekanisk gjenvinning er kjemisk gjenvinning en mulighet for enkelte plasttyper. Kapasiteten for kjemisk gjenvinning er foreløpig begrenset og estimert til 1,1 millioner tonn i 2050. Ifølge rapporten betyr det at i beste scenario har ca. 70 % av plastavfall fra bygg og anlegg en løsning for materialgjenvinning i 2050 (Systemiq, 2022). Dersom behandlingsskapasiteten ikke økes utover det rapporten anslår, må 30 % av plastavfall fortsatt forbrennes eller deponeres.

Sett i sammenheng med alt plastavfall fra norske bygg og anlegg, blir godt under halvparten av den utsorterte platen materialgjenvunnet i dag. I 2020 ble 5 362 av 11 200 tonn utsortert plastavfall sendt til materialgjenvinning, noe som utgjør 48 % av den utsorterte platen (Statistisk Sentralbyrå, 2020). Den sorterte platen blir i all hovedsak sendt ut av Norge for behandling, ofte til europeiske land (Mepex, 2021b). Den resterende platen går til forbrenning eller deponi, se Figur 12. Merk at 48 % ikke er den faktiske materialgjenvinningsgraden, men kun andelen som sendes til materialgjenvinning. En stor andel av platen som sendes til materialgjenvinning blir av ulike årsaker sortert ut som en energifraksjon som går til forbrenning.

Behandling av sortert plastavfall fra bygg og anlegg, tonn i 2020



Figur 12. Grov oversikt over behandlingsform for plast fra bygg og anlegg, Norge 2020 (Statistisk Sentralbyrå, 2020).

En essensiell forutsetning for materialgjenvinning av plast fra bygg- og anleggsbransjen er at det finnes sorterings- og innsamlingsystemer som sørger for at rene og tørre plastfraksjoner samles inn, lagres og transporteres til sorterings- og behandlingsanlegg.

I praksis er det mange bygg- og anleggsplasser som ikke kildesorterer plast fordi fraksjonene anses som forurenset og dermed best egner seg til energigjenvinning. Det kan også være at det prioriteres



kildesortering av farlig avfall og andre avfallstyper der det er gode nedstrømsløsninger og som gir stor vekt eller store volumer. Plast som utgjør en liten og til dels vanskelig gjenvinnbar fraksjon, blir ikke prioritert i samme grad.

Gjennomsnittlig sorteres det ut 2-3 plasttyper ved bygg og anleggsaktivitet, noen sorterer ut 7 mens andre ingen (Valde, 2022). Kildesortering er viktig for at gjenvinning av plast skal være mulig fra bygg og anlegg, fordi plasten må være så ren som mulig. Plast som ikke kildesorteres og som havner i restavfallet må sorteres ut for å kunne materialgjenvinnes, manuelt med gravemaskin e.l. eller med industrialiserte anlegg.

Materialgjenvinning av plast utføres hovedsakelig på to måter i dag, mekanisk eller kjemisk. Begge løsningene benyttes i industriell skala flere steder i Europa, men mekanisk gjenvinning er per i dag mye mer utbredt. Kjemisk gjenvinning omfatter mange ulike teknologier, noen av disse er fortsatt på utviklingsstadiet. De to ulike løsningene har også ulike krav til avfallet bl.a. når det gjelder renhet, sammensetning, fukt, m.m.

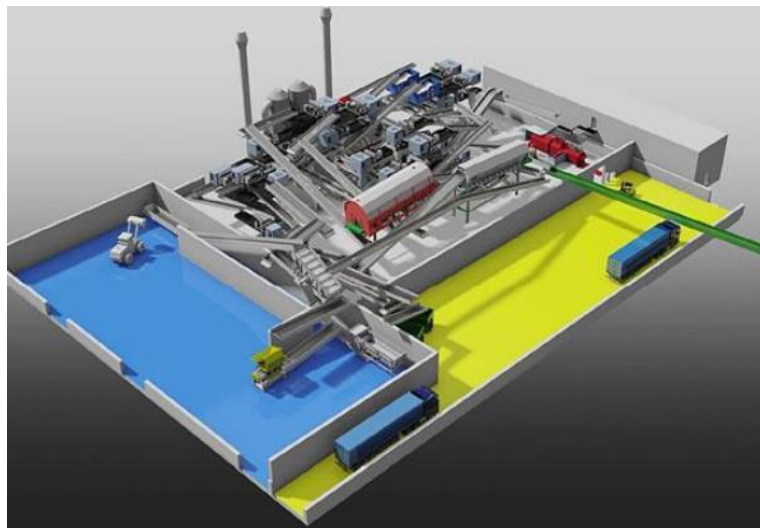
6.2 Mekanisk gjenvinning

Mekanisk gjenvinning omfavner mange ulike mekaniske prosesser som samlet muliggjør produksjon av nye produkter av utsortert materiale. I prinsippet er dette store industrielle anlegg som sorterer ulike typer avfall fra hverandre, eksempelvis plast, metall og papir. Sorteringen gjøres på mange forskjellige måter, men typiske maskiner er kverner, sikter, rister, ballistiske separatorer, sykkloner, magneter, NIR-maskiner og roboter. Det kan sorteres på blandet avfall eller en blanding av ulike plasttyper, Figur 13.

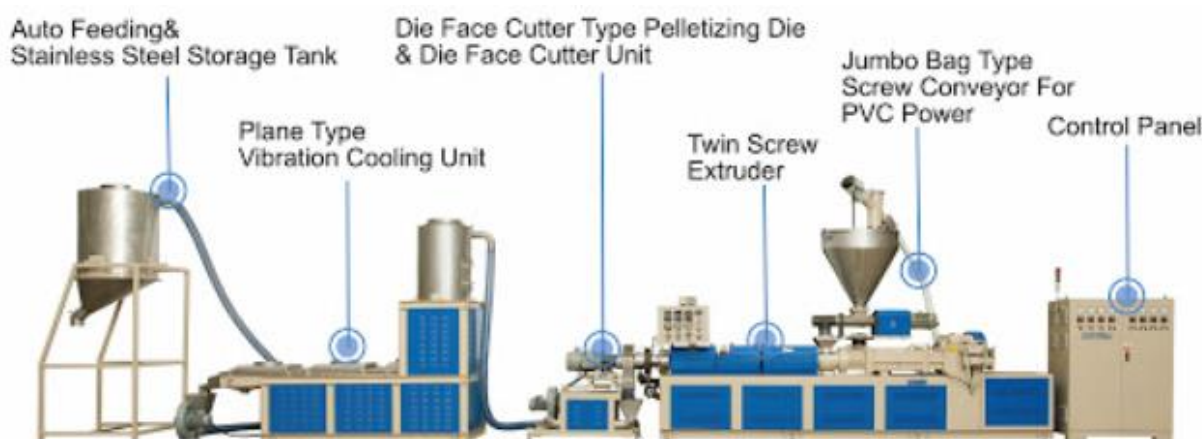
Transportbånd flytter materialet mellom de ulike maskinene som er plassert for å oppnå god sortering. Etter at rene plastfraksjoner er sortert følger nye steg som klargjør plasten for produksjon av nye produkter.

Plasten kvernes til flakes, vaskes og tørkes før den går videre til produksjon av pellets.

Pellets produseres ved ekstrudering, det vil si at flakes mates inn i en skrue som presser og smelter plasten mot en dyse som produserer en «tykk» tråd av plast som fortløpende kappes i små biter eller pellets. En slik ekstruderingsprosess er illustrert i Figur 14. Pellets går inn som råstoff i produksjon av nye produkter.



Figur 13. 3D modell av et typisk sorteringsanlegg med transportbånd og sorteringsmaskiner (Mepex, 2020b).

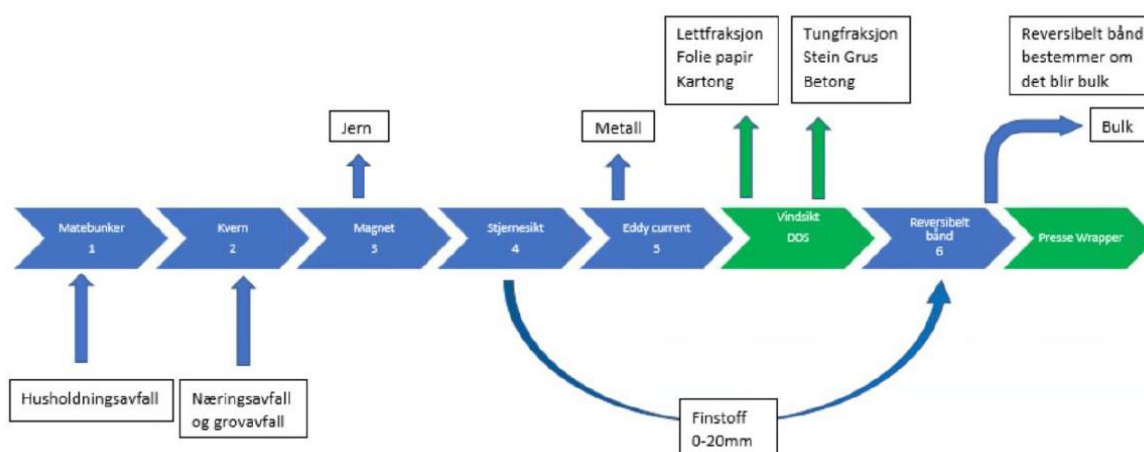


Figur 14. Ekstrudering og pelletering av plast, eksempel på prosess (Ngoc, 2022).

6.3 Norske ettersorteringsanlegg

Det er noen få industrielle ettersorteringsanlegg i Norge, hovedsakelig rettet mot husholdningsavfall hhv. ROAF og IVAR⁴. Anleggene er forholdsvis like ved at de sorterer ulike avfallstyper ut av restavfall ved hjelp av både rister, separatorer og sykkloner, men også mange NIR-maskiner. Hovedforskjellen er at IVAR anlegget går lenger, ved å produsere plastpellets basert på egen utsortert plast. ROAF anlegget sorterer kun ut rene plastfraksjoner og selger disse videre. Plastemballasje og andre plastprodukter fra byggeaktivitet, som havner i husholdningsavfallet via rehabilitering og oppussing, blir potensielt sortert ut og gjenvunnet ved IVAR og ROAF. Selv om det ikke er egne store anlegg for BA avfall i Norge i dag, kan teknologien under visse forutsetninger håndtere enkelte typer plastavfall fra bygg og anlegg.

Romsdalshalvøya interkommunale renovasjonsselskap (RIR) tester også utsortering av plast fra nærings- og grovavfall. Det benyttes i dag ulike type kverner og sikter, men en NIR-maskin er under implementering og skal sortere ut plast fra lettere fraksjoner (Høystakli, 2021). Figur 15 illustrerer dagens prosess som også tar ut plastfolie med vindsikt.

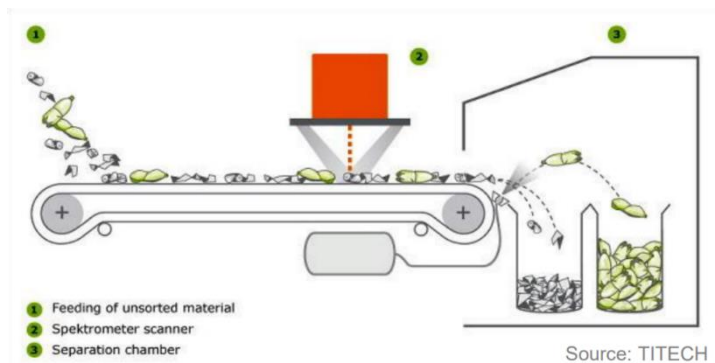


⁴ IVAR anlegget er midlertidig ute av drift på grunn av brann, høsten 2022.

Figur 15. Figuren illustrerer sorteringsprosessen til RIR (Høystakli, 2021).

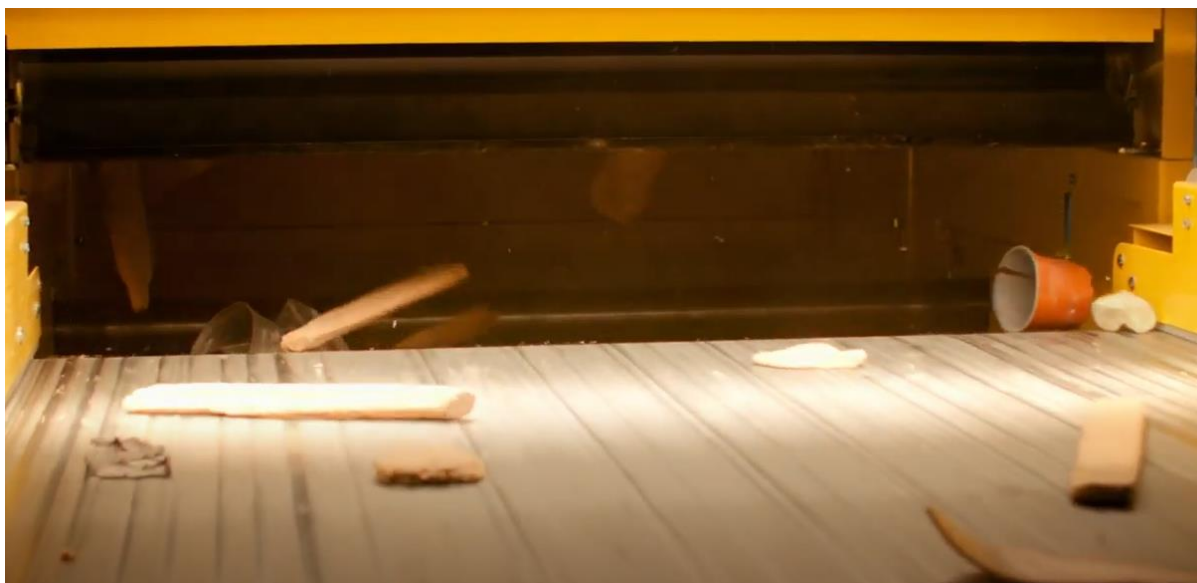
6.4 NIR sorteringsmaskiner

NIR-sorteringsmaskiner baserer seg på «nær infrarødt» lys som sendes ut og fanges opp av sensorer. Bølgelengden på det reflekterte lyset forteller sensoren hvilken type material som er belyst. En datamaskin vurderer om materialet skal separeres ut eller ikke, basert på operatørens ønske. Separasjonen gjøres ved hjelp av luftdyser på enden av transportbåndet som blåser ut det som skal sorteres.



Figur 16. Illustrasjon av hvordan NIR-sorterings maskiner fungerer (Titec, 2022).

NIR-teknologi, i kombinasjon med andre mekaniske sorteringsteknologier, er testet på blandet bygg og anleggsavfall i Europa. Ved riktig forbehandling og dimensjonering kan NIR teknologi sortere ut plast fra blandet restavfall eller renere fraksjoner, som en rengjøring av avfallstyper det ikke skal være plast i. Eksempelvis tunge masser til deponi, se Figur 17.



Figur 17. Bilde illustrerer enden av et transportbånd hvor trevirke fra blandet restavfall fra bygg og anlegg renses gjennom negativ sortering (Steinert, 2022).

6.5 Robotsortering

Noen norske sorteringsanlegg har tatt i bruk robotiserte gripearmer for å sortere ut spesifikke avfallsfraksjoner. Gripearmerne er spesialisert for å plukke gjenstander av ulik karakter. Hovedsakelig brukes enten ulike typer gripeklo eller sugeskopp. Anleggene med gripeklo kan sortere ut enheter opp til 20 kg og 1 m i lengde, og denne type anlegg er beregnet for næringsavfall og BA avfall med



6000 plukk i timen i 12 + 1 fraksjoner (tre roboter). Anleggene med sugeskopp egner seg for å sortere ut mindre og lettere enheter.

Robotene plasseres på et transportbånd, én, to eller tre i serie. Før gripearmen står det sensorteknologi som skanner og tar bilde av avfallet på transportbåndet. Denne informasjonen prosesseres i en datamaskin som gir roboten beskjed om hva som skal plukkes fra transportbåndet. Sensoren kan programmeres til å registrere materialets farge, 3D form, overflatestruktur, materialtype, plassering på båndet samt vekt og verdi. Robotenes største fordel er at de kan jobbe døgnet rundt så lenge det er tilgang på avfall. Tilgang på avfall løses ofte ved å bunkre avfall i walking floor kontainere med nok kapasitet til å mate roboten hele natta.

De største ulempene med robotsortering er kapasitet (antall plukk i timen) og høy investeringskostnad. På grunn av lav kapasitet brukes roboter ofte til negativ sortering, altså ta ut materialer som utgjør et problem i form av brannfare eller forurensing.

For bygg- og anleggsavfall er det ett anlegg i Norge som benytter roboter, Bjorstaddalen næring AS.

6.5.1 Bjorstaddalen robotsorteringsanlegg

Bjorstaddalen tar imot grovavfall fra næringsaktører som tømmes i en egen bingje. Store eller tunge gjenstander og folie plukkes ut maskinelt med gravemaskin og samles i egne kontainere. Resterende avfall mates på et transportbånd. Deretter tas metall ut med magnet, før en ballistisk separator sorterer ut folie, finstoff og en 3D-fraksjon.

3D fraksjonen går videre til en «walking floor» kontainer som mater sorteringsanlegget døgnet rundt. Mating av roboten foregår ved at avfallet transporteres oppover på et transportbånd som droppes på et nytt transportbånd med litt høyere hastighet som gir god spredning på båndet som fører avfallet til robotene.

