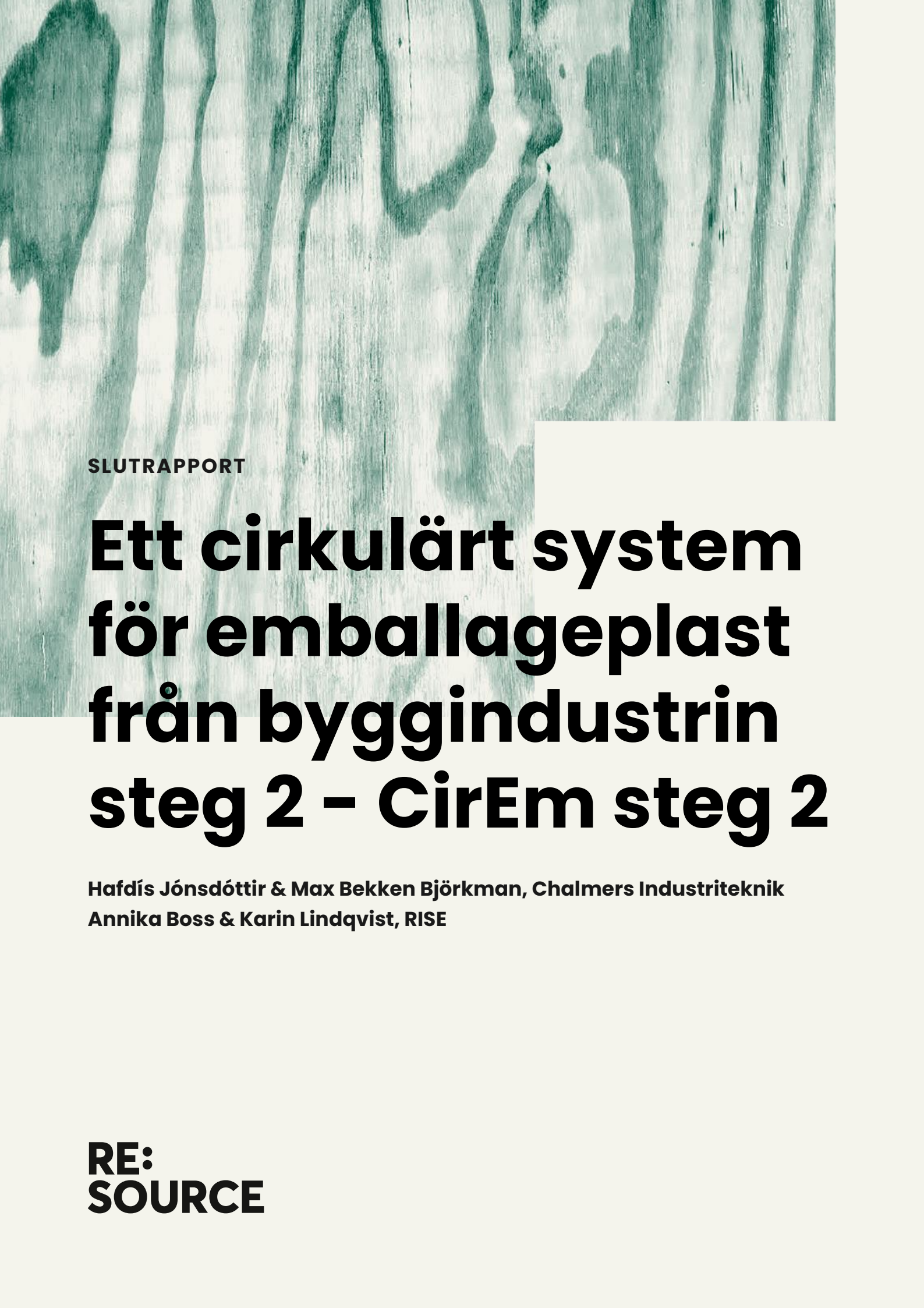




SLUTRAPPORT

Ett cirkulärt system för emballageplast från byggindustrin steg 2 – CirEm steg 2

**Hafdís Jónsdóttir & Max Bekken Björkman, Chalmers Industriteknik
Annika Boss & Karin Lindqvist, RISE**

**RE:
SOURCE**

Slutrapport för projekt:

Ett cirkulärt system för emballageplast från byggindustrin steg 2 (CirEm steg 2)

Engelsk titel: A circular system for packaging plastics from the construction industry