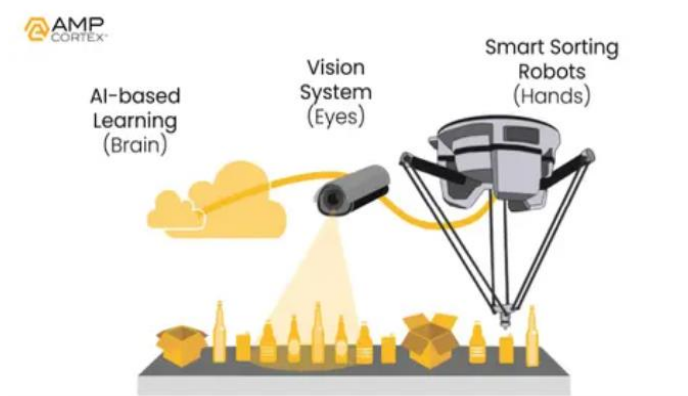


Figur 18 Bilde av gravemaskin som sorterer og legger avfall på transportbånd, Bjorstaddalen



Figur 19. Bilde av sorteringsrobot fra ZenRobotics som sorterer hard plast i fire fraksjoner (Zen Robotics, 2022).

Prinsippet med robotsortering er relativt enkelt. Avfall spres utover et transportbånd som scannes av en sensorenhet (vision system). Sensorenheten er en kombinasjon av ulike kamera, lys og metalldetektor teknologier. Informasjonen som fanges opp av sensorene bearbejdes i en lokal eller skybasert database, informasjonen presenteres for en datamodell som basert på AI og valgte parametere gir roboten beskjed om hva den skal gjøre.



Figur 20. Bildet illustrerer hvordan robotteknologi fungerer sammen med sensorer og AI for å sortere avfall på et transportbånd (cleantechnica.com, 2022).

6.5.2 Andre aktører og leverandører av anlegg med robotsortering

Det er flere europeiske selskaper som leverer roboter egnet for sortering av bygg- og anleggsavfall. Flere av disse anleggene kan sortere plast fra blandet restavfall etter mekanisk og manuell forbehandling. Robotens gripefunksjon tilpasses den avfallstypen som skal sorteres, er det som skiller de ulike leverandørene fra hverandre.

6.5.3 ZenRobotics

Den finske aktøren ZenRobotics er den ledende i Europa på robotsortering. Med sin spesialutviklede gripeklo (heavy picker) plukker de ut mange ulike avfallstyper. Roboten kan stilles inn på å sortere etter eksempelvis materialtype eller materialpris, avhengig av operatørens behov. Også ulike plastfraksjoner kan sorteres ut.

Det er i dag 7 offisielle ZenRobotics anlegg i Europa som sorterer på bygg- og anleggsavfall. Anleggene er bygget på sammen prinsipp som Bjorstaddalen.



Tabell 9. Liste over anlegg som sorterer bygg- og anleggsavfall med ZenRobotics teknologi i Europa (www.zenrobotics.com, 2022).

Aktør	Sted	Land	Avfallstype	Kapasitet (t)
Bjorstaddalen	Skien	Norge	C&D	150 000
Romeo	Raumo	Finland	C&D	120 000
Carl F	Malmö	Sverige	C&D	150 000
Sogreti	Geneve	Sveits	C&D	77 000
Lundstams	Jemtland	Sverige	C&D	-
Spross	Zürich	Sveits	C&D	180 000
Braley	Braley Sarl	Frankrike	C&D	-

Det er også andre aktører som leverer sorteringsroboter i Europa, fullstendig omfang og skala er imidlertid ukjent (Sarc, et al., 2019). Noen aktører fokuserer spesifikt på bygg- og anleggsavfall, mens andre fokuserer mer på mykere og lettere plastfraksjoner.

- Tomra Cybot – LDPE og mindre enheter HPDE.
- Waste Robotics – Tunge og lette fraksjoner som EPS, hard og myk plast.
- Recycleye – lette plastfraksjoner
- OP Teknikk AB - SELMA robot sorting – Bygg og anleggsavfall
- Sorting System Bellograf – lette plastfraksjoner
- Max Ai – lette plastfraksjoner

6.6 Kjemisk materialgjenvinning

Kjemisk materialgjenvinning betyr i prinsippet å bryte ned de lange molekylene i plasten, til monomerer som kan brukes som råmateriale i produksjon av nye plastmaterialer. I praksis smeltes plasten gjennom termisk nedbrytning med svært liten eller helt uten tilgang på oksygen der det lages olje som brukes til produksjon av ny plast.

6.6.1 Ulike teknologier

Ulike typer teknologier egner seg til ulike plasttyper og et utvalg av disse er illustrert i Tabell 10. For en mer omfattende oversikt se vedlegg 1.

Termisk krakking er en prosess for å omforme store molekyler til mindre molekyler. Molekylene varmes opp til rundt 800 grader med høyt trykk som bryter molekylene opp i mindre molekyler. Dobbelt- og trippelbindinger brytes slik at forbindelsene mettes, og resultatet er oljer og kull i fast form.

Mikrobølge pyrolyse er en teknologi der mikrobølger danner et elektromagnetisk felt som fører til dekomponering av molekyler. Dette skaper varme ved friksjon og bølgefrekvensen bestemmer



effekten. Materialenes opptaksevne legger føringer for oppvarming, derfor kan noe av materialet varmes mens noe holdes kaldere, styrt av frekvens (Hildonen, 2010).

Pyrolyse betyr spalting med høy varme (>300°C) uten tilgang på luft. Høyere temperatur gir bedre de-polymerisering (Martyana & Semiba, 2020). Prosessen går ut på å varme organiske forbindelser til temperaturer som bryter større molekyler ned til mindre bestanddeler som deretter går over til gassform. En prosess som ofte kalles «cracking». Deretter kjøles gassen ned slik at mesteparten kondenseres til pyrolyseolje. Prosessen genererer også et kull-lignende materiale samt flyktige gasser, bl.a. karbondioksid, karbonmonoksid og hydrogen. Denne restgassen omtales som syntesegass. Pyrolysetemperaturen avgjør fordelingen mellom kull, olje og gass. Ved høyere temperaturer dannes en større andel gass.

Gassifisering er en prosess som foregår i temperaturer mellom 800-1000 grader celsius i en gassgenerator uten tilførsel av oksygen, eventuelt med en kontrollert mengde oksygen eller vanddamp. Brenselet blir omdannet til syntesegass som håndteres videre i prosessen avhengig av sluttprodukt. (Hofstad, 2020).

Tabell 10. Oversikt over ulike typer kjemisk gjenvinning med status for modenhet, fordeler og ulemper (Martyana & Semiba, 2020).

Teknologi	Fordel	Ulempe	Modenhet
Termisk «cracking»	Fleksibel og passer for plast som er krevende å depolymerisere	Krever mye energi og har lav PVC toleranse. Produktet må ofte oppgraderes.	Kommersielt tilgjengelig
Mikrobølge assistert pyrolyse	Bedre kontroll på prosessen og jevnere temperatur i reaksjonskammer	Sensitiv for klorid og nitrogen som kan deaktivere katalysering av organiske stoffer.	Kommersielt tilgjengelig. Sapporo/Toshiba Japan
Konvensjonell gassifisering	Godt kjent teknologi egnet for blandet plast. Mulighet for nedbrytning av veldig spesifikke polymerer. Mulighet for mange gassprodukter.	Høy investerings- og driftskostnad. Produktgassen må oppgraderes/behandles. Dannelse av tjære og kull som må håndteres.	Kommersielt tilgjengelig. Enerkem, Edmonton, Canada, 100 000 tonn årlig

6.6.2 Muligheter og begrensninger for kjemisk gjenvinning

Kjemisk materialgjenvinning av plast møter EUs definisjoner for materialgjenvinning, men er per i dag en umoden teknologi som ikke er benyttet i nevneverdig grad til gjenvinning av plast fra bygg og



anlegg. Fordi kjemisk gjenvinning medfører høyt energibruk, vil de økte energiprisene i Europa være en barriere for denne teknologien i dagens situasjon.

Det er imidlertid relativt stor enighet i plastverdikjeden at markedet både for mekanisk og kjemisk materialgjenvinning av plast vil øke betydelig og sameksistere i de neste tiårene.

Plastmaterialer «slites» litt for hver gang det gjenvinnes med mekaniske prosesser, og vil til slutt ikke egne seg for nye produkter. Ved bruk av kjemisk materialgjenvinning kan platen omdannes til ny plast med samme egenskaper som nytt materiale. Kjemisk materialgjenvinning kan også bidra til å øke bruken av gjenvunnet plast til anvendelser som stiller kvalitetskrav på linje med nytt plastråstoff.

Fordi kjemiske materialgjenningsprosesser endrer den kjemiske strukturen til platen, har disse metodene potensial for å fjerne uønskede tilsetningsstoffer som i dag begrenser bruken av mekanisk gjenvunnet plast. Det gjelder for en rekke anvendelser som bl.a. plast med matkontakt og til medisinsk bruk. Samtidig kan uønskede, farlige komponenter skapes i produksjonsprosessen (Martyana & Semiba, 2020). Å kontrollere produksjonsprosessene slik at man unngår uheldige biprodukter er en viktig utfordring som må løses.

For å kunne produsere gode produkter av høy kvalitet, vil kjemiske materialgjenningsprosesser stille krav til renhet og kvalitet på plastavfallet som brukes som råstoff. I praksis betyr dette at plastavfallet må forbehandles gjennom sortering og vasking på samme måte som ved mekanisk gjenvinning. Eksempelvis er faktorene som påvirker materialers egnethet til pyrolyse kort omtalt nedenfor (Eggen E. a., 2020). Liste over grenseverdier for plasttyper og forurensing er å finne i vedlegg 3.

Polymerinnhold

Kjemisk gjenvinning har i dag høy toleranse for behandling av produkter i PP, PE, PS og gummi. Enkelte kjemiske komponenter gir produksjon av uønskede kjemiske stoffer, oksygen, svovel og klor. For bygg og anlegg er PVC en typisk utfordring.

Materialform

Noen materialformer er lettere å håndtere i prosessen enn andre. Plast med lav tetthet kan begrense kapasiteten. Folier og skumplast har høyt overflateareal som øker risikoen for forurensing og fukt. Disse plasttypene kan også være krevende å sortere mekanisk.

Fuktinnhold, forurensing og komposittmaterialer

Kjemisk gjenvinning er følsom for fukt og plastmaterialene må derfor tørkes før prosessering. Fukt gir dessuten lavere utbytte i prosessen. Noen emballasjeprodukter er kompositter av flere lag plast eller plast og papp som vil forurense prosessen.

Innhold av additiver

Additiver har ulik påvirkning på prosessen og mengden kan variere mye fra produkt til produkt. Additiver med klor, brom og aromatiske karboner kan gi gassutvikling, mens «carbon black» kan føre til produksjon av veldig fint støv.

6.6.3 Kjemisk gjenvinning i framtiden

For plast fra bygg og anlegg, kan kjemisk materialgjenvinning være en løsning for noen plastfraksjoner, gitt at de er sortert, rene og samlet inn på en god måte.

Renhet er en reell utfordring for plast fra bygg og anlegg, ettersom platen i stor grad er festet til eller integrert i andre materialtyper. Produktene kan være limt, stiftet eller festet sammen på andre måter. Avhengig av material og festemetode vil demontering være vanskelig og vil kunne medføre forurensing ved gjenvinning. Av de plasttypene som sannsynligvis kan gjenvinnes relativt enkelt kan



emballasje av LDPE-folie, LDPE duk, PE og PP produkter gjenvinnes kjemisk. Utfordringen er imidlertid å skille ut PVC.

For andre typer plast er det muligheter, i den grad kjemisk gjenvinning har et potensiale for å fjerne uønskede stoffer i prosessen. Dette kan gi håp for plast i eldre bygg, og plasttyper vi vet det er farlige additiver i, eldre EPS for eksempel. Selv om additiver også er en utfordring for noen kjemiske prosesser.

Samarbeid langs verdikjeden for plast er essensielt for å lykkes i å nå materialgjenninningsmålene. Informasjons- og erfaringsdeling mellom ulike aktører og bransjer kan være avgjørende for effektiv læring og modning av løsninger.

Mange allianser innenfor kjemisk materialgjenvinning har blitt offentliggjort de siste par årene og omfatter råstoffleverandører, pyrolyseteknologiselskaper, petrokjemiselskaper, plastråstoffprodusenter og merkevareeiere. Flere plastråstoffprodusenter og merkevareeiere har satt seg mål om å realisere kommersielle volum av plastmaterialer fra kjemisk materialgjenvunnet plast i løpet av den nærmeste femårsperioden (Syversen, et al., Materialgjenvinning av norsk plastavfall - 50 innen 2025., 2021).

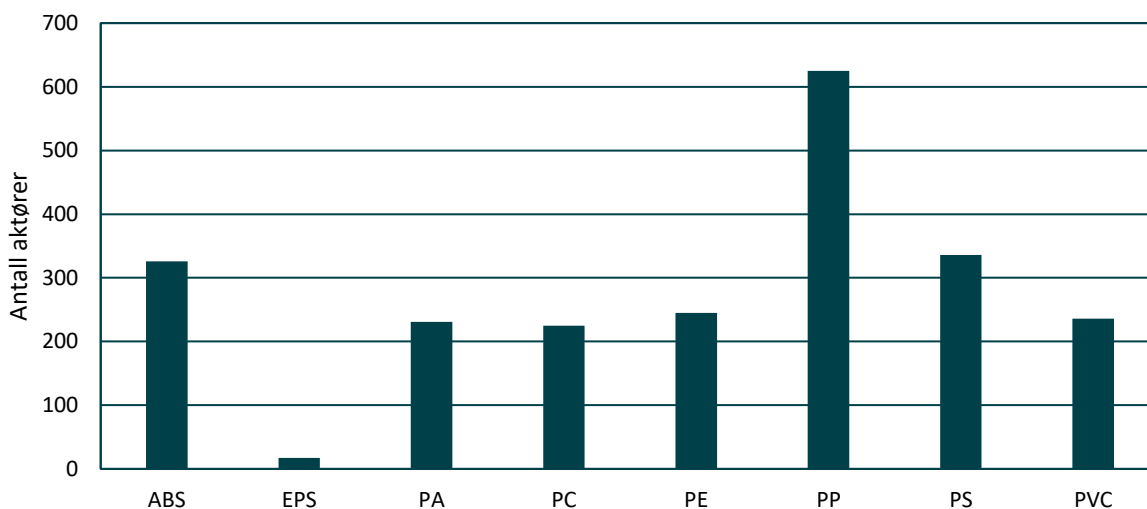
6.7 Sorteringsaktører i Europa

Det er svært mange sorteringsaktører på det europeiske markedet, som er stort og komplekst. For bygg og anleggsavfall er det laget et diagram som viser masseflyten av plastavfall fra bygg- og anlegg i Europa, jf. vedlegg 4.

6.7.1 Aktører innenfor mekanisk gjenvinning

Kartleggingen av europeiske gjenninningsaktører som håndterer plast fra bygg- og anlegg er basert på en europeisk database over gjenninningsaktører og tjenesteleverandører (ENF Recycling, 2022). Informasjonen i databasen har ulike datakilder som oppdateres og kontrolleres jevnlig. Det er i denne rapporten benyttet data om aktører som driver med plastgjenvinning generelt. På grunn av databasens omfang er det noe usikkerhet knyttet til om den har fanget opp alle aktører. Vi har komplementert databasen med, hovedsakelig Skandinaviske anlegg, som ikke var inkludert. I tillegg er det en del produsenter som tar inn produkter og gjenvinner i egen regi, disse fanges ikke opp av tidligere sitert kilde, men noen av disse er fanget opp under «take-back» ordninger, se også 6.8.2.

Basert på kartleggingen er det funnet mange bedrifter i Europa som er registrerte gjenninnere av de ulike plasttypene som er typiske for bygge- og anleggsbransjen. Figur 21 illustrerer antallet aktører som i databasen beskriver at de kan gjenvinne den enkelte typen plast. De fleste aktører tilbyr gjenvinning av flere plasttyper. I tabellen er det plukket ut plasttyper som er relevant for bygg og anlegg.

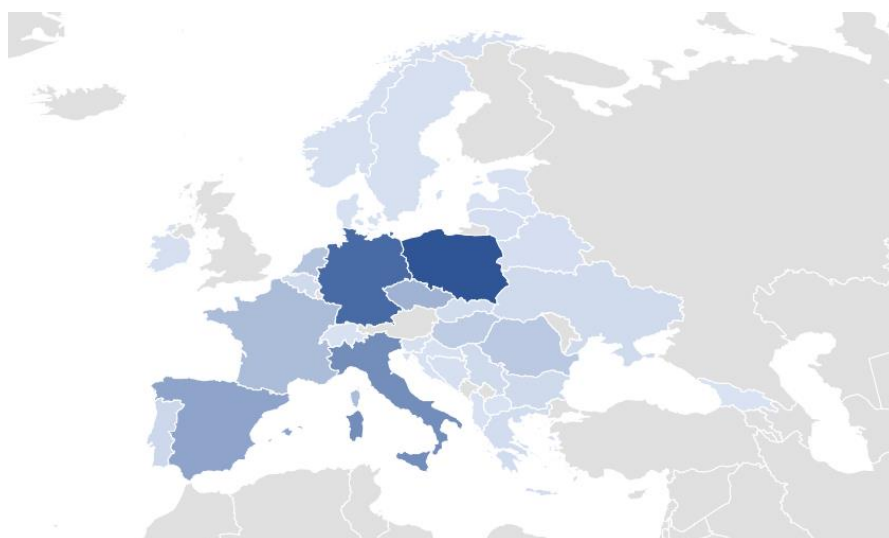


Figur 21. Antallet aktører som kan gjenvinne de ulike plasttypene, flere aktører kan gjenvinne flere plasttyper (ENF Recycling, 2022).

Kartleggingen representerer ikke bedrifter som utelukkende håndterer plast fra bygg og anlegg, men som sannsynligvis håndterer noe og/eller har kompetanse til å gjøre det. Resultatet indikerer at flere aktører kan gjenvinne avfallstypene vi kjenner fra bygg og anlegg, men det er usikkert i hvilken grad de gjør det i dag eller ønsker å gjøre det i fremtiden.

For polyuretan ble det ikke funnet noen aktører som er registrert i databasen. Det er imidlertid funnet noen mindre aktører som GreenMax, Pyrum Innovation og Converto AG. Sistnevnte leder et prosjekt med 22 industrielle partnere for å øke fokus på gjenvinning av PUR (The circular foam research program). Deres resultater viser foreløpig at kjemisk gjenvinning er den foretrukne løsningen for PUR. Dette er sannsynligvis årsaken til at PUR ikke er fanget opp i kartleggingen illustrert for mekanisk gjenvinning (Converto AG, 2022).

De fleste europeiske land har bedrifter som gjenvinner ulike typer plast. Polen, Tyskland, Nederland og Spania skiller seg ut med aktører som håndterer mange forskjellige typer plast, se Figur 22.





Figur 22. Varmekart - aktører i Europa som kan materialgjenvinne plast som er vanlig i bygg- og anlegg (ABS, EPS, PA, PC, PE, PP, PS, PVC.)

6.7.2 Aktører innen kjemisk gjenvinning

Den europeiske kjemiske industrien, plastråstoffprodusentene og deres europeiske bransjeorganisasjon, CEFIC, ser på kjemisk gjenvinning som avgjørende for at EU skal nå sine gjenvinningsmål, og er derfor sentrale pådrivere for disse teknologiene i Europa (Mepex, 2021a). Det er imidlertid ikke så mange aktører som driver i industriell skala. For pyrolyse er BASF i produksjon og har etablert flere strategiske samarbeid. Aktører som Quantafuel og Agilyx satser stort på plastavfall, sammen med andre aktører illustrert i Tabell 11.

Tabell 11. Liste over pyrolyseaktører, listen er ikke komplett da det er stor utvikling i denne næringen (Eggen E. a., 2020).

Gjenvinningsaktører	Nasjonalitet	Eksempel på råvarer	Strategisk samarbeidsparter
Quantafuel	Norge	Blandet post-consumer plast	BASF (og Vitol)
Plastic Energy	UK (Spania)	Blandet post-consumer plast	SABIC, Total, INEOS
Fuenix Ecology Group	Nederland	Blandet post-consumer plast	Dow Chemicals
Licella/Renew ELP	UK	Plast som ikke lar seg mekanisk gjenvinne, som laminater	Armstrong Chemicals
Recycling Technologies	UK	Folie, laminater, forurenset, kompleks plast	Total, Nestle, Unilever
Brightmark	USA	Blandet post-consumer plast	BP
AGILYX	USA	Styrene plaster, bl.a. EPS. Tåler forurensninger	AmSty/INEOS
Nexus Fuels	USA	PE, PP, PS	Shell
Klean Industries	Canada	PVC, PET, PE, PP, PS	Dow Chemicals

Andre teknologier for kjemisk gjenvinning er kun tilgjengelig som pilotprosjekter, men vil sannsynligvis komme på markedet for høy-kvalitets produkter i fremtiden. En liste over noen av disse umodne teknologiene og status følger som vedlegg 3.



6.8 Kartlegging av returordninger for plast i bygg og anlegg i Europa

6.8.1 Ombruk av plastprodukter

I Europa har det vært lite fokus på ombruk av plast fra bygg og anlegg, men ny datateknologi og digitalisering har satt fart på utviklingen og muliggjør nå høyere grad av planlegging for ombruk (Beatriz, Fernanda, & Kasey, 2020). Det er produkter som enkelt kan demonteres eller som er «standard» for ulike typer bygg anlegg som har det høyeste potensialet for gjenbruk. Eksempelvis dører, vinduer, teppefliser, systemhimling, m.m.

Enkeltprodusenter og aktører har de siste årene sett nærmere på nye forretningsmodeller for privat salg av enkeltprodukter, take-back ordninger eller leasing. Men det er ikke funnet noen store løsninger for ombruk spesifikt for plast fra bygg og anlegg i Europa. Plast inngår i ombruksprosjekter generelt, men som foreløpig har et begrenset omfang. Den viktigste utviklingen er kanskje digitaliseringen som muliggjør ombruk i fremtiden.

I Norge er det flere små, men også noen større ombruksprosjekter på gang, noen av prosjektene omhandler digitale løsninger for å tilrettelegge for ombruk, men andre tilrettelegger med fysiske arealer. Ingen har hovedfokus på plast. I tillegg er det noen byggeprosjekter som har spesielt fokus på ombruk generelt.

1. *Sirken* tilrettelegger for enkel ombruk i bygg- og anleggsbransjen. Overskuddsvarer fra byggeplass kan plasseres i «Sirken» sin kontainer. Kontaineren fungerer som et selvbetjent varelager dedikert til ombruk av overskuddsmateriell fra bygg- og anleggsbransjen. Varene kan kjøpes billig ved registrering med app og betaling med vipps, [lenke](#).
2. *Rehub* er et nettsted som kobler nøkkelaktører og automatiserer kompliserte prosesser med kjøp og salg av brukt byggemateriale. Rehub gjør dette med en åpen søkbar plattform som kobler forskjellige markedsplasser og databaser, [lenke](#).
3. *Madaster* er en digital plattform for registrering av materialer og produkter i et bygg basert på BIM bygningsmodeller eller annen innrapportering. Verktøyet tilbyr full oversikt med mulighet for rapportering og beregninger av sirkularitet, m.m. Verktøyet tilrettelegger også for ombruk av materialer når de aktuelle byggene skal rehabiliteres eller rives ved at informasjon om bygget er samlet og tilgjengelig, [lenke](#).
4. *AvOmbruk* er en plattform hvor materialer i eksisterende bygg registreres, for senere ombruk ved rehabilitering og rivning. Plattformen har en egen app som forenkler kartlegging av materialer, [lenke](#).
5. *Loopfront* er en teknologiplattform og kartleggingsverktøy som er utviklet for å oversikt over byggematerialer og inventar som kan ombrukes. Plattformen bidrar i flere ledd av verdikjeden, fra registrering av byggematerialer til salg samt databearbeiding knyttet til rapportering og materialpass, [lenke](#).
6. Salg av brukte produkter på *Finn.no*. Noen entreprenører velger å selge brukte varer fra eksempelvis rehabiliteringsprosjekter på Finn.no. Varer som takstoler, takplater, vindu og dører er typisk. Kjøpere møter opp på byggeplass hvor de skanner en QR kode som gir dem kontaktnfo til ansvarlig person på jobb.
7. *Sirkulær ressursentral* på Økern er et prosjekt som skal tilrettelegge for ombruk av materialer i byggsektoren ved å etablere en attraktiv mellomagrings- og videreformidlingstjeneste. Prosjektet har fått godkjenning for oppstart med lagertelt på



4500 kvm og store utendørs arealer. Prosjektet ledes av blant annet Pådriv AS, som også har åpnet en nasjonal kunnskapsarena for ombruk av byggematerialer med mål om samarbeid og kunnskapsdeling mellom ulike aktører i bransjen, [lenke](#).

8. *Lilleakerveien 4E*, Statkraft rehabiliteringsprosjekt hadde som mål å utforske og utnytte potensialet for ombruk av materialer. Basert på kartleggingsarbeidet ble det lagt en detaljert gjennomføringsplan og resultatet var at 50 % av materialene er ombrukt. Det omfatter både intern og ekstern ombruk av materialer fra prosjektet. Prosjektet viser at ved god planlegging og riktig kompetanse er det et stort potensial for ombruk ved rehabilitering, [lenke](#).
9. Ombruk på *gjenvinningsstasjon* blir mer og mer vanlig. Mange kommunale avfallsselskap har lagt til rette for gjenbruk, enten i form av butikk eller mottak med ulike nedstrøms avtaler. Et godt eksempel er Resirkula, hvor flere bruktbutikker baserer seg på ombruksartikler som kommer inn til gjenvinningsstasjonen, [lenke](#).

Ombruk er krevende og potensialet varierer mellom ulike prosjekter og faser knyttet til både type bygg, anlegg, byggeår, tekniske krav, produktvalg, m.m. Ved konstruksjon av nye bygg eller anlegg representerer plast avkapp, ubrukte plastmaterialer og plastprodukter det største potensialet for ombruk. Samtidig er det færre barrierer knyttet til tilsetningsstoffer og forurensing fra de nyere plastproduktene (Sormunen & Kärki, 2019). Ved rivning eller rehabilitering av bygg, spesielt eldre bygg, er ombruk mer krevende som følge av usikkerhet knyttet til additiver og forurensing av utsortert plast eller plastprodukter (Sormunen & Kärki, 2019).

6.8.2 Take-back ordninger

I «take-back» ordninger blir produkter eller avfall laget av spesifikke materialer samlet inn av produsent/ leverandør når de er ferdig brukt. Slike ordninger kan ha ulik organisering. Det er tre hovedtyper, enkel take-back ordning, leasing modell og depositumsmodeller. På grunn av plastprodukters varierende leve-/brukstid er det foreløpig den enkle «take-back» ordningen som er mest utbredt. Det innebærer at produsent selv henter tilbake produktene sine eller at avfallsbesitter leverer tilbake rene fraksjoner av ett produkt. Slike løsninger er normalt helt frivillig i dag.

Fordelen med «take-back» ordninger er at gjenvinner har god kontroll på kvalitet og renhet, og kan planlegge gjenvinningen med detaljert informasjon om produktets innhold og bestanddeler. Videre får produsentene et incitament til å lage holdbare produkter som varer lenge og som er designet for ombruk eller gjenvinning. Dette er spesielt viktig for produsenter med leasing/depositums ordninger.

Leasing/depositums modeller bygger på at produkter lånes ut mot en måneds kostnad eller depositum. Avtalen opphører og depositum utbetales når produktets levetid er nådd. Slike ordninger har naturlige økonomiske incitamenter, men er lite/ikke brukt i bygg- og anleggsbransjen i dag med unntak av møbler, kontorskillevegger og gulvbelegg som kan leases hos ulike leverandører. Et godt eksempel på leasing av gulvbelegg er Interface AS.

I en kartlegging utført av tyske forskere, ble det funnet 11 «take-back» ordninger for produkter og avfall knyttet til bygg- og anleggsbransjen, inkludert tonnasje (Bendix, Berg, Sebestyén, Ritthoff, & Perschel, 2021). Ordningene med beskrivelse av produkt, type plast og returprodukter er visualisert i Tabell 12, sammen med ytterligere take-back ordninger kartlagt i dette prosjektet. En mer detaljert tabell med leverandør, aktør, årlig tonnasje og kilder følger som vedlegg 2.



Tabell 12. Oversikt over "take-back" ordninger for noen plastprodukter. Full oversikt med aktører finnes som vedlegg 2.

Produkttype	Plasttype	Spesifikt produkt	Returprodukter
Gulvbelegg	Vinyl	Vinyl-belegg	Fjerner rester av lim og kverner belegget. Brukes i ny produksjon.
EPS produkt-emballasje	EPS	Emballasje	Forsortering og dekomponering. Nye EPS produkter.
EPS fiskekasser	EPS	Fiskekasser og emballasje	Nye materialer til bla bygg og anlegg. Manuell forsotering og demontering. Nye EPS produkter
Vindu og dører	PVC	Dører, vindu og blendere av PVC. Hentes av gjenvinner	Nye PVC profiler. Grov forsotering, separasjon av glass og metall, Nedknusning <20mm, vasking, tørking og ekstrusjon.
Takbelegg	PVC, EVA/PVC, PCF behandlet tekstil	Plasttak eller vanntettingsmembraner (rene) >90% PVC	Brukes til produksjon av beskyttende matter. Rengjøring og kutting under demontering, 1m brede strimler. Oppløses og rengjøring med filter. Forbehandling i vannbad, «Downcycling».
Plastrør	PE, PP, PVC	Ikke krysslinket, fiberarmert eller flerlags produkter.	Blir til nye produkter, men ikke for drikkevann eller gassrør. Sortering etter urenheter, manuelt. Kverning i stor mølle lager en mix av PE/PP og PVC 8-12mm, Rensing i «air classifier» renser urenheter.
Plastrør	PE, PP, PVC, PB, PEX	Ulike typer rør, flerlags produkter, kompositter, kabelisolasjon, elektriske rør etc.	Gjenvinning og ombruk for byggematerialer (rør, plater og kompositter). Utføres hos Reststofftechnik GmbH, automatisert sortering av plast med 99,9 % renhet. 5 tonn hver 8. time.
Produkter av PVC	PVC	Ulike plastifiserte produkter, skum, film, paneler, etc.	Gulvdekke Manuell sortering av ikke-PVC og uønskede materialer, shredder, magnetisk separasjon,



Produkttype	Plasttype	Spesifikt produkt	Returprodukter
			hammermølle, finkverning på 40 grader 400 micron, separerer grove partikler og PET fiber.
Gulvbelegg	PA6 + C2C sertifisert gjenvunnet kjerne	Teppefliser.	Teppefliser 76 % Lukket loop. Samler inn teppefliser som ikke er limt fast, men spikret etc. Separerer garn fra teppebasen. Disse gjenvinnes separat enten til ny PA& eller kjernemateriale.
Gulvbelegg	PA, PVC, Naturlig gummi og PVB	Tekstilgulv, vinylfliser og gummigulv.	Gjenvinning eller forbrenning Innsamling av tepper som er montert uten lim, kvalitetskontroll for ombruk, gjenvinning eller forbrenning
Gulvbelegg	Diverse	Tekstilfliser.	Ombruk. Reparasjon og rens før ombruk
Tepper	PP, PVC	Tepper og avkapp.	Downcycling til baselag for teppeproduksjon. Kverning, sortering, preparering av fibre og produksjon av baselag for nye tepper.
Plastfilm	PE-LD, PE-LLD	Plastfilm og rør.	Kverning, vasking og tørking før ekstrudering og pelletering.
Tepper	Alle typer tepper inkl. ukjente UTEN PVC	Tepper, matter og gulvbelegg.	Cradle to cradle. Nye produkter, EX PA6 garn til nytt garn. Rester blir til asfalt, takbelegg eller brennes med betong
Kabelplast	PEX	Kabler av PEX.	Kabeltrommel i en blanding av PEX og PP
Plastrør	Ny PP, PVC og PE	Plastrør, avkapp	Nye PP, PVC og PE rør.
Takbelegg	Bitumenholdig takbelegg	Takbelegg	Produserer Bitumen miks som brukes som innsatsfaktor i produksjon av asfalt



7 Juridiske og finansielle virkemidler

7.1 Avfallsrammedirektivet og andre rettsakter

EUs rammedirektiv fra 2008 setter krav til at 70 % av ikke-farlig bygg- og anleggsavfall skal «klargjøres» for materialgjenvinning (dvs. forberedelse til ombruk, materialgjenvinning eller annen gjenvinning som f.eks. tilbakefylling av betongavfall) i 2020. Kravet gjelder alt ordinært bygg- og anleggsavfall, men det er ikke fastsatt spesifikke krav til materialgjenvinning av ulike materialtyper i BA - avfallet, slik det er gjort for emballasjeavfall.

Til tross for at EU har implementert lovverk som skal øke materialgjenvinning av plast fra bygg- og anleggsbransjen, er det ikke felles forståelse av hvilke tiltak og incentiver som skal føre til måloppnåelse. For noen medlemsstater er målene allerede nådd, mens det i andre land er krevende å nå målene uten spesifikke incentiver (José-Luis Gálves-Martos, 2018).

Artikkel 9 i avfallsrammedirektivet indikerer at EU medlemmer skal ta grep for å forebygge avfall. Opprettelse av systemer for reparasjon og ombruk av bygningsmaterialer og bygningsprodukter nevnes spesifikt, sammen med en beskrivelse om at avfall skal forebygges med beste tilgjengelige metoder (EU kommisjonen, 2008).

I artikkel 11, avsnitt 1 i samme direktiv beskrives det at medlemsstatene skal tilrettelegge for uttak av plast ved rivning for å sikre materialgjenvinning av høy kvalitet (EU kommisjonen, 2008).

I protokollen “EU Construction and Demolition Waste Management Protocol fra 2016” står det at avfall fra riving, renovering eller bygging skal håndteres på en måte som reduserer risiko for helse og miljø. Protokollen lister flere spesifikke tiltak som bedrer kontrollen og kvaliteten på utsorterte materialer (Wahlstrøm, Bergmans, Teittinen, Bachér, & Padurant, 2020).

- Bedre identifisering av avfall, kilder og innsamling
- Forbedre logistikken
- Forbedre prosessene
- Etablere kvalitetskontroll

I «EU Waste Audit Guideline» fra 2018 beskrives prosesser og elementer som skal inkluderes i revisjonsprosesser. Revisjonene, som organiseres av eieren av en bygning eller infrastruktur, bør resultere i en oversikt over materialer og komponenter som oppstår fra (fremtidig) riving, dekonstruksjon eller oppussing prosjekter, og gi alternativer for styring.

Kommisjonen arbeider også med en byggstrategi som skal bidra til mer effektiv bruk av materialer og redusert klimapåvirkning fra bygg og anlegg. Strategien vil sammen med revidering av EUs forordning om byggevarer (EU 305/2011), krav om bruk av sekundær råvare, nye materialgjenvinningsmål mv. fremme mer sirkulære bygg (EØS – notatbasen).

7.2 EUs taksonomi

Taksonomien er en del av EUs New Green Deal, som er EUs oppfølging av Parisavtalen. Taksonomien er et klassifiseringssystem som skal legge til rette for at finansmarkedene kanalisere kapital til lønnsomme bærekraftige aktiviteter og prosjekter. Taksonomien omfatter en liste med økonomiske aktiviteter og kriterier som må oppnås for at virksomheten kan ansees som bærekraftig.