Projektperiod: 2020-06-01 – 2022-11-30

Datum: 2023-01-30

Projektnummer: 47568-2

Diarienummer: 2020-002599

Projektleddare: Hafdis Jonsdottir

Organisation: Stiftelsen Chalmers Industriteknik

Adress: Sven Hultins Plats 1

Ev. övriga projektdeltagare: Beijer Byggmaterial, Bewi Synbra, Byggföretagen, CargoSpace24, Castellum, JM, NCC, Optimera, PEAB, Polyplank, Ragnsells, Renova, Reviva Plastics, RISE, Trioworld, Wingårdhs

Nyckelord: 5–7 st: Plastemballage, mjukplast, byggindustrin, återvinning, insamlingssystem

RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram och finansieras av

VINNOVA

 Energimyndigheten

FORMAS

Förord

Finansiering av projektet "Ett cirkulärt system för emballageplast från byggindustrin steg 2 (CirEm steg 2)" har skett från Energimyndigheten inom ramen för innovationsprogrammet RE:Source. Projektet startade i juni 2020 och avslutades i november 2022. Ett antal företag och organisationer har bidragit med inkind i projektet. Företagen som har deltagit i projektet är Beijer Byggmaterial, Bewi Synbra, Byggföretagen, CargoSpace24, Castellum, JM, NCC, Optimera, Peab, Polyplank, Ragn-Sells, Renova, Reviva Plastics, RISE, Stiftelsen Chalmers Industriteknik, Trioworld, Wingårdhs.

Innehåll

1. Sammanfattning.....	6
2. Summary.....	7
3. Inledning och bakgrund	8
3.1. Bakgrund.....	8
3.2. Projektets syfte och mål.....	9
3.3. Finansiering och projektparter.....	9
3.4. Rapportens upplägg.....	10
4. Genomförande.....	11
4.1. Arbetsprocess.....	11
4.2. Insamling och sortering	11
4.2.1. Insamlingsförsök.....	12
4.2.2. Intervjustudie	13
4.2.3. Studiebesök.....	14
4.3. Återvinning och produktframtagning	15
4.3.1. Reviva Plastics – fullskalig återvinning.....	15
4.3.2. Återvinning av välsorterat transparent plastemballage	20
4.3.3. Simulering av upprepade återvinningscykler	22
4.4. Affärsmodeller och logistik.....	23
4.4.1. Workshops	23
4.5. Incitament och riktlinjer	23
4.6. Miljösystemanalys.....	24

5.	Resultat och diskussion	26
5.1.	Insamling och sortering	26
5.2.	Återvinning och produktframtagning	28
5.2.1.	Utvärdering av återvinningsprocessen och återvunnen råvara (recyklat) på Reviva	28
5.2.2.	Utvärdering på Trioworld	30
5.2.3.	Utvärdering på RISE	32
5.2.4.	Produktionsförsök	32
5.2.5.	Småskaligt försök att återvinna transparent plastemballage	33
5.2.6.	Simulera flera återvinningscykler	38
5.3.	Affärsmodeller och logistik	40
5.3.1.	Analys av kostnadsstrukturer	40
5.3.2.	Logistik	48
5.4.	Incitament och riktlinjer	49
5.4.1.	Incitament	49
5.4.2.	Riktlinjer	51
5.5.	Miljösystemanalys	51
6.	Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg	54
6.1.	Slutsatser	54
6.1.1.	Insamling och sortering	54
6.1.2.	Återvinning och produktframtagning	55
6.1.3.	Affärsmodeller och logistik	55
6.1.4.	Incitament och riktlinjer	56
6.1.5.	Miljösystemanalys	56
6.2.	Nyttiggörande	56
6.3.	Nästa steg	57
7.	Projektkommunikation	58
8.	Referenser	60
9.	Bilagor	61
	Bilaga 1. Kandidatuppsats, Evaluating the properties of recycled polyethylene films from the construction industry	61

Bilaga 2. Kandidatuppsats, Nulägesanalys av plaståtervinning vid svenska byggarbetsplatser.....	62
Bilaga 3. Riktlinjer, en vägledning om att cirkulera plastemballager i byggsektorn - att tänka på vid val av plastemballager.....	63
Bilaga 4. Riktlinjer, en vägledning om att cirkulera plastemballager i byggsektorn – att tänka på vid sortering av plastemballager som avfall	64

1. Sammanfattning

Byggprodukter är det näst största användningsområdet för plast efter förpackningar. Byggindustrin använder dessutom en stor mängd plastförpackningar men endast en liten del av plastavfallet från denna industrigren materialåtervinns. Sedan 2020 ska enligt lag all plast från byggnation och rivning sorteras ut separat i minst en fraktion men för att uppnå en mer hållbar plastanvändning samt ökad och kvalitativ materialåtervinning behöver plasten sorteras i flera fraktioner och samlas in så att materialet kan återvinnas och användas i nya produkter.

Projektet CirEm steg 2 ("Ett cirkulärt system för emballageplast från byggindustrin steg 2") är finansierat av Energimyndigheten inom ramen för innovationsprogrammet RE:Source och genomfört av Chalmers Industriteknik och RISE tillsammans med 14 projektdeltagare i form av byggföretag, byggfackhandel, avfallsentreprenörer, återvinnare, plastproducenter, fastighetsägare, arkitekter, branchorganisationer och IT-företag. Målet med projektet är att *utveckla och testa ett effektivt insamlings- och återvinningssystem för plastemballage från byggindustrin.*

Projektet har undersökt och identifierat möjligheter och utmaningar med att samla in och återvinna plastemballage och annan mjukplast som avfall från byggarbetsplatser och byggfackhandel. Genom olika insamlingsförsök har projektet visat på hur avfallet bör sorteras vid källan för att förbättra kvaliteten på den sekundära plastråvaran. Försök där sekundär plastråvara tagits fram och sedan använts vid produkttillverkning har visat på hur sådan plast som insamlats kan hitta olika avsättningsområden. Den transparenta plasten kunde exempelvis användas till plasthuvar och den färgade till virkestäckfilm och säckar. Projektet har visat att det fungerar bra att producera högkvalitativa plastprodukter baserade på sekundär plastråvara från plastemballage men att kvalitetsaspekten hänger tätt ihop med hur plastavfallet samlas in och hanteras. Det finns därför goda möjligheter att nå ett högt värdebevarande men för att skapa ett effektivt insamlings- och återvinningssystem för plastemballage och annan mjukplast från byggindustrin behöver det fortsatt arbetas med att förbättra sorteringen vid källan samt att öka medvetenheten om möjligheterna för återvinning. En utmaning i detta sammanhang är att avfallsgenererare och de aktörer som lämnar ifrån sig plastavfallet i dagsläget inte ser tillräckliga ekonomiska incitament för att sortera plastemballage och annan mjukplast i mer än en fraktion. Kostnadsbilden för de som står med avfallet behöver därför förändras för att skapa större drivkrafter till en utökad sortering och därmed ett högre värdebevarande.

2. Summary

Construction products are the second largest area of use for plastic after packaging. The construction industry also uses a large amount of plastic packaging, but only a small part of the plastic waste from this industry is recycled. From 2020, according to law, all plastic from construction and demolition must be sorted out separately into at least one fraction, but in order to achieve a more sustainable use of plastic as well as increased and qualitative material recycling, the plastic needs to be sorted into several fractions and collected so that the material can be recycled and used in new products.

The project CirEm stage 2 ("A circular system for packaging plastic from the construction industry stage 2") is financed by the Swedish Energy Agency within the framework of the innovation program RE:Source and carried out by Chalmers Industriteknik and RISE together with 14 project participants in the form of construction companies, sellers of construction products, waste contractors, recyclers, plastic producers, property owners, architects, branch organizations and IT companies. The goal of the project is to develop and test an efficient collection and recycling system for plastic packaging from the construction industry.

The project has investigated and identified opportunities and challenges with collecting and recycling plastic packaging waste and other soft plastics from construction sites and sellers of construction products. Through various collection trials, the project has shown how the waste should be sorted at the source in order to improve the quality of the secondary plastic raw material. Experiments where secondary plastic raw material has been produced and then used in product manufacturing have shown how such collected plastic can find different areas of use. The transparent plastic could, for example, be used for plastic hoods and the colored one for wood cover film and sacks. The project has shown that it works well to produce high-quality plastic products based on secondary plastic raw material from plastic packaging, but that the quality aspect is closely related to how the plastic waste is collected and handled. There are therefore good opportunities to achieve high value retention, but in order to create an effective collection and recycling system for plastic packaging and other soft plastics from the construction industry, it is still necessary to work on improving sorting at the source and to increase awareness of the possibilities for recycling. A challenge in this context is that waste generators do not currently see sufficient financial incentives to sort plastic packaging and other soft plastics into more than one fraction. The cost picture for those who are responsible for the waste therefore needs to change in order to create greater driving forces for increased sorting and thus higher value retention.

3. Inledning och bakgrund

I denna inledning beskrivs bakgrunden till projektet. Det ges en inblick i nuläge och utmaningar rörande platsortering inom byggindustrin. Inledningen presenterar även projektets syfte, samt projektparter.