Systemet forbyr ikke investeringer eller aktivitet i selskaper som ikke klassifiseres som bærekraftig, men fastsetter bærekraftskriterier for aktiviteter som omfattes av kriteriesettet. Systemet har bl.a. til hensikt å forebygge grønnvasking og øke investeringer i bærekraftige aktiviteter og selskaper.

På denne måten kan taksonomien stimulere til investering i selskaper som kan defineres som bærekraftige og samtidig motivere de som ikke tilfredsstillter kravene til å jobbe mot tydelige krav (European Commission, 2022). Taksonomien har kriterier relatert til avfallshåndtering fra bygg- og anleggsvirksomhet, gjeldene både oppføring, renovering og rivning. Disse er tilgjengelige i «EU Taxonomy Compass» på kommisjonens hjemmesider.

Taksonomien har også kriterier og krav til produsenter og produkter som produseres, også produkter som brukes i bygg og anlegg. For produksjon av plast setter taksonomien kriterier til råstoff, noe som gir incentiver for økt bruk av gjenvunnet plast i nye produkter (Celcia, 2022).

7.3 Økodesigndirektivet

Økodesigndirektivet er et europeisk rammeverk for å fremme mer bærekraftige produkter, samt redusere klimagassutslipp og energibruk i EU. Det ble i mars 2022 fremmet et endringsforslag med spesifikke designkrav for produksjon og reparasjon.

Endringsforslaget omfatter en økning av omfang, slik at kravene gjelder alle fysiske varer som settes på markedet, ikke bare energi-relaterte produkter.

Videre foreslås det spesifikke krav på følgende hovedområder (EPRS - European Parliament Research Service, 2022):

- Økodesignkrav “durability, reliability, upgradability, reparability, m. m”.
- Informasjons og funksjonskrav
- Håndheve feilmerking
- Produktpass
- Aktører med over 80 % markedsandel kan foreslå egne økodesignkrav
- Krav om åpenhet om håndtering av varer som ikke er solgt
- Incentiver for bærekraftig produksjon

Av annet europeisk lovverk som indirekte påvirker plastbruk i bygg og anlegg kan følgende trekkes frem som relevante. Ingen har spesifikke krav knyttet til plast, men peker på gjenvinning, ombruk, helhetlige livsløpsvurderinger og organiske materialer:

- Energy Performance of buildings directive 2010/31/EU
- Fokus på energi og klimapåvirkning i bygg i et helhetlig livsløpsperspektiv, [lenke](#)
- EU strategien - En grønn bølge for Europa – nøkkelprinsipper inkludert endringsforslag av 14.10.22, [lenke](#)
 - Gjøre bygg til CO₂ lager ved å bruke organiske materialer, ikke plast. Helhetlig livsløpsvurdering for alle bygg som grunnlag for materialvalg.



- Inkluderer nye material- og energigjenvinningsmål for bygg og anleggsavfall innen 2024.
- Construction Products Regulation (EU) 305/2011 inkludert endringsforslag av 30.03.22, [lenke](#)
 - Endringsforslag om mer bærekraftig produksjon, ombruk og gjenvinning av bygningsmaterieill (European commission, 2022).
- Landfill directive 1999/31/EC, med kommende endringsforslag.
 - EU kommisjonen har som mål å endre målet om maksimalt 10% til deponi innen utgangen av 2024. Det reviderte deponidirektivet vil ha fokus på å løfte bygg- og anleggsavfall opp i avfallspyramiden, gjennom nye restriksjoner for deponering av næringsavfall som ikke er farlig avfall, samt medlemsstaters mulighet til å lage egne akseptlister på deponi av ikke-farlig avfall (European union, 2022), [lenke](#).

7.4 Norsk regelverk for bygg og anleggsavfall

Norge har i stor grad felles regelverk med EU for avfall og miljø. Det reviderte avfallsrammedirektivet vil innlemmes i EØS-avtalen. Dermed blir rettsaktens mål og krav bindende også for Norge. Norske myndigheter er da forpliktet til å gjennomføre EØS-relevante rettsakter i nasjonalt regelverk med hensiktsmessige virkemidler.

7.4.1 Forskrift om tekniske krav til byggverk - reguleringer

Gjeldene TEK 17 med endringer av mai 2022 er den mest relevante norske forskriften for bygg- og anleggsavfall. TEK 17 setter krav om at minimum 70 vektprosent av alt avfall for tiltak over gitte regler skal sorteres i rene avfallstyper, og alt avfall skal leveres til godkjent avfallsmottak, ombruk eller direkte til gjenvinning, jf. §9-8 Avfallssortering. Det er også krav om avfallsplan og rapportering etter §9-6 og §9-9, gitt gjeldende presisering bokstav a-d, angående prosjektets omfang (FOR-2017-06-19-840, 2022). Relevante mål og krav for bygg- og anleggsavfall er:

- Mål om sortering av 70 %.
- Bygninger skal designes og bygges slik at de senere kan demonteres for gjenvinning, innenfor visse økonomiske og finansielle rammer.
- Krav om beregning av klimagassutslipp i §17.1, også omfattende avfall.

TEK 17 hjemler også krav om miljøkartlegging og miljøsanering av bygninger i § 9-7. Bygningsdeler som betraktes som farlig avfall skal fjernes fra bygget før riving eller rehabilitering, og leveres som farlig avfall. Det betyr i praksis at en del plast blir levert som farlig avfall i Norge, for eksempel PVC gulvbelegg, skumplast, takfolie, EE-avfall og fugemasser.

Det er også andre reguleringer knyttet til bygg og anleggsavfall:

- Byggesaksforskriften regulerer dokumenteringsplikt for avfallsplaner miljøsaneringsplaner i tråd med TEK. Inkluderer også krav om rapportering på faktiske mengder (FOR-2010-03-26-488)
- Avfallsforskriften regulerer flere avfallstyper, og har et eget kapittel om bygg- og anleggsavfall, jf. FOR-2004-06-01-930, §§14-1 -14-7 og 14a.



7.4.2 Byggevarerforskriften (DOK)

Gjeldende byggevarerforskrift (DOK) FOR-2013-12-17-1579, med endringer av juli 2022 gir unntak til krav om dokumentasjon ved omsetning av brukte byggevarer som ikke er CE-merket, dersom det skal brukes i nytt byggverk. Kravet iverksettes med full virkning fra 1. juli 2023. Dette senker terskelen for ombruk av byggevarer (Zeiner, 2022).

7.4.3 Nasjonal strategi for sirkulærøkonomi

Den norske strategien bygger på EU sin sirkulærøkonomipakke fra desember 2015. Én av syv prioriterte verdikjeder i strategien er bygg og anlegg, jf. kapittel 12. Strategien viser til at sirkulærøkonomiske tiltak og økt bruk av fornybare materialer kan redusere CO₂ utslipp fra sektoren med 10 mill. tonn CO₂-eq (Klima- og miljødepartementet, 2021). Mer fornybare materialer gir en reduksjon i mengden fossil plast og er et relativt konkret endringsforslag i denne sammenheng.

7.4.4 Rapportering på ombruk av materialer fra bygg og anlegg

Fra 2023 og hvert 3. år fremover skal Miljødirektoratet rapportere på mengde ombruksmaterialer fra bygg og anlegg. Kravet kommer med implementeringsbestemmelse av rettsakten 2021/19 i direktiv 2008/98/EC (Avfallsrammedirektivet), gjeldende materialer og produkter til konstruksjon.

Det er foreløpig uklart hvordan denne reguleringen skal implementeres i Norge, og hvordan datagrunnlaget for mengdene til ombruk skal estimeres og rapporteres.

7.4.5 Oppsummering norsk lovverk knyttet til plast

På generelt grunnlag setter norsk regelverk kun gjenvinningskrav til hele avfallsstrømmen fra bygg og anlegg, ikke spesifikke krav til materialgjenvinning av plast. Lovverk, forskrifter og strategier inneholder generelle formulering og overordnede mål om gjenvinning, uten å spesifisere mål for mengder til ombruk eller materialgjenvinning av plast.

7.5 Sertifiseringsordninger

Relevante sertifiseringsordninger vil være incitament til bruk av byggevarer med lavere miljø- og klimaavtrykk, og bedre håndtering av bygg- og anleggsavfall. Teksten i dette kapitlet bygger på (Jensen, Møgedal, Thorstensen, & Wærner, 2022).

Det finnes flere ulike sertifiseringssystemer for bygg og anlegg. Noen av sertifiseringene krever detaljert dokumentasjon på miljøvalg, men er valgfrie. Følgende sertifiseringssystemer er aktuelle for bygg og anlegg:

- BREEAM
- BREEAM Infrastructure (CEEQUAL)
- FutureBuilt
- Svanemerket
- Level(s)
- ISCC plus sertifisering
- LEED og DGNB

7.5.1 BREEAM – NOR

BREEAM-NOR er den norske tilpasningen av BREEAM. Dette er et eget verktøy som er utviklet av Grønn Byggallianse i tett samarbeid med bygg- og eiendomsnæringen i Norge. Formålet er å motivere til bærekraftig prosjektering og bygging gjennom hele byggeprosjektet, fra tidlig fase til overlevert bygg.



Et BREEAM-NOR-sertifisert bygg får tildelt en av følgende nivåer: Pass, Good, Very Good, Excellent og Outstanding. Det blir gjort vurderinger i ni kategorier; ledelse, helse- og innemiljø, energibruk, transport, vann, materialer, avfall, arealbruk og økologi samt forurensning. Hver kategori består av emner med kriterier som kan oppfylles for å samle poeng.

Manualen BREEAM-NOR v6.0 kan benyttes til nybygg og totalrehabilitering av de aller fleste nybygg, men kan også brukes for rehabiliteringsprosjekter.

7.5.2 BREEAM Infrastruktur

BREEAM Infrastruktur (tidligere kalt CEEQUAL (Civil Engineering Environmental Quality assessment and award scheme) er et internasjonalt sertifiseringsverktøy for bærekraftig sertifisering av anleggsprosjekter, utviklet i England. Verktøyet er anleggsbransjens svar på BREEAM. Foreløpig er det ingen planer om å utvikle en godkjent norsk versjon av CEEQUAL.

Ordningen eies og styres av BRE Group, mens Grønn Byggallianse bistår med informasjon og kursing. Formålet med verktøyet er å fremme bærekraft og kvalitet i alle typer anleggsprosjekter, for eksempel veier, jernbane, havner, VA-prosjekter, kraftverk, parkanlegg, osv. Prosjekter kan sertifiseres for hele eller ulike faser av prosjektet; Strategy, Design og Construction.

Det benyttes bevisbaserte vurderingskriterier/påstander og ekstern verifisering for å gi et resultat som kan offentliggjøres og brukes for å måle bærekraft i et prosjekt. Det er også mulig å score innovasjonspoeng. Det blir gjort vurderinger i åtte kategorier; Ledelse, Robusthet, Lokalsamfunn, Arealbruk og økologi, Landskap og kulturarv, Forurensning, Ressurser og Transport.

Hver inndeling består av en rekke kriterier som kan oppfylles for å samle poeng. Avhengig av poengscoren, kan prosjekter oppnå en av følgende sertifiseringsnivåer: Unclassified, Pass, Good, Very Good, Excellent og Outstanding. Alle prosjekter som ønsker sertifisering, må ha en godkjent CEEQUAL assessor tilknyttet prosjektet. For å bli godkjent assessor, må man delta på et to-dagers kurs i regi av BRE group, samt bestå eksamen. Ved registrering av prosjektet hos BRE, tildeles prosjektet en «Verifier» fra BRE, som vil veilede assessor underveis, samt kontrollere og godkjenne den innsamlede dokumentasjonen/bevisene.

7.5.3 FutureBuilt – kriteriesett for sirkulære bygg

FutureBuilt er et program som varer til 2030 med visjon om å vise at det er mulig å utvikle klimanøytrale bygg og byområder med høy kvalitet, såkalte forbildeprosjekter. Forbildeprosjektene i FutureBuilt skal redusere klimagassutslippene med 50 % for byggene i et livsløpsperspektiv, både i byggefase og i drift. Satsingen omfatter nybygg og rehabilitering, områder og enkeltbygg, kommunale og private utbyggere.

Forbildeprosjektene skal gjenspeile byggevirksomhetens bredde av programmer og prosjekttyper.

Prosjektene som går inn i FutureBuilt forplikter seg til å oppfylle et sett med kvalitetskriterier, samt å dokumentere at disse kvalitetene oppnås. I praksis innebærer kriteriene at nybygg må oppfylle minimum nær null-, null- eller plussenerginiivå. For rehabiliteringsprosjekter er energikravene noe mer fleksible, slik at lavenergistandard kombinert med bruk av passivhuskomponenter kan være tilstrekkelig. Det må velges byggematerialer med lave klimagassutslipp i produksjon og avhending, og helse- og miljøfarlige stoffer skal unngås. God lokalisering, mobilitetsplanlegging og miljøvennlige transporttiltak skal redusere utslipp fra transport i forbindelse med bygget. Klimagasskravene dokumenteres med et klimagassregnskap i henhold til FutureBuilt sin metodikk og regneregler – FutureBuilt ZERO. FutureBuilt har også egne kriterier for bruk av plast (Hagen & Smith, FutureBuilt kriterier for plastbruk, 2022).



7.5.4 Svanemerket

Svanemerket har kriterier som brukes både på byggevarer og bygg. For nybygg vedtas skjerpede krav i januar 2023, med utvidede krav til klimagassberegning og andre klimatema, sirkulær økonomi, innneklima, miljømerkede produkter og biodiversitet.

Følgende typer bygg kan svanemerkes: eneboliger, hytter, flerfamiliehus, rekkehus, leiligheter, skoler (inkludert gymsal), barnehager og andre «undervisnings- og omsorgsbygg». Fra 2023 kan også kontorbygg svanemerkes. Oversikt over sertifiserte byggeprosjekter og lisensinnehavere for bygg finnes [her](#).

7.5.5 Level(s)

Level(s) er EUs tilnærming for å vurdere og rapportere om bærekraftsytelse til bygninger gjennom hele bygningens livssyklus. Ved å bruke eksisterende standarder gir Level(s)-rammeverket med indikatorer et felles system for bærekraftige bygg, som kan brukes direkte på byggeprosjekter og porteføljer, eller som grunnlag for andre initiativer, policyer, ordninger og handlinger, for å inkludere livssyklus tenkning og sirkularitet. Level(s) bruker så få indikatorer som mulig, med maksimal innflytelse for å levere bærekraft. Den sporer ytelse på tvers av de forskjellige fasene i et byggeprosjekt, for å gi et komplett bilde gjennom hele livssyklusen. Level(s) kan bidra til å bringe byggeprosjektet inn i en sirkulær økonomi. Systemet ligner på Miljøprogram/miljøoppfølgingsplan.

7.5.6 ISCC plus sertifisering

International Sustainability & Carbon Certification – ISCC - er en global organisasjon for sertifisering på ulike områder. ISCC PLUS er en frivillig sertifiseringsordning for plastindustrien, og gir en uavhengig og pålitelig bekreftelse på hvor råmaterialene i produktene kommer fra.

ISCC sertifiserer etter to prinsipper:

1. Fysisk segregering. Sertifiserte råvarer er fysisk separert fra andre råvarer gjennom hele verdikjeden.
2. Massebalanseprinsippet. Sertifiserte råvarer inngår i den samlede råvareflyten, men er regnskapsmessig dokumentert og kontrollert gjennom verdikjeden.

Sertifisering etter massebalanseprinsippet har blitt den rådende metoden i kjemisk industri de siste årene. Metoden har gjort det mulig å spore flyten av bestemte råvarer gjennom en kompleks verdikjede (Lilleslåtten, 2022).

7.5.7 LEED og DGNB

Det finnes flere typer klassifiseringer. LEED, DGNB og BREEAM er tre anerkjente systemer, hvor BREEAM er mest kjent i Norge, jf. kapittel 7.5.1. og 7.5.2. LEED og DGNB kommer fra henholdsvis USA og Tyskland, mens BREEAM er fra Storbritannia. Disse klassifiseringsverktøyene er i stor grad likt oppbygd. Av disse 3 er det bare BREEAM – NOR, som er beskrevet.



8 Barrierer for gjenvinning av plast fra bygg og anlegg

Basert på dialog med aktører og gjennomgang av litteratur, viser det seg å være flere barrierer knyttet til gjenvinningsløsninger for avfall fra bygg og anlegg, og hvorfor disse ikke er implementert i Norge. Barrierene er til stede i store deler av verdikjeden; hos produsent, på byggeplass, ved innsamling, ved sanering og materialgjenvinning.

8.1 Barrierer for plastgjenvinning ved sanering

Plastavfall fra sanering av bygg og anlegg skiller seg ut sammenlignet med annet plastavfall, ved at planlagt levetid er lang og at plastproduktene må tilfredsstille gitte byggetekniske krav. Historisk har disse kravene blant annet blitt møtt ved bruk av additiver, noen av disse har i ettertid vist seg å være helse- og/eller miljøskadelig. Fordi det ikke finnes god nok oversikt over innholdet av stoffer i eldre plastprodukter er usikkerhet en typisk barriere for gjenvinning (Valde, 2022).

Plastens bruk i bygningsmassen som saneres er en barriere for utsortering og klargjøring for gjenvinning. Det er spesielt tid- og kostnadsdrivende manuelt å plukke ut plastfraksjoner, og det lar seg ofte ikke gjøre med maskiner. Dersom det ikke er krav om utsortering av plast i saneringsplanen, blir plastavfallet normalt behandlet som restavfall, med mindre det er klassifisert som farlig avfall (Høidal, 2022).