3.1. Bakgrund

Rapporten 'Kartläggning av plastflöden i Sverige' (2022) visar att minst 660 000 ton plast i produkter sattes på den svenska marknaden under 2020. De största enskilda användningsområdena för plast är plastförpackningar (320 000 ton exklusive PET-flaskor med pant), följt av byggsektorn (mer än 120 000 ton) och fordonsindustrin (94 000 ton). Byggsektorn står således för en betydande del av den plast som används i dagsläget. Under 2020 materialåtervanns endast cirka 2,5 % av plastavfall som uppstår i byggsektorn och 34 % av plastförpackningar som sattes på den svenska marknaden. Plast har många användningsområden i byggsektorn, till exempel rör, elinstallationer och isolering. Utöver detta används även stora mängder plastförpackningar såsom krymp- och sträckfilm, virkesfilm och bubbelplast för att förpacka och skydda byggprodukter (Naturvårdsverket, 2022). Emballageplast är en tunn plastfilm som ofta används för att förpacka produkter eller hela pallar med sådana. Inte bara byggindustrin använder emballageplast, utan den finns även inom många andra branscher som skydd för produkter vid till exempel lagring och transport. Vid användning har plasten ofta en kort livscykel då det inte är ovanligt att man omemballerar eller packar upp varorna från till exempel en pall efter kort tid. Filmen finns i olika storlekar, kvaliteter och färger och skräddarsys ofta för respektive kund. Många företag använder också plasten som en marknadsföringsplats där man låter trycka sin logotype eller ett produktnamn.

Sedan 2020 ska enligt lag all plast från byggnation och rivning sorteras ut separat i minst en fraktion (Sveriges riksdag, 2020) men för att uppnå en hållbar plastanvändning och högre takt för materialåtervinning behöver plasten sorteras i flera fraktioner och samlas in så att materialet kan återvinnas och användas i nya produkter. Det finns befintliga processer för att materialåtervinna plastfilm och det finns en efterfrågan på återvunna plastgranulat eftersom Sverige har som målsättning att uppnå 30 % återvunnet material i förpackningar till 2030 (Regeringskansliet, 2022). Idag sorteras plast vanligtvis bara i en fraktion inom byggsektorn och i vissa fall sorteras plast inte ens separat från andra avfallsfraktioner utan hamnar istället i blandat avfall som går till förbränning med energiutvinning. Det finns ett mycket tydligt behov av att sträva mot en mer effektiv resursanvändning i samhället. Många materialströmmar används inte på ett optimalt sätt. Att effektivisera materialhantering och hitta nya arbetssätt och metoder är en förutsättning för att övergå från ett linjärt materialflöde mot ett mer cirkulärt sådant.

3.2. Projektets syfte och mål

Målet med projektet är att *utveckla och testa ett effektivt insamlings- och återvinningssystem för emballageplast från byggindustrin*. Inom ramen för detta mål har sex delmål undersökts under projektperioden:

1. Tio insamlingsförsök för emballageplast hos olika parter inom projektet har genomförts och utvärderats.
2. Olika återvinningsprocessers lämplighet för den insamlade emballageplasten har utvärderats. Både storskalig och småskalig återvinning samt återvinning med respektive utan tvättning av plasten före omsmältning har utvärderats.
3. Återvunnen plast har analyserats, med avseende på olika kvalitets- och processparametrar, för att kunna bedöma vad den återvunna plasten lämpar sig bäst till.
4. Återvunnen plast har testats och utvärderats i produktionsanläggning för plastsäck, plastfilm samt träplastkomposit.
5. Förslag till riktlinjer för bygghandeln och byggtreprenörer har tagits fram. Riktlinjerna kan användas som stöd vid materialval, design av emballageplast, samt för sortering av plastavfallet för en välfungerande materialåtervinning.
6. Kartlägga kostnadsdrivare och ekonomisk bärkraftighet utifrån insamlingsförsök, återvinningsprocesser och tänkbara logistiklösningar.

3.3. Finansiering och projektparter

Projektet "Ett cirkulärt system för emballageplast från byggindustrin steg 2" (CirEm steg 2) som letts av Chalmers Industriteknik och RISE startade i juni 2020 och pågick till slutet av november 2022. Projektet har finansierats genom 2 030 000 kr inom det strategiska innovationsprogrammet RE:Source och utlysningen "Utveckla lösningar för hållbar användning av plast – Steg 2 Samverkansprojekt". Ytterligare 2 420 000 kr är i form av medfinansiering från projektets parter.