Plastens egenvekt og mengde per prosjekt er også en potensiell barriere, spesielt for mindre prosjekter utenfor store byer eller langt fra mottaksanlegg. Kostnaden ved å transportere små mengder plast fra lokalitet til mottak gjør at det ikke prioriteres (Høidal, 2022). I tettbygde strøk beskrives manglende areal til containere som årsak til hvorfor ikke plast prioriteres som egen sorteringsfraksjon (Valde, 2022).

Materialenes sammensetning og byggemetode er også en barriere for materialgjenvinning. Plastprodukter limes, stiftes, fuges og pakkes inn i bygningsmassen som gjør demontering krevende, ineffektiv og gir lav kvalitet på det som sorteres (Christiansen, Johansen, Buchard, & Glarborg, 2022).

8.2 Etterspørselsbarrierer av gjenvunnet råvare

En viktig barriere for materialgjenvinning av plast fra bygg og anlegg er etterspørsel fra produsenter, av gjenvunnet returråvare. For produsenter av nye produkter vil den kjemiske komposisjonen av det resirkulerte materialet kunne være barriere for bruk som råstoff i ny produksjon. Tilfeldig forurensning, manglende dokumentasjon eller informasjon om mulige innhold av miljøfarlige stoffer er et problem og årsak til usikkerhet. Slik usikkerhet kan i seg selv virke som barriere for produsenter. En annen årsak til at produsenter bruker lite gjenvunnet plast, er frykt for at produktene ikke vil møte behov om stabil tilgang på et høyt volum av råvare av stabil og tilstrekkelig kvalitet. Prisen på framstilling av jomfruelig plast er i noen sammenhenger lavere enn prisen på framstilling av gjenvunnet plast. Sammen med prisstrukturen, som varierer i tid og mellom ulike typer plast, vil pris potensielt være en barriere for økt gjenvinning (European Commission, 2018).

Disse barrierene gjør at innsamlere opplever begrenset interesse for gjenvunnet råvare som fører til at sorteringen begrenses til et minimum (European Commission, 2018). Basert på dialog med aktørene i dette prosjektet virker det allikevel å være en endring i motivasjonen for å finne



løsninger, og det jobbes konkret med å etablere nye verdikjeder for økt sortering og bruk av gjenvunnet råvare.

8.3 Barrierer for ombruk av plastprodukter

Ombruk av byggevarer krever god planlegging og ressurser til å kartlegge hvilke produkter og materialer som kan ombrukes. Det er kostnadsdrivende og krever kunnskap som er betydelige barrierer i dag. Kunnskap er en barriere på flere områder, et gjelder også tilsetningsstoffer i produkter til ombruk. Kunnskapen om tilsetningsstoffer er krevende fordi markedet for additiver tilpasser seg hurtig nytt lovverk og analyse av innhold og eventuell risiko for enkeltstoffer tar tid å kartlegge. Dette er ytterligere beskrevet i 5 om tilsetningsstoffer.

Lite tilgjengelig areal trekkes frem som en generell barriere for gjenvinning (Valde, 2022). Det samme gjelder ombruk som er enda mer arealkrevende, da disse produktene må oppbevares tørt og ryddig slik at det er enkelt å hente ut igjen, enten ved salg eller videretransport.

Når materialer og produkter er tatt ut for ombruk, må det omsettes i et marked. I dag er markedet for ombruk av bygg- og anleggsprodukter umodent, men digitale plattformer, produktpass er eksempler på initiativer som kan få fortgang i prosessen.

8.4 Barrierer for gjenvinning av plast i loverket

For sanering av bygg har det europeiske loverket manglende incitament og krav for sortering og rapportering av plast (Christiansen, Johansen, Buchard, & Glarborg, 2022). Målkravet om sortering av bygg- og anleggsavfall i avfallsrammedirektivet gjelder alt bygg- og anleggsavfall men er ikke brutt ned på enkelte avfallstyper (European Commission, 2022).

Eksempelvis er juridiske standarder for bruk av sekundære råvarer fortsatt begrensende i de fleste applikasjoner for PVC rør på grunn av gamle standarder og kvalitetskrav (Recycling plastic pipes towards a circular economy, 2022). Dette er også typisk for andre plastprodukter (Christiansen, Johansen, Buchard, & Glarborg, 2022).

8.5 Barrierer for take-back ordninger

8.5.1 Plastrør

En av hovedbarrierene for at det ikke er innført take-back ordninger i større skala enn for avkapp, er at entreprenøren ikke planlegger godt nok ved bygging, rehabilitering eller sanering. Manglende planlegging gjør at det ikke er gode oversikter over rester, avkapp og hva som plukkes ut av plastrør ved renovering og sanering. Ifølge en av de største aktørene på markedet er digitale verktøy tilgjengelig, men de brukes i alt for liten grad.

Videre er det utfordringer med renhet og garanti for innhold i plastavfallet. Bransjen viser til kjemisk gjenvinning som en framtidig løsning, men kjemisk gjenvinning kan kun benyttes for rør som ikke er laget av PVC, jf. kapittel 6.6 om kjemisk gjenvinning.

8.5.2 Vindu

Vindu i tre med plastkomponenter er veldig vanlig på det norske markedet. Andelen plast er lav, men delene er mulig å ta ut for materialgjenvinning eller ombruk. Flere produsenter har testet take-back ordninger med reparasjon av enten vinduskassett eller profiler før videre salg. Vinduene er mulige å demontere og komponentene kan ombrukes i lignende vinduer.



En viktig barriere for hvorfor dette ikke er gjennomført i større skala, skyldes kvaliteten på vinduer som ombrukes, og hvordan kvaliteten skal kunne garanteres for den nye kunden. Allerede i dag er krav til eksempelvis u-verdier eller materialbruk med på å gjøre det vanskelig å ombruke vinduer i nye prosjekter. Eksempelvis peker store nordiske vindusprodusenter på regelverk knyttet til kvalitetskrav som ikke legger til rette for ombruk av vinduer.

PCB innholdet i eldre vinduer er også en barriere, da slike vinduer håndteres som farlig avfall. Ifølge ruteretur er det en nå nedgang i antallet PCB vinduer som samles inn, da de ble produsert i en begrenset periode (Ruteretur, 2021). Det samme gjelder KFK holdige vinduer produsert eller importert i perioden 1976-1980.

8.5.3 Isolasjon

Take-back ordninger basert på innsamling av EPS sortert på gjenvinningsstasjon eller hos andre kunder har blitt mer og mer vanlig. Vartdal Plast og BEWI er to av flere selskaper som tar tilbake gammel og «ny» EPS, og mye av EPS til bygg og anlegg er i dag basert på gjenvunnet råstoff.

Take-back ordninger for isolasjon fra bygg- og anlegg er foreløpig lite utviklet. Den største barrieren for take-back ordninger for EPS er krav til renhet. I bygg og anlegg brukes EPS i kombinasjon med flere andre produkter, eksempelvis utenpå støpt grunnmur dekket med løse masser, inne i vegger og tak eller i veikonstruksjoner. Utfordringen med renhet er mindre forbundet med produktrester (avkapp) fra nybygging, der gode sorteringsrutiner kan holde isolasjon ren og adskilt fra andre materialer.

Ved sanering eller rehabilitering er den største barrieren at det både er krevende og dyrt å plukke isolasjonen ren. I tillegg er det kostnadskrevende å transportere isolasjon som er voluminøs, noe som gir lite vekt på selv store biler.

I tillegg har mye eldre EPS additiver i form av miljøskadelige flammehemmere, som i seg selv er en barriere for gjenvinning. Spesielt når det ikke er mulig å garantere opphavet til EPSen.

8.5.4 Takbelegg

Takbelegg av PVC eller SBS modifisert bitumen har en levetid på rundt 30 år. Når takbelegget har nådd sin levetid legges det ofte nytt belegg over det gamle, fremfor å ta det gamle av før montering av nytt. I tillegg legges det ofte et nytt lag med isolasjon over det gamle taket på grunn av nye isolasjonskrav, noen ganger også nye typer tak. Ifølge bransjen kan dette gjøres opptil tre ganger på grunn av god dimensjonering av bærekonstruksjon i tak. Slike ordninger kan virke som barrierer for take-back ordninger av takbelegg.

Problemet er at når nytt tak legges på gammelt tak, gjerne sammen med ny isolasjon, blir det ellers «rene» produktet nå en kompositt av flere ulike produkter, som reduserer muligheten for gjenvinning. Videre blir det første takbelegget liggende så lenge at produksjonsprosessen sannsynligvis er endret slik at det ikke lenger er mulig å bruke det i ny produksjon.

Det betyr at dagens praksis med å legge nytt takbelegg på det gamle er en dårlig løsning for målet om økt gjenvinning, men gjøres da kostnaden er lavere sammenlignet med å ta av det gamle takbelegget først.

I utgangspunktet mener produsentene av takbelegg at sine tak kan plukkes av, kvernes og brukes som innsatsfaktor i nye produkter. Dette gjør produsentene med produksjonssvinn allerede.



9 Alternativer til plastprodukter

9.1 Innledning

Det vil bli krevende, men nødvendig å etablere gjenvinningsløsninger for plast fra bygg og anlegg i fremtiden. Fremfor å øke bruken av plast er det også mulig å se etter reelle alternativer til plast.

Tabellene på de neste sidene oppsummerer alternativer og tiltak som kan brukes innenfor hver hovedkategori og produktgruppe beskrevet i kartleggingen, jf. kapittel 3. Informasjonen i dette kapitlet er hentet fra kartlegginger utført i FutureBuilt prosjektene Kreftings gate 33 og Nedre Sem Låve, og er derfor basert på produkter og plasttyper som brukes i dag. Kartleggingen er utført av Context AS (Hagen, 2022).

Tiltak og alternativer presenteres i tre hovedgrupper:

1. Substitusjon
2. Sirkulært opphav
3. Sirkulær installasjon

9.1.1 Substitusjon

Dette innebærer bruk av ulike materialer som oppfyller de samme tekniske krav, eller som har den samme funksjonen i bygget, som plastproduktet. Substitusjon bør kun brukes når det alternative materialet har mindre påvirkninger på miljøet enn plastalternativet.

9.1.2 Sirkulært opphav

Dette innebærer bruk av ombrukt, resirkulert eller bio-basert plast.

9.1.3 Sirkulær installasjon

Dette innebærer montering og installasjon som tillater at de ulike materialene i bygget, ved framtidig sanering, kan separeres enkelt og helt fra hverandre, slik at hvert materiale kan sendes til en mest mulig høyverdig etterbehandling.

9.2 Isolasjon

Tabell 13. Kartlegging av alternativer til plast i bygg og anlegg, Isolasjon (Hagen, 2022).

Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
Isolering av gulv mot grunnen (ofte EPS eller XPS)	<p>Glassull kan brukes rundt fundamenter som må isoleres.</p> <p>Markplate av mineralull kan brukes mot terreng.</p>	Flere produsenter lager EPS med resirkulert innhold som kan brukes når plastfrie alternativer ikke er egnet eller har klimagassavtrykk som er for høyt.	Bør installeres med separasjonssjikt mot betong. Dette kan være diffusjonssperre, men fuktbestandig papp er bedre med hensyn til plastbruk. Kjemikaler og tilsetningsstoffer brukt i produksjonsprosesser bør sjekkes for å sikre at de ikke har skadelige miljøpåvirkninger.



Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
Noen isolasjonsplater for vegger bruker syntetisk harpiks (steinull ≈ 6% plast) eller (trefiberisolasjon ≈ 3% polyolefin) som bindemiddel	Bruk av blåst isolasjon som ikke inneholder bindemiddel.	Ingen alternative ikke-plastbaserte bindemidler er funnet på det norske markedet.	Mekanisk montering bør brukes så mye som mulig. Dette for å sikre mulighet for demontering.
Isolering av tak (ofte EPS)	Steinull eller tilsvarende.	Noen produsenter lager EPS med resirkulert innhold, opptil 100 %, Dette kan brukes når plastfrie alternativer ikke er egnet eller har klimagassavtrykk som er for høyt.	Bør installeres med separasjonssjikt mot betong, normalt diffusjonssperre.
Isolering av rør (inkl. noe limstoff)	Bruk av isolasjon med mindre eller uten plast.		

9.3 Takbelegg

Tabell 14. Kartlegging av alternativer til plast i bygg og anlegg, Takbelegg (Hagen, 2022).

Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
Taktekking	Noen asfaltbaserte takmembraner inneholder en andel plast, men merk at disse også ofte inneholder miljøgiften polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, er en bestanddel i råstoffet bitumen). Takshingel Kun bitumenbasert takmembran som kan være alternativet til rent plasttak.	Ombruk av taktekking på mindre sårbare partier av taket. 100% resirkulerte produkter er ikke funnet, men er forventer å utvikles i løpet av neste årene.	Taktekking installeres mekanisk fremfor å limes/sveises. Vanlig mekanisk innfesting i flere varianter finnes, også som ikke festes til undertaket.



9.4 Vindu og profiler

Tabell 15. Kartlegging av alternativer til plast i bygg og anlegg, Vinduer og profiler (Hagen, 2022).

Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
Pulverlakkering av utvendige takrenner og nedløp	Produkter med alternative overflatebehandling kan brukes.		
Vannrør	Kobber og rustfritt stål har blitt brukt før. Men kobber er ikke anbefalt fordi det er økotoksisk og en begrenset ressurs. Rustfritt stål bør utredes, særlig muligheter for ombruk eller materialgjenvinning.	Noen produsenter lager produkter av resirkulert plast. Tappevannrør har 2% resirkulert innhold og tilførselsrør med 7% resirkulert innhold.	
Ventilasjon	Galvaniserte kanaler og ventiler i stål eller aluminium. Metalutstyr pleier å ha høyere CO ₂ utslipp, og derfor bør resirkulert eller ombruksprodukter prioriteres selv om de er laget av plast.	Ombruk av plastventiler og andre plastbaserte komponenter (plastkanaler anbefales ikke ombrukt).	Gjennomføring tettes med gipsstøpt masse, mansjetter og/eller teip fremfor fugemasse.
Avløpsrør		Noe resirkulert og biobasert produkter begynner å komme på norsk markedet. Hallingplast produsere biobasert og resirkulert polyetylen rør som har ISCC PLUS sertifisering (International Sustainability and Carbon Certification).	

9.5 Andre produkter

Tabell 16. Kartlegging av alternativer til plast i bygg og anlegg, andre produkter (Hagen, 2022).

Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
Fuging og tetting av vindusåpninger			Mekanisk løsninger bør prioriteres f.eks. teip og



Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
			klemte lister fremfor fugeskum og fugemasser. Dytte glassull mellom karm og vegg.
Vindu med pulverlakkert aluminiumbeslag eller hele plastkarmer	Alternativer som bruker modifisert trevirke eller alternative overflatebehandling.		
Laminert glass (tynt plastsjikt)	Bruk av herdet glass kan unngå plast, men kan ikke bearbeides i etterkant noe som begrenser fremtidig ombruk.		
Radon beskyttelse		Noen radonsperre med resirkulert innhold er tilgjengelig i EU og på det britiske markedet. Haloproof har radonbrønner og rør i 100% resirkulert polyetylen.	Mekaniske eller klemte løsninger bør brukes fremfor teip eller tetteoffer.
Knotteplast som dreneringsløsning i kjellervegg	Der er noe dreneringsplater laget av mineralull.	Noe resirkulert knotteplast. produkter er forventet å bli tilgjengelig på norsk markedet i de neste årene.	
Armeringsstoler	Der er noen sementbaserte alternativer, men omfanget og konsekvensene må vurderes.		
Brannsikkerhet (inkl brannmaling og tetting av	Noen støpte løsninger tilfredsstillende brannsikkerhetskravene		



Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
bæresystem, innervegger)	f.eks. gipsmasse eller sement basert. To- eller flere lag med gipsplater er også godkjent som brannskille. Mineralull basert på glimmer (mica) er mulig i noen scenarier.		
Annen tetting (kabler eller rør gjennom vegger eller dekker)		Noen produkter har resirkulert innhold f.eks. Fugabella, som har 30% resirkulert innhold.	
Utvendig kledning og overflatebehandling	Noen plastfrie malinger er tilgjengelig for eksempel lin, kalk eller kalk-baserte. Beis og olje kan brukes på utvendig trekledning. Modifisert trevirke.		
Innvendig kledning og overflatebehandling (Vegg og himling)	Prosjekter kan bruke trekledning og mineralske eller naturlige overflater. Det er noe plastfri maling for innvendig bruk f.eks. kalkbasert.	Noen produsenter har produkter med resirkulert innhold f.eks AkzoNobel Evolve har 35% resirkulert innhold.	
Dampsperre i yttervegg og tak		Resirkulert eller biobasert plast kan brukes f.eks BEWI har en biobasert dampsperrer.	Dampsperre bør plasseres mellom bindingsverk og innvendig foring. Foring skrur for å unngå at det må limes.
Vindsperre	GU-plater (gips vindsperre) kan brukes		
Baderoms vanntetting			Membranduk bør benyttes fremfor smøremembran i våtrom.



Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
Elektriske kabler (ledning isolering og beskyttelse)	Mica (glimmer) isolasjon brukes som elektrisk isolasjon i utlandet. Det er foreløpig uklart om dette kan benyttes i Norge. Stål- og aluminiumsrør kan brukes i stedet for plast trekkerør, men bør ombrukes fra andre prosjekter på grunn av høyklimagassutslipp fra stålproduksjon.	Plastkanaler kan ombrukes.	Installeres i el-kanaler og kabelbroer fremfor innbygget i vegg. Tilførselskabler kan innstøptes i dekker.
Teknisk utstyr (armaturer, lysbrytere, styringskomponenter snøsmelteanlegg, varmepumpe)	Lysbrytere kan lages av metall eller trevirke. Begrenset med alternativer for annet teknisk utstyr	Brytere og stikkontakter kan ombrukes direkte fra andre prosjekter. Feil bestilling fra andre prosjekter kan kanskje klassifiseres som ombruk. Dette bør utredes i dialog med leverandører.	Grubber med innstøpte varmesløyfe for elektrisk snøsmelteanlegg.
Flisfugemasser (ofte inneholder polysiloksaner, noen er epoxybasert)	Mineralske alternativer (fuger mellom flisene kan ofte være sementbaserte, mens fleksible fugemasser benyttes i hjørner og overganger gulv/vegg)		
Gummi elementer	Naturgummi i stedet for syntetisk gummi, men disse er ikke værbestandig ved lave temperaturer. Bruk er begrenset til innvendig formål.		
Gulvoverflater som vinyl, linoleum med slitesjikt av plast, eller laminat	Plastfrie alternativer som slipt betong, flis, naturstein, heltre/parkett eller teppe av naturlige materialer.	Ombruk av vinyl kan benyttes i teknisk rom. Det er viktig å identifisere donor/kildebygg i prosjekteringsfasen.	Belegg legges uten lim.



Bruksområde	Substitusjon	Sirkulært opphav	Sirkulær installasjon
		Merk at ombruk kan hindres av kjemisk innhold i gammel vinyl (myknere, flammehemmere og/ eller asbest).	
Systemhimlinger (Pulverlakkering av T-profiler, plater behandlet med latex maling)	Treullsement eller andre tre basert paneler.		
Utvendig lyddemping		Resirkulerte produkter utvikles, ex: Traftech Silent, BD Samferdsel.	

Oversikten viser at det finnes produktalternativer uten eller med mindre eller plast. Det må forventes av flere alternative produkter vil komme på markedet i årene som kommer. Alternative produkter kan allikevel ha andre egenskaper enn det opprinnelige plastproduktet, så vurdering av alternativer må gjennomføres i det enkelte prosjekt ut fra hvilket formål produktet skal ha.



10 Klimagassvurdering av plastalternativer

10.1 Innledning

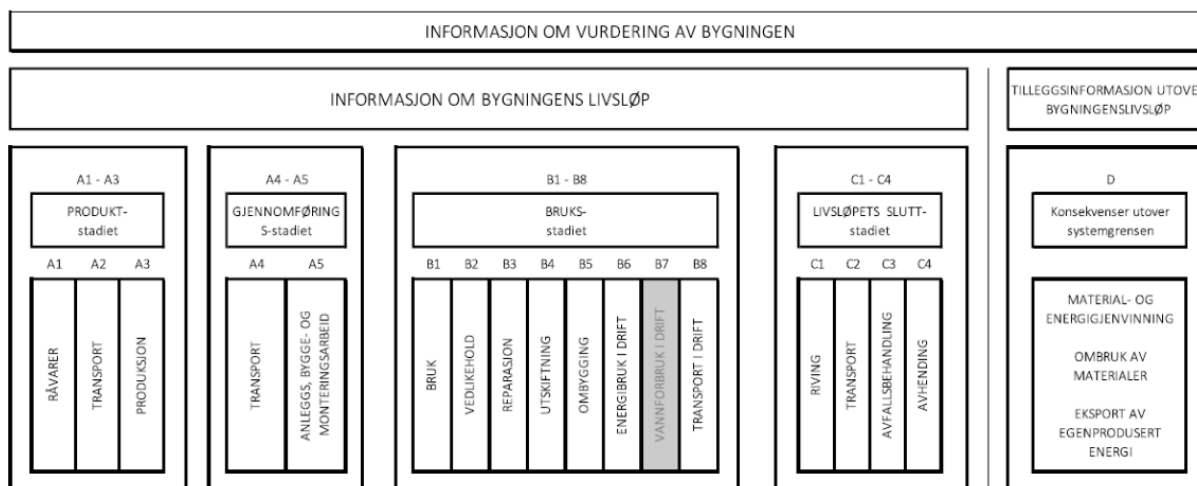
Utgangspunktet for dette kapitlet var å sammenligne et produkt med plast med et produkt uten plast. Men mange av produktene der hovedbestanddelen er et annet materiale enn plast, inneholder allikevel plast som tilsetningsstoff. Formålet er å vise om et produkt med plast har høyere eller lavere utslipp enn et produkt uten/mindre plast.

I utvelgelsen av produkter har man hatt til hensikt å være så konkrete som mulig med hensyn på bruk, slik at sammenligningen skal bli så reell som mulig. I programmet One Click LCA (One Click LTD Version: 1.0.0) ble det sammenlignet flere produkter/produsenter, og deretter tok vi utgangspunkt i et produkt som ble vurdert som typisk for produktgruppen, og med et klimagassutslipp «midt på treet». Klimagassutslippet for materialene ble deretter hentet fra produktets EPD (Environmental Product Declaration, Miljøvaredeklarasjon) og sammenlignet med et annet produkt som ble vurdert til å ha en likeverdig funksjon. Det finnes produkter med både lavere og høyere CO₂-utslipp enn valgte produkt og innenfor produktgruppen varierer produktenes egenskap, tykkelse, bruk etc, noe som også påvirker klimagassutslippet. I og med at konkrete produkters EPD er lagt til grunn kan det finnes andre produsenter som har enten høyere eller lavere utslipp for tilsvarende produkt.

For avløpsrør er klimagasskalkulatoren DIVA fra Asplan Viak benyttet. Denne henter klimagassutslipp fra LCA-databasen Ecoinvent v3.

10.2 LCA vurdering - avgrensning

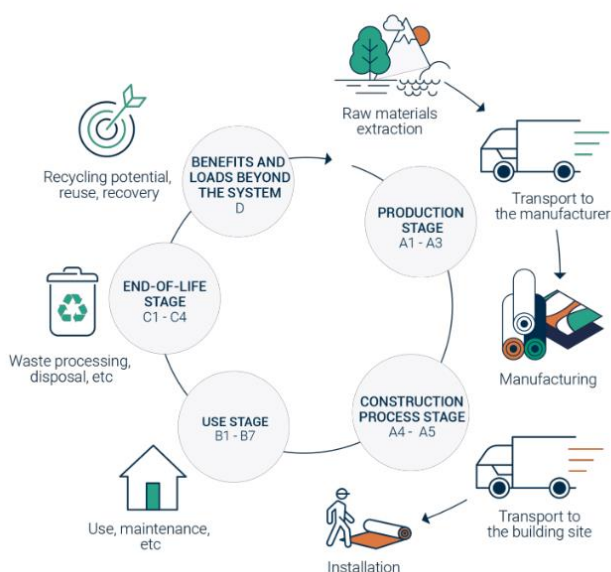
Figuren under viser de forskjellige livsløpsstadiene en LCA kan inneholde. I denne vurderingen er det valgt å kun se på livsløpsfasen «A1-3 Produksjon av materiale» («Vugge til port»).



Figur 23 Livssyklus for en bygning definert i NS3720:2018



LCA INFORMATION - EPD



Figur 24 Illustrativ visning av livsløpsstadiene, hentet fra EPD-S-P-01346 Tarkett iQ Vinyl

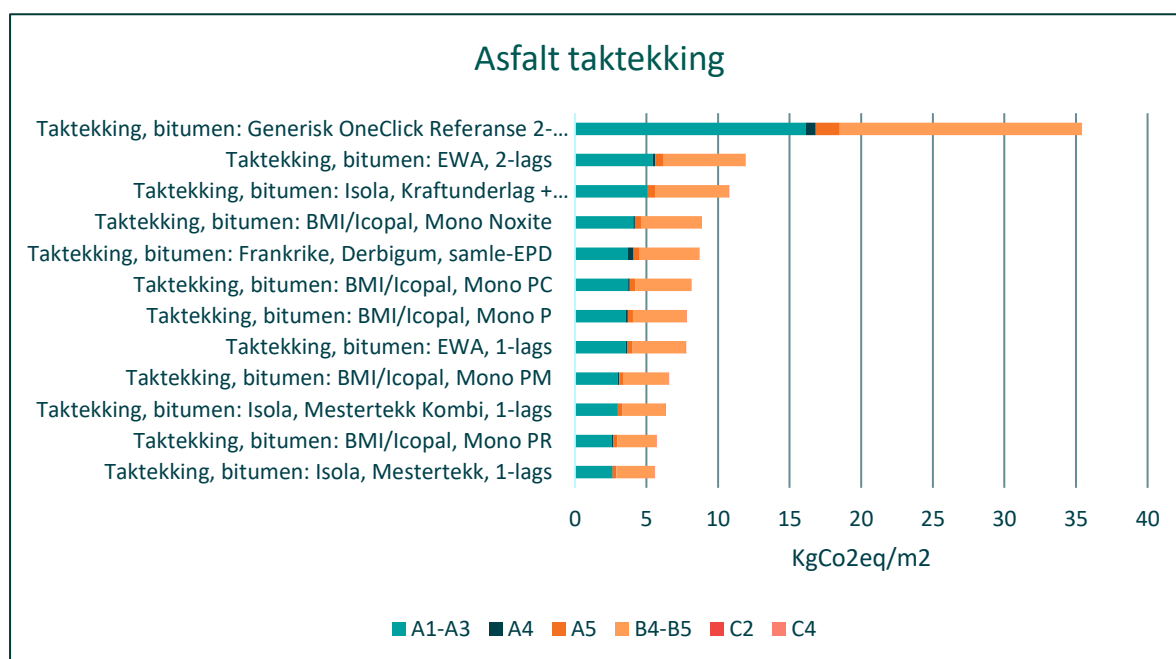
Vi har gjort følgende vurderinger rundt hvorfor vi ikke har inkludert de andre livsløpsfasene:

- **A4-5 transport og montering byggeplass:** Transport til byggeplass vil ha noe å si ved valg av konkrete produkter i et prosjekt. I hovedsak er produktene vi har valgt produsert i Norge eller Sverige (foruten Foamglas og linoleum som har produksjonssted hhv Belgia/Tsjekia og Italia), og utslippet for transport vil være forholdsvis likt.
- **B1-4 bruk og utskiftning:** B4 utskiftning vil ha noe å si når man beregner for et livsløp på f.eks 60 år. Vi har vurdert at produktene vi har sett på alle har forholdsvis lang levetid (30-40 år). Om man tar med en utskiftning av produktet vil ikke endre rekkefølgen på produktene ift utslipp.
- **C1-4 avhending:** C4 avfallshåndtering vil være en viktig parameter, men vi har valgt å ikke inkludere dette i denne beregningen. Utslippet som er medregnet på dette i EPD'ene er et øyeblikksbilde og viser produsentens løsninger pr i dag. Hvordan dette håndteres i fremtiden er vanskelig å si noe om nå, og det kan/vil forandre seg ved endt levetid for produktet. For produsenter som for eksempel har medtatt materialgjenvinning for sitt produkt i EPD'en nå, vil kunne medføre et bedre utslipp enn reelt, siden manglende produsentansvar medfører at ikke alt vil gå til materialgjenvinning. Selv om produsenten regner med at de kan materialgjenvinne for eksempel gulvbelegg og oppgir dette i C4, så er det langt fra alt gulvbelegg som går tilbake til produsenten for materialgjenvinning i dag.
- **D konsekvenser utover systemgrensen:** er normalt ikke inkludert i klimagassberegninger, men oppgis i en komplett beregning iht NS372, da dette er en positiv effekt av for eksempel materialgjenvinning.

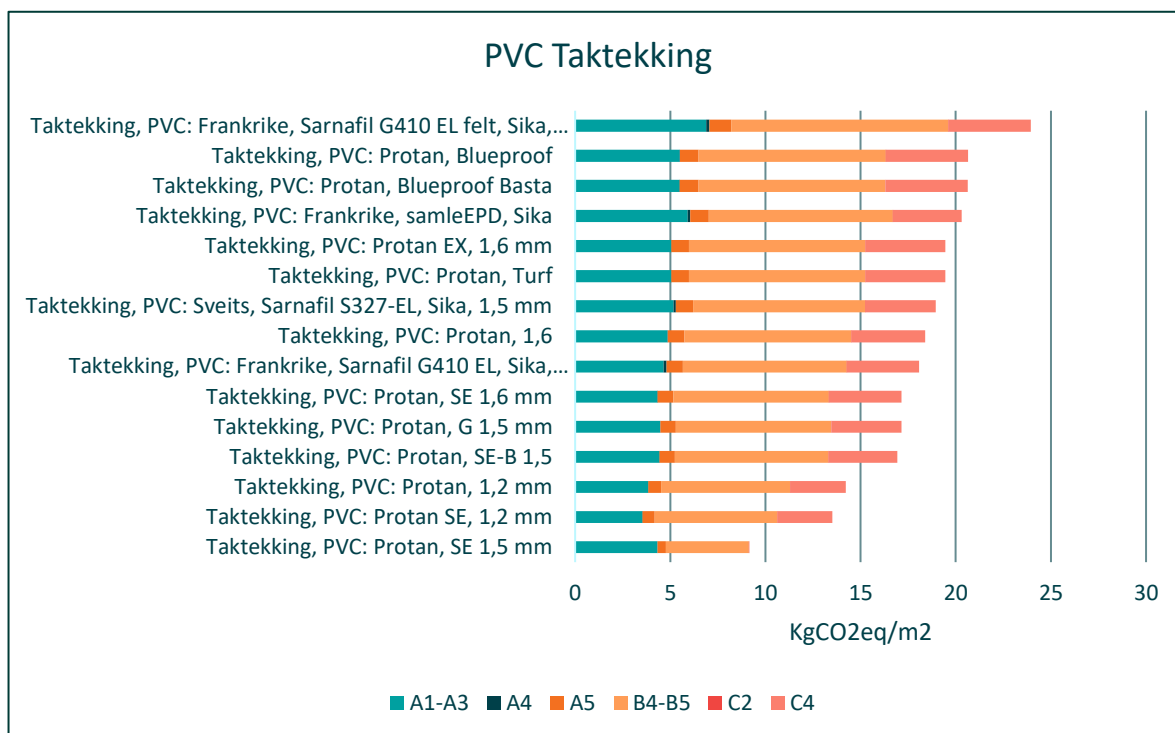


I EPDene er det forskjellig hvilke livsløpsfaser som er inkludert. Noen inkluderer kun «A1-3» (Vugge til port»), andre tar med noen flere av livsløpsstadiene og noen tar med alle («Vugge til grav»). Skal man ha med alle fasene, selv om dette ikke er oppgitt i EPD'en, kan man beregne utslippet i et beregningsprogram (For eksempel One click LCA) hvor de lager tenkte scenario der utslippene ikke er oppgitt i EPD'en. I Grønn materialguide (utviklet av Grønn byggallianse og Context AS) er det oppgitt et spenn for klimagassutslipp for forskjellige produkter og her oppgis også kun «A1-3».

Utgangspunktet for vår vurdering var våre oversikter over klimagassutslipp for forskjellige produkter hentet fra One Click LCA. I figurene under vises, som eksempel, utslippet for flere produkter innen produktkategorien takteking hvor alle livsløpsfaser er tatt med. Vi ser at ikke nødvendigvis rekkefølgen på produktene endres selv om utslippet blir høyere jo flere livsløpsfaser som er inkludert.



Figur 25. Sammenligning av kgCO₂/m² for ulike produkter, astalt takteking (Gimnes, 2022)



Figur 26. Sammenligning av kgCO₂/m² for ulike produkter, PVC takteking (Gimnes, 2022)

10.3 Funksjonell enhet

En funksjonell enhet (FE) er en kvantifisert presentasjon som benyttes til sammenlikninger av resultater fra klimagassberegninger fra ulike produkter (F. eks 1 tonn, 1 m² etc). Den funksjonelle enheten gjenspeiler funksjonen til produktet. Produkter skal kun sammenlignes over samme funksjonelle enhet (Kilde: NS3720/ NS-EN 15643-1:2010). Her er funksjonell enhet angitt under hvert resultat, se kapittel 10.4.

10.4 Hovedfunn etter LCA vurdering av alternativer

10.4.1 Generelt

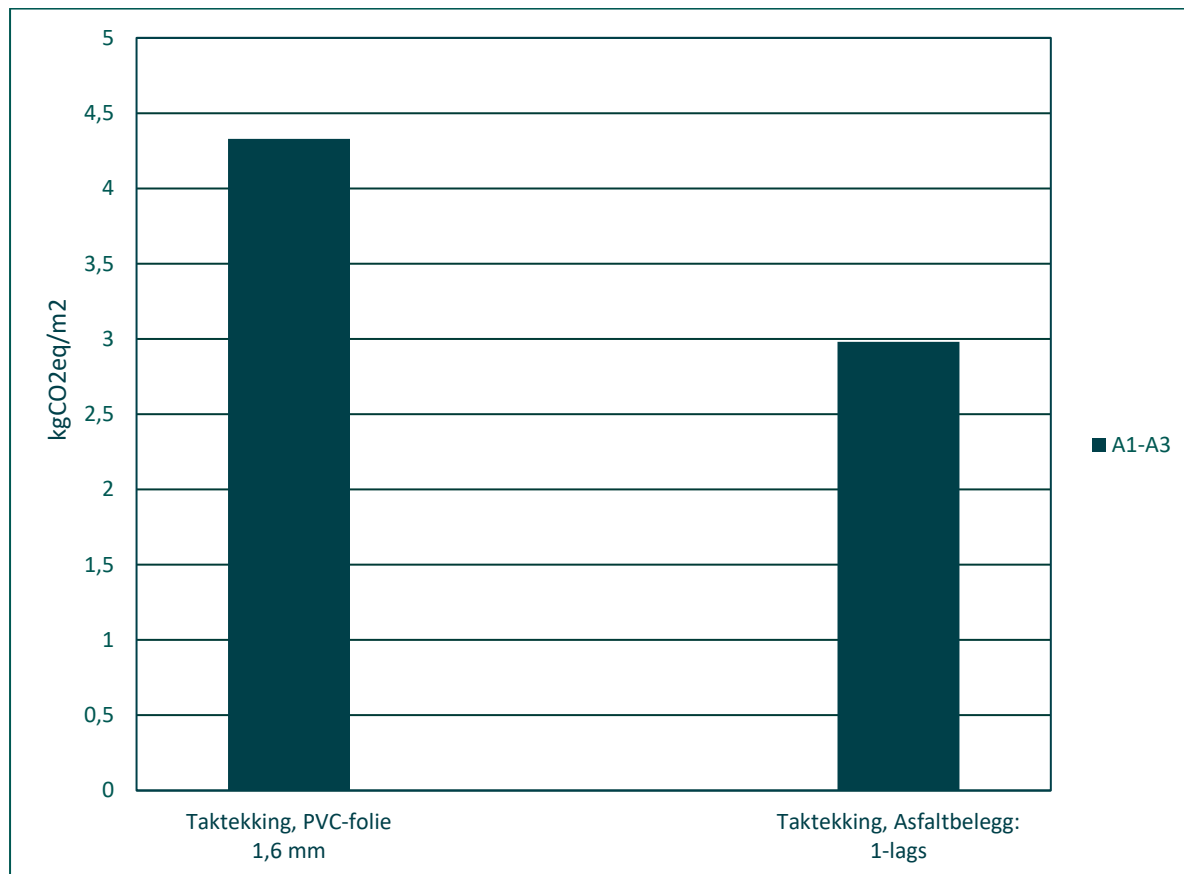
For takteking, isolasjon og gulvbelegg har rene plastvarianter det høyeste CO₂ utslippet, mens for vindsperre har alternativet uten plast høyere utslipp sammenlignet med plastalternativet. For avløpsrør har alternativet av betong et lavere CO₂-utslipp sammenlignet med plastalternativet i ren PVC.

På grunn av usikkerhetene/avgrensningene nevnt ovenfor, vil ikke denne vurderingen gi et eksakt svar og flere forhold bør vurderes for hvert enkelt brukstilfelle. Det er også viktig å ta i betraktning en komplett konstruksjon med alle materialer som eventuelt inngår i denne, samt å vurdere om alternative konstruksjoner er bedre egnet for å kunne redusere plastbruken. Figurene under gir allikevel en indikasjon på forskjeller i klimagassutslipp mellom produkter med og uten plast.

10.4.2 Taktekking på flatt tak: PVC og Asfaltbelegg

I Figur 27 sammenlignes to alternative taktekkinger. PVC-folie er 100 % plastbasert, mens asfaltbelegg har plast som en del av stammen. Alternativet er derfor ikke helt uten plast, men med mye lavere andel enn PVC-folien. Funksjonell enhet er 1 m² takbelegg.

Figuren illustrerer at rent PVC-folie har noe høyere utslipp sammenlignet med asfaltbelegg.

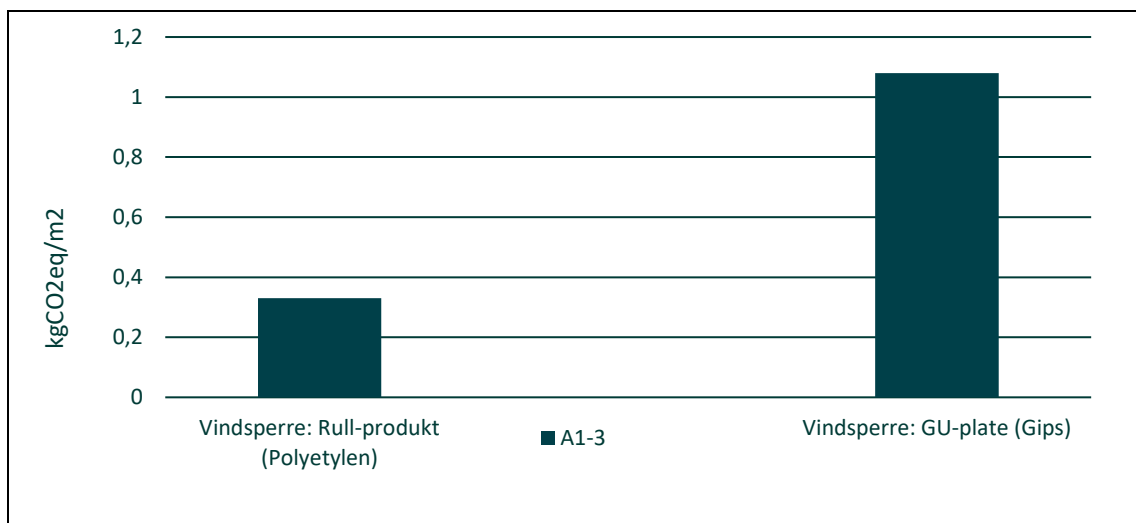


Figur 27. Sammenligning av kgCO₂/m² for PVC-folie og asfaltbelegg (Gimnes, 2022).

10.4.3 Vindsperre: Vindsperre på rull og GU-plater

I Feil! Fant ikke referanseilden. sammenlignes to alternative vindsperrer, Polyetylen-duk og GU-plate av gips. Her har gips-produktet høyere CO₂ utslipp enn plastproduktet. Dette kan skyldes at noen typer GU-plater inneholder små mengder plast. Polyetylen-duk krever også materialer til avstivning, som ikke er inkludert her, for å få lik funksjon som GU-platen, så denne vil reelt sett ha et høyere klimagassutslipp.

Funksjonell enhet er 1 m² produkt.

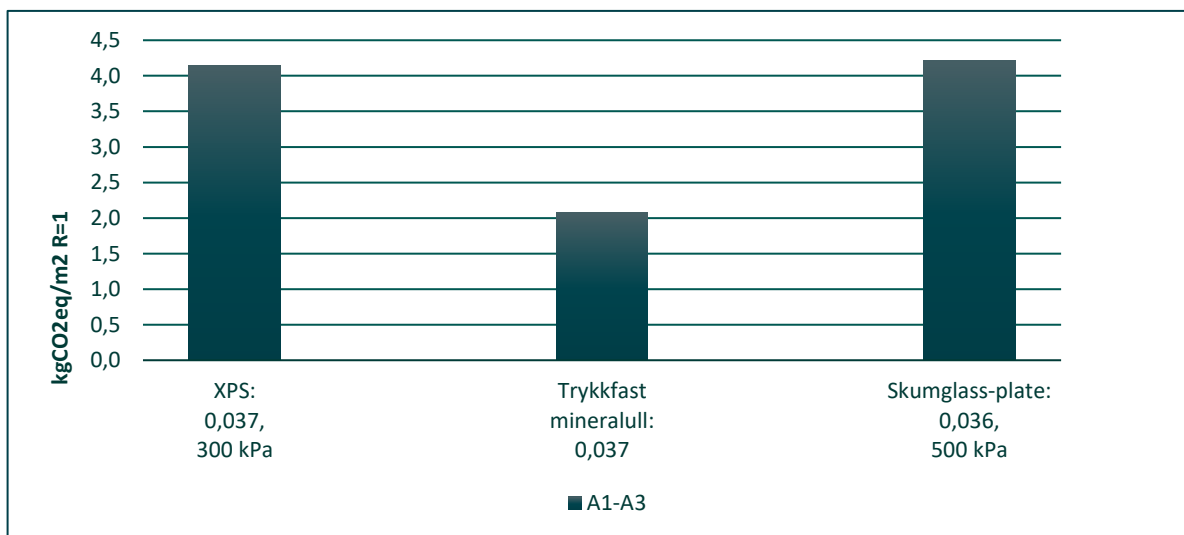


Figur 28. Sammenligning av kgCO₂/m² for vindsperre på rull og GU-plater (Gimnes, 2022).

10.4.4 Utvendig isolasjon på kjellervegg: XPS, trykkfast mineralull og skumglass-plate

Feil! Fant ikke referanseilden. sammenlignes tre ulike typer isolasjon. XPS er 100 % plast, trykkfast mineralull kan inneholder spor av plast eller kan ha et plastbelegg, mens skumglass er et plastfritt alternativ. Figuren viser at trykkfast mineralull har lavest CO₂ utslipp ved sammenligning av samme isolasjonsevne.

Funksjonell enhet er 1m² produkt med varmemotstand R=1.



Figur 29. Sammenligning av kgCO₂/m² for isolasjon i kjellervegg av XPS, trykkfast mineralull og skumglass-plate (Gimnes, 2022).

10.4.5 Gulvbelegg i stue: Vinyl, linoleum og tregulv

Feil! Fant ikke referanseilden. illustrerer en sammenligning av tre ulike gulvbelegg for bruk i for eksempel stue. Linoleum har det laveste CO₂ fotavtrykket sammenlignet med vinyl og heltre gulv, der vinyl har det høyeste. Gulv er et produkt hvor bruksslitasje og vedlikehold kan ha stor påvirkning på en helhetlig LCA vurdering. Funksjonell enhet er 1m² gulvbelegg.

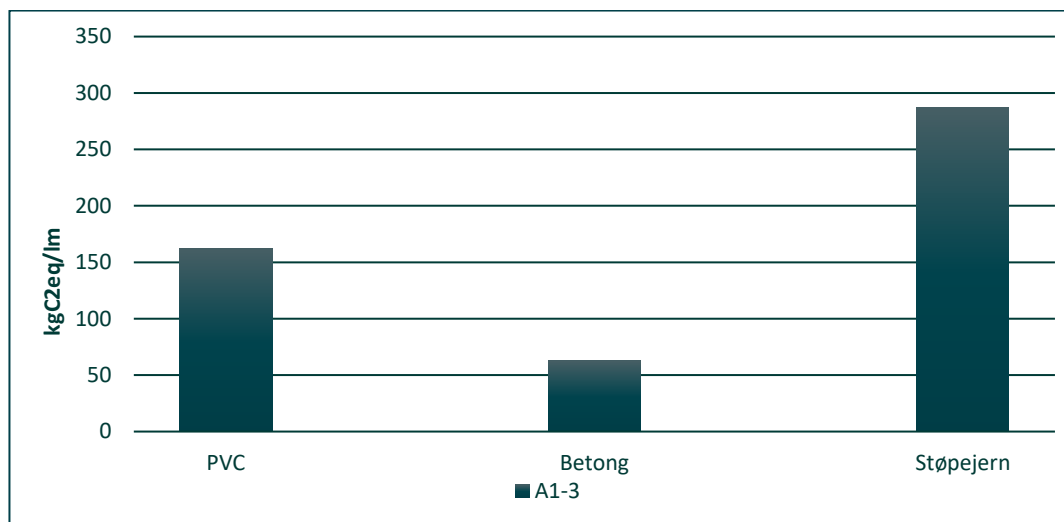


10.4.6 Avløpsrør: PVC, betong og støpejern

Feil! Fant ikke referanseskilden. sammenligner plastrør med to alternativer; betong og støpejern. Rør av betong har lavest utslipp, støpejern har det høyeste og PVC avløpsrør ligger midt mellom de to alternativene.

Det er også valgt her å kun se på/sammenligne hovedmaterialet (i dette tilfelle rørmateriale) og ikke andre materialer som er nødvendig for en komplett konstruksjon.

Funksjonell enhet er 1 løpemeter rør med $\varnothing 600\text{mm}$.



Figur 30: Sammenligning av kgCO₂/m² for Avløpsrør av PVC, Betong eller støpejern (Gimnes, 2022)



11 Bibliografi

- Adam, J., Curtis, A., Pomberger, R., Sarc, R., & Lackner, M. (2017). *Single Stage Processing*.
- Ahlm, M., Boberg, N., Hytteborn, J., Miliute-Plepiene, J., & Nielsen, T. (2021). *Kartläggning av plastflöden i byggsektorn. Råvara, produkter, avfall och nedkräpning*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Arzton. (2019, 09 01). *Doors and Windows Market in Europe - Industry Outlook and Forecast 2020-2025*. Retrieved from Arizton Advisory and intelligence: <https://www.arizton.com/market-reports/europe-door-and-window-market>
- Avfall Norge. (2018). *Bransjenorm for nedgravde renovasjonsanleg - Finansiering, Eierskap og Drift*. Oslo: Avfall Norge.
- AZO materials. (2022, 13 06). Retrieved from History of Vinyl flooring: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1018>
- Beatriz, Fernanda, & Kasey. (2020). *4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams*. Elviseer.
- Bendix, D. P., Berg, D. H., Sebestyén, J., Ritthoff, M., & Perschel, L. (2021). *Promoting the high-quality recycling of plastics from demolition waste and enhancing the use of recycled materials in construction products in accordance with the European Plastics Strategy*. Ressortforschungsplan of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Bøyesen, B. (2022, 05 09). *Bruk av EPS i Norge, i dag og før*. (E. L. Mikkelborg, Interviewer)
- Celcia. (2022, 04 03). *Celcia.io*. Retrieved from Can manufacture of plastics be sustainable under the new EU taxonomy requirements?: <https://www.celsia.io/blogs/can-manufacture-of-plastics-be-sustainable-under-the-new-eu-taxonomy-requirements>
- Christiansen, T., Johansen, M., Buchard, M., & Glarborg, C. (2022). *Closing the material loops for construction and demolition waste: The circular economy on the island Bornholm, Denmark*. København: Elviseer.
- Converto AG. (2022, 09 29). *Recycling today*. Retrieved from <https://www.recyclingtoday.com/article/polyurethane-plastic-recycling-europe-covestro-alba/>
- De Sadeleer, I., & Lerche Raadal, H. (2019). *Bærekraftig plast - forprosjekt*. Fredrikstad: Østfoldforskning.
- Eggen, E. a. (2020). *Muligheter for pyrolyse av blandet plast*. Oslo: Handelens Miljøfond.
- Eggen, S., & Lystad, H. (2021). *Reduced littering from expanded plastics - Mapping and evaluation of measures*. Oslo: NorWaste.
- ENF Recycling. (2022, August 08). *ENF recycling, World's largest directory of recycling companies*. Retrieved from Plastic recycling plants directory: <https://www.enfreycling.com/directory/plastic-plant>



- Entreprenørforeningen for bygg og anlegg. (2019). *Vi bygger en bærekraftig fremtid*. Oslo: EBA.
- EPRS - European Parliament Research Service. (2022, 10 31). *www.europarl.europa.eu*. Retrieved from EU legislation progress: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733524/EPRS_BRI\(2022\)733524_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733524/EPRS_BRI(2022)733524_EN.pdf)
- EU kommisjonen. (2008). *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives*. Brussel: EU.
- EU kommisjonen. (2022, 10 16). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved from DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0802&from=EN>
- European Bitumen Association–Eurobitume. (2015). *The bitumen industry - a global perspective on production, chemistry, use, specification and occupational exposure, Third edition*. USA.
- European Commission. (2018). *A european strategy for plastics in a circular economy*. Brussel.
- European commission. (2022, 10 13). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved from A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0662&from=EN>
- European Commission. (2022, 10 04). *Official website of the European Union*. Retrieved from EU taxonomy compass: <https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/index.html>
- European Commission. (2022, 06 10). *Research and innovation*. Retrieved from Horizon 2020: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en
- European commission. (2022, 10 12). *Single market economy..ec.europa.eu*. Retrieved from Internal market, industry entrepreneurship and SMEs: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/construction-products-regulation-cpr/review_en
- European Commission. (2022). *The use of PVC (Poly Vinyl Chloride) in the context of a non-toxic environment*. Luxemburg: European Commission.
- European union. (2022). *environment.ec.eurpa.eu*. Retrieved from Environment.
- Eygen, E. V. (2018). *Management of plastic wastes in Austria: analysis of the status*. Wien: Institute of Environmental Engineering.
- Farre.j. (2021). *Case study of pipeline failure analysis from two automated vacuum collection system*. Elviser.
- Fiskum, L.-E. (2021). *Levetider for vann og avløpsrør*. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- FOR-2017-06-19-840. (2022). Retrieved from Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift).
- Fråne, A., Anderson, S., Andersson, C., Boberg, N., & Dahlbom, M. (2022). *Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020*. Stockholm: Naturvårdsverket.



- Gimnes, K. A. (2022, 11). LCA vurdering av ulike alternative byggprodukter med og uten plast. Oslo, Norge: Multiconsult AS.
- Gravensfors, E., Alkell, K., Eskhult, G., Fischer, S., Freij, L., Nylander, A., . . . Westerholm, E. (2015). *Phthalates which are toxic for reproduction*. Stockholm: Kemikaileinspetionen.
- Hagen, R. (2022). *Plast i bygg, oversikt over viktigste bygningsdeler med plast, K33*. Rjukan: Context AS.
- Hagen, R., & Smith, E. (2022). *FutureBuilt kriterier for plastbruk*. Oslo: FutureBuilt.
- Hansen, I., & Hagberg, N. (2020). *Fremtidens distribusjonsløsninger for fjordbyen. Bacheloroppgave*. Trondheim.
- Hildonen, H. (2010). *Plant availability of copper, chromium and arsenic in soil fertilized with the ash residue of cca-impregnated and microwave pyrolysed wood*. Ås: NMBU.
- Hofstad, K. (2020). *Gassifisering, Store Norske Leksikon*.
- Høidal, E. (2022, 05 15). Intervju om sanering av bygg, fokus på plast. (E. L. Mikkeltborg, Interviewer)
- Høystakli, T. (2021, 10 05). Planlegging av sorteringsanlegg - RIR. *Presentasjon*. Molde, Møre og Romsdal.
- Jahren, S., Nørstebø, V. S., Simas, M. S., & Wiebe, K. S. (2020). *Studie av potensialet for lavere klimagassutslipp og omstilling til et lavutslippssamfunn gjennom sirkulærøkonomiske strategier*. Trondheim: Sinteff industri.
- Jakobsen, K. (2020). *Kartlegging av norske plastprodusenter, plastløftet*. Oslo: Grønt Punkt Norge.
- Jensen, J., Møgedal, G. T., Thorstensen, G.-A., & Wærner, E. (2022). *RIF - rådgivende ingeniør miljø. Grensesnitt, ytelse og anskaffelser*. Oslo: RIF.
- José-Luis Gálves-Martos, D. S. (2018). *Construction and demolition waste best practice in Europe*. Oytten: Elviser.
- (2022). *Kartlegging av plastfloden i Sverige*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Klima- og miljødepartementet. (2021). *Nasjonal strategi for en grønn sirkulær økonomi*. Oslo: KLD.
- Kostyantyn, P., Anders, D., & Thomas, A. (2019). *Preliminary assessment of plastic material flow in Denmark - Technical report. s.18*. The Danish Environmental Protection Agency.
- Lilleslått, G. (2022, 11 14). *blogg.hallingplast.no*. Retrieved from Derfor er ISCC-sertifisering viktig for fossilfrie plastrør: <https://blogg.hallingplast.no/iscc-sertifisering-viktig-for-fossilfrie-plastror>
- Loften, K. (2022, 05 24). Intervju med markedsaktør for plastrør. (E. L. Mikkeltborg, Interviewer)
- Lomheim, L. (2022, 07 05). *Linkedin.com*. Retrieved from Personlig profil.
- Madaster. (2022, 06 10). *Madaster*. Retrieved from Materialpass: <https://madaster.com/platform/>
- Manju, C. (2022, 09 02). Epostdialog vedrørende innhold i kategorien plastavfall fra bygg og anlegg. Asker.



- Martyana, S., & Semiba, S. (2020). *Technologies for chemical recycling of household plastics – A technical review and TRL Assessment*. Stockholm: Elviser.
- Mepex. (2021a). *en mer sirkulær, norsk verdikjede for plast gjennom ny infrastruktur og markedsutvikling*. Oslo: Handelens Miljøfond.
- Mepex Consult AS. (2020). *Materialstrømmen til plast i Norge*. Asker: Handelens Miljøfond.
- miljødepartementet, K. o. (2022, 08 26). *Forskrift for endring i avfallsforskriften (utsortering og materialgjenvinning av bioavfall og plastavfall)*. Retrieved from Lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2022-06-07-971>
- Ministry of environment and food of Denmark. (2019). *Preliminary assessment of plastic material flows in Denmark Technical Report*. Copenhagen: Ministry of environment.
- Naturvårdsverket. (2021). *Plast i byggsektoren, en kartlegging av biobaserade och återvunna alternativ*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Ngoc, d. A. (2022, 10 11). *Unsmasterbatch.com*. Retrieved from What are the different types of plastic extrusion: <https://usmasterbatch.com/what-are-the-different-types-of-plastic-extrusion/>
- NHP-Nettverket. (2016). *Veileder for avfallshåndtering på byggeplass*. Oslo.
- Nomiko. (2022). *Plastforsøpling fra bygge- og anleggsplasser - årsak og tiltak*. Oslo: Nomiko.
- Nordby, A. S., & Wærner, E. R. (2017). *Hvordan planlegge for mindre avfall - En veileder for å redusere avfallsgenerering i byggprosjekter*. Oslo: Norwegian Green Building Council .
- Nordin, H. L., Westø, A.-K., Boberg, N., Fråne, A., Guban, P., Sörme, L., & Ahlm, M. (2019). *Karlägging av plastflöden i Sverige*. Norrköping: Svenska MiljöEmissionsData.
- Norsk stål. (2022, 08 03). *Norskstal.no*. Retrieved from Prisindeks stål: <https://www.norskstaal.no/>
- Norwegian Environment Agency. (2021). *ANNEX XV RESTRICTION REPORT SUBSTANCE NAME: 1,6,7,8,9,14,15,16,17,17,18,18-Dodecachloropentacyclo[12.2.1.16,9.02,13.05,10]octadeca-7,15-diene ("Dechlorane Plus"™) [covering any of its individual anti- and syn-isomers or any combination thereof]*. Helsinki: European Chemicals Agency (ECHA). Retrieved from <https://echa.europa.eu/da/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e184a168c4>
- Pipelife. (2022, 10 11). *Pipelife*. Retrieved from Prefab soil and waste solution for Zero-Waste construction: <https://www.pipelife.com/service/news-and-projects/2021/prefab-soil-and-waste-solution-for-zero-waste-construction.html>
- Pivnenko, K., Damgaard, A., & Astrup, T. F. (2019). *Preliminary assessment of plastic material flow in Denmark - Technical report*. Denmark: The Danish Environmental Protection Agency.
- Plan og bygningsloven. (2022). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. Retrieved from https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840/KAPITTEL_9#KAPITTEL_9
- PlasticPortal. (2022, 09 21). *PlasticPortal.eu*. Retrieved from Weekly commodity price report: <https://www.plasticportal.eu/en/cenove-reporty?year=2021&week=1>



- Plastics Europe. (2021). *Plastics – the Facts 2021*. Beliga: Plastic Europe.
- Ravago buildingsolutions. (2020, 01 15). Retrieved from XPS history: <https://ravagobuildingsolutions.com/hu/en/history-of-xps/>
- Recycling plastic pipes towards a circular economy. (2022, 10 05). Retrieved from ADVANCING PLASTICS RECYCLING: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES ON THE WAY TO A CIRCULAR ECONOMY: <https://www.pipelife.com/service/news-and-projects/Recycling-Plastic-Pipes-Toward-a-Circular-Economy.html>
- RfD, Renovasjonsselskapet for drammensregionen. (2022). *Tekniske retningslinjer for renovasjonssninger*. Drammen: RfD.
- Ruben, B., Jean, C., Elisa, L., & Rob, D. (2022). *Global Plastic outlook. Plastic use projection to 2060*. Brussel: OECD.
- Ruteretur. (2021). *Årsrapport*. Oslo: Ruteretur AS.
- Rytz, B. K., McKinnom, D., Danielsson, S. E., Damsgaard, I., Madsen, J. S., Hundevad, V., & Andersen, L. S. (2019). *Analyse af nationale plaststrømme i landbrug, hotel- og restaurationsbranchen og bygge- og anlægsbranchen*. København: Miljø- og fødevarerministeriet.
- Sakhi, A. K., Becher, R., Bølling, A. K., Becher, R., Schwarze, P., Christoffersen, J., & Thomsen, C. (2015). *Miljøgifter i innemiljøet*. Oslo: Folkehelseinstituttet.
- Sarc, R., Curtis, A., Kendbauer, L., Khodier, K., Lorber, K., & Pomberger, R. (2019). *Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy*. Østerrike: Elvise.
- Saxegård, J. (2015). *Plukkanalyser av restavfallscontainer fra byggeplasser*. Oslo: NHP-nettverket.
- Sormunen, P., & Kärki, T. (2019). *Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing*. Elvise.
- SpecialChem.com. (2022, 11 09). *Flame Retardants for Fire Proof Plastics*. Retrieved from SpecialChem.com: <https://polymer-additives.specialchem.com/selection-guide/flame-retardants-for-fire-proof-plastics>
- Statistisk Sentralbyrå. (2020, 05 03). www.ssb.no. Retrieved from Statbank: SSB: <https://www.ssb.no/statbank/table/09247/tableViewLayout1/>
- Statistisk sentralbyrå. (2022, 08 12). [ssb.no](http://www.ssb.no).
- Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. (2022). *Draft risk profile: Dechlorane Plus*. Geneve: UNEP.
- Stroud, D. E. (1983). *PVC in window and door construction: A market overview*. Ohio: Wiley Online library. Journal of vinyl technology.
- Stråby, K., & Fiskum, L.-E. (2021). *Levetider for vann- og avløpsrør i bygninger*. Oslo: Sinteff akademiske forlag.
- Syed, S., Holen, A. K., Øya, R., Wærner, E., & Frøyland, L. (2021). *Næringsavfall i Oslo*. Oslo: Multiconsult.
- Systemiq. (2022). *ReShaping plastics. Pathway to a circular neutral plastic system in europe*.



- Syversen, F., Kamfjord, T., Sundt, P., Thorbeck, P., Kirkevaag, K., & Mekki, M. (2021). *Materialgjenvinning av norsk plastavfall - 50 innen 2025*. Oslo: Handelens Miljøfond.
- Tarkett. (2021). *PVC position paper, EMEA*. Wien: Tarkett Holding.
- Valde, S. (2022). *Plastforsøpling fra bygge- og anleggsplasser - årsaker og tiltak*. Oslo: Nomiko - Norsk Miljøkompetanse.
- Wahlstrøm, M., Bergmans, J., Teittinen, T., Bachér, J., & Padurant, A. (2020). *Construction and Demolition Waste*. European environment agency.
- Wærner, E., Gundersen, T., & Slåtsveen, M.-A. (2012). *Økt materialgjenvinning av byggavfall. Innspill til St. meld om avfall 2012*. Oslo: Hjeltnes Consult as.
- Zeiner, K. R. (2022, 12 28). *Fremtidens byggenæring*. Retrieved from <https://www.fremtidensbygg.no/dette-er-nytt-i-regelverket-for-bransjen/>
- Zen Robotics. (2022, 09 26). *www.zenrobotics.com*. Retrieved from <https://zenrobotics.com/>



12 Vedlegg

12.1 Vedlegg 1. Oversikt over ulike typer kjemisk gjenvinning verden, fordeler og ulemper (Martyana & Semiba, 2020).

Teknologi	Fordel	Ulempe	Modenhet
Termisk «cracking»	Fleksibel. Passer for plast som er krevende å depolymisere	Krever mye energi og har lav PVC toleranse. Produktet må ofte oppgraderes	Kommersielt tilgjengelig
Plasma pyrolyse	Svært høy temperatur som dekomponerer farlige stoffer – passer til blandede plastfraksjoner	Svært energikrevende	Laboriestadiet
Mikrobølge assistert pyrolyse	Bedre kontroll på prosessen og jevnere temperatur i reaksjonskammer	Sensitiv for klorid og nitrogen som kan deaktivere katalysering av organiske stoffer	Kommersielt tilgjengelig. Sapporo/Toshiba Japan
Hydrocracking	Egnet for høykvalitets produkter	Bruk av hydrogen er dyrt. Prosesen kan gi giftige stoffer hvis brukt på PVC.	Pilotskala
Konvensjonell gassifisering	Godt kjent teknologi egnet for en blandet plast, Mulighet for nedbrytning av veldig spesifikke polymerer. Mulighet for mange gassprodukter	Høy investerings- og driftskostnad. Produktgassen må oppgraderes/behandles. Dannelse av tjære og kull som må håndteres	Kommersielt tilgjengelig. Enerkem, Edmonton, Canada, 100 000 tonn årlig
Plasma gassifisering	Høyere temperatur og høyere renhet på produktgassen. Godt kjent teknologi	Høy investerings og driftskostnad. Energi krevende.	Ikke kommersielt brukt på plast. Vanlig for dekomponering av farlig avfall i kommersiell skala.



Pyrolyse med «in-line» reforming	Hydrogen dannes i prosessen. Produktgassen er uten tjære. Urenheter i plasten er ikke i kontakt med reformeringskatalysator. Billigere enn vanlig gassifisering	Utfordringer med deaktivering av katalyst i prosessen	Pilotskala drift
---	---	---	------------------



12.2 Vedlegg 2. Oversikt over kartlagte take-back ordninger kartlagt i dette prosjektet, ikke komplett.

Produkttype	Plast-type	Firma	Spesifikt produkt	Tonnasje	Type gjenvinning	Gjenvinnings-prosess	Land	Kilde
Gulvbelegg	Vinyl	Tarkett	Vinyl-belegg	-	Kan ikke bruke gamle belegg med farlige ftalater		Europa	=
Gulvbelegg	Diverse	Tarkett	Teppefliser	Om lag 50 tonn pr år.				(Lomheim, 2022)
EPS	EPS	Vartdal plast					Norge	
EPS	EPS	BEWI	Fiskekasser og emballasje		Nye materialer	Manuell forsoring og demontering	Bewi - Europa	Lenke
Vindu og dører	PVC-U	Rewindo	Dører, vindu og blendere av PVC	33000 tonn pr år	Nye PVC profiler.	Grov forsoring, separasjon av glass og metall, Nedknusning <20mm, vasking, tørking og extrusion	Hele Tyskland	Rewindo (2019)
Takbelegg	PVC, EVA/PVC, PCF behandle t tekstil	Roofcollect	Plasttak eller vanntetningsmembraner (rene) >90% PVC	3500 tonn pr år	Beskyttelsesmatter.	Rengjøring og kutting under demontering 1m brede strimler. «dissolving» rengjøring med filter. Forbehandling i vann «solvent recovery». Downcycling.	Frankrike, Belgia, Nederland, Luxemburg og Spania	RoofCollect (2020)
Plastrør	PE, PP, PVC	Plastic pipe assosiation (KRV)	Ikke krysslinket, fiberarmert eller multilayers.	5000 tonn pr år	Blir til nye produkter, men ikke drikkevann eller gassrør.	Sortering etter urenheter, manuelt. Kverning i stor mølle lager en mix av PE/PP og PVC 8-12mm, Rensing i «air classifier» renser urenheter. Recomoounding.	Hovedsete Bonn, Tyskland. (Verden)	KRV impulse (2019)
Plastrør	PE, PP, PVC, PB, PEX	ÖAKR	Ulike typer rør, flerlags produkter, kompositter, kabelisolasjon, elektriske rør etc.	1300 tonn pr år	Gjenvinning og ombruk for byggematerialer (rør, plater og kompositter).	Utføres hos Reststofftechnik GmbH, automatisert sortering av plast med 99,9 % renhet. 5 tonn hver 8. time.	Wien, Østerrike. 67 oppsamlingsteder for medlemmer.	ÖAKR (2018, 2020), Reststofftechnik GmbH (2020)



Produkter av PVC	PVC	The AGPR group	Ulike plastifiserte produkter, skum, film, paneler, etc.	2500 tonn pr år	Gulvdekke Manuell sortering av ikke-PVC og uønskede materialer, shredding, magnetisk separasjon, hammermølle, finkverning på 40 grader 400 micron, separerer rove partikler og PET fiber.	Hovedsete i Marl, Tyskland. Samler inn fra naboland i EU.	AGPR (2020), Recyclingportal.eu (2017)
Gulvbelegg	Vinyl, Linoleum og PA6.	Tarkett	Ulike typer gulvbelegg	3300 tonn pr år (2018)	Teppefliser 76 % Lukket loop. Samler inn teppefliser som ikke er limt fast, men spikret etc. Separerer garn fra teppebasen. Disse gjenvinnes separat enten til ny PA.	Frankenthal, Tyskland	Tarkett (2019)
Gulvbelegg	PA; PVC, Naturlig gummi og PVB	Interface	Tekstilgulv, vinylfliser og gummigulv	-	Gjenvinning eller forbrenning Innsamling av tepper som er montert uten lim, kvalitetskontroll for ombruk, gjenvinning eller forbrenning	Tyskland og England	
Gulvbelegg	Diverse	Greenstream flooring	Tekstilfliser	-	Ombruk. Reparasjon og rens før ombruk	Hele England	Greenstream (2020)
Tepper	PP, ull, PVC	Anglo Recycling	Tepper og avkapp	1000 tonn pr år	Downcycling til baselag for teppeproduksjon. Kverning, sortering, preparering av fibre og produksjon av baselag for nye tepper.	Whitworth, UK	Anglo Recycling (2020)
Plastfilm	PE-LD, PE-LLD	The ERDE Take-Back system	Plastfilm og rør	13400 tonn pr år (2018)	-	Wiesbaden, Tyskland	RIGK (2019), Peters (2019)
Tepper	Alle typer tepper inkl. ukjente UTEN PVC	DESSO – tilbyr materialgjenvinning til andre teppeprodusenter, ex Tarkett.	Tepper, matter og gulvbelegg	50 000 tonn i 2020	Cradle to cradle. Nye produkter, EX PA6 garn til nytt garn. Rester blir til asfalt, takbelegg eller brennes med betong		Lenke
Kabelplast	PEX	Axjo plastic AB og NKT AS	Kabler av PEX	Ukjent	Kabeltrommel i en blanding av PEX og PP	Falun, Sverige. Portugal.	Plastgjenvinning Lenke
Plastrør	Pilot	Renova, A-Plast, NCC recycling, Novaplast, RISE, byggenreprenerer m.f.	Plastrør og avkapp	Ikke angitt. Oppstart i 2019.	Nye PP, PVC og PE rør.		Lenke
Takbelegg	Takpapp	Tarpaper	Takpapp, noe uklart om de tar imot SBS-modifisert bitumen		Produserer BitumenMix, som brukes til å lage asfalt	Danmark	Lenke



12.3 Vedlegg 3. Eksempler på toleransegrenser for ulike plasttyper og andre forurensinger i kjemisk gjenvinning (Eggen E. a., 2020).

Symbol	Navn	Forkortelse	Toleranse [vekt-%]
Ønskete polymerer			
	Polyetylen	PE, HDPE, LDPE	100
	Polypropylen	PP	100
Uønskede polymerer			< 10 (samlet)
	Polystyren	PS, EPS	< 10
	Polietilentereftalat	PET, Polyester	< 5
	Other (f eks Polykarbonat)	PC	< 1
	Polyvinylklorid (inneholder klor)	PVC	< 1
	Polyamid (inneholder N)	PA	
	Akrylnitrilbutadienstyren (N)	ABS, (Lego)	< 1 (samlet)

Forurensning	Toleransegrense (vekt-%)
Inerte materialer (støv, aske, metaller)	< 5
Organisk materiale	< 5
Vann	< 5
Samlet toleranse for ikke-plast	< 10*



12.4 Vedlegg 4. Forenklet masseflyt for plastavfall fra bygg- og anlegg i EU 27, videreutviklet fra en modell laget av Systemiq.