Projektet har fokuserat på insamling av emballageplast från byggsektorn. Projektkonsortiet har omfattat parter som tillsammans representerat den studerade försörjningskedjan. CirEm steg 2 projektparter listas och beskrivs nedan.

Byggföretag och byggfackhandel: Med byggföretagen (*NCC, JM, PEAB*) och byggfackhandlarna (*Beijer Byggmaterial* och *Optimera*) som projektparter har projektet kunnat dra nytta av en god insyn i hur sortering och insamling av plast från byggsektorn är uppbyggda idag. Dessa parter deltog och samlade in plast för insamlingsförsöken.

Avfallsentreprenörer: *Ragn-Sells* och *Renova* har bidragit med kunskap och erfarenhet om sortering, insamling och logistik. De deltog i insamlingsförsöken.

Återvinnare: *Reviva Plastics* återvinner plasten från Sveriges lantbrukare. I projektet tog de emot plasten från insamlingsförsöken och återvann den.

Plastproducent: Både *Polyplank* och *Trioworld* har varit projektparter och bidragit med kunskap om användning av återvunnet material och de har testat kvaliteten på den återvunna plasten som samlades in under projektet. *BEWI* är en förpackningsleverantör och de deltog i insamlingsförsöken genom att samla in plast för återvinning.

Fastighetsägare: *Castellum* är ett fastighetsbolag som huvudsakligen äger kommersiella fastigheter för kontor, butik, lager och industri. De har gett input från sitt perspektiv som fastighetsägare.

Arkitekt: *Wingårdhs* arkitektkontor är en arkitektbyrå och de har gett insyn och inspiration till möjligheterna att använda olika plastmaterial i design.

Bransch- och arbetsgivarorganisation: *Byggföretagen* är en branschorganisation som har gett råd och insikter om relevanta lagar och fakta kring byggbranschen.

Transport och logistik: *CargoSpace24* erbjuder en digital tjänst som matchar transportörer med transportköpare. De har bidragit till projektet med kunskap kring transport och logistik.

Projektledning: *Chalmers Industriteknik (CIT)* har varit projektledare och säkerställt koordination, kommunikation och resultatspridning. CIT har bidragit med sin erfarenhet av att arbeta systemövergripande med aktörer i hela försörjningskedjan för att uppnå hållbara och cirkulära system. *RISE* har varit arbetspaketledare för två arbetspaket och stöttat med koordination. RISE har bidragit med sin erfarenhet av återvinning av plast inom byggsektorn och miljösystemanalys.

3.4. Rapportens upplägg

Kapitel 4 beskriver projektets genomförande samt metoder

Kapitel 5 presenterar resultaten och diskussion

Kapitel 6 beskriver slutsatser och nyttiggörande samt ger förslag till nästa steg

4. Genomförande

I detta kapitel beskrivs de olika arbetspaketen och metoder som använts för att besvara syftet med projektet.

4.1. Arbetsprocess

Projektets upplägg är uppdelat i sex arbetspaket (AP). De arbetspaketen är (1) Insamling och sortering, (2) Återvinning och produktframtagning, (3) Affärsmodeller och logistik, (4) Incitament och riktlinjer, (5) Miljösystemanalys och (6) Projektledning.

AP1 hade syftet att utföra minst tio insamlingsförsök med emballageplast hos byggplatser och byggfackhandel. Var insamlingarna skedde bestämdes tillsammans med projektparterna. Insamlade volymer, insamlingsperiod och utmaningar dokumenterades och utvärderades. I detta AP har också intervjuer genomförts för att få en förståelse för utmaningarna och möjligheterna kring att sortera och samla in plast.

AP2 syftade till att testa och utvärdera återvinningsprocesser samt kartlägga deras möjligheter och begränsningar, utvärdera den återvunna råvarans egenskaper samt dess möjligheter att användas i nya produkter. Utvärderingen gjordes av RISE och plastproducenter, där flera olika tester utfördes för att utvärdera kvaliteten, prestanda och utseende på plasten.

AP3 syftade till att utveckla affärsmodeller baserat på lärdomar från olika insamlingsförsök och erfarenheterna från projektet i steg 1. Detta gjordes genom att genomföra intervjuer, workshops och desktop research.

AP4 undersökte olika drivkrafter samt vilken typ av incitament och riktlinjer som skulle kunna vara effektiva och tillämpbara i ett cirkulärt system för emballageplast. Detta gjordes genom intervjuer med olika aktörer.

AP5 syftade till att kvantifiera miljöbelastningen av ett cirkulärt system och jämföra med dagens system.

AP6 beskriver projektledningen och säkerställer koordination, kommunikation och resultatspridning.

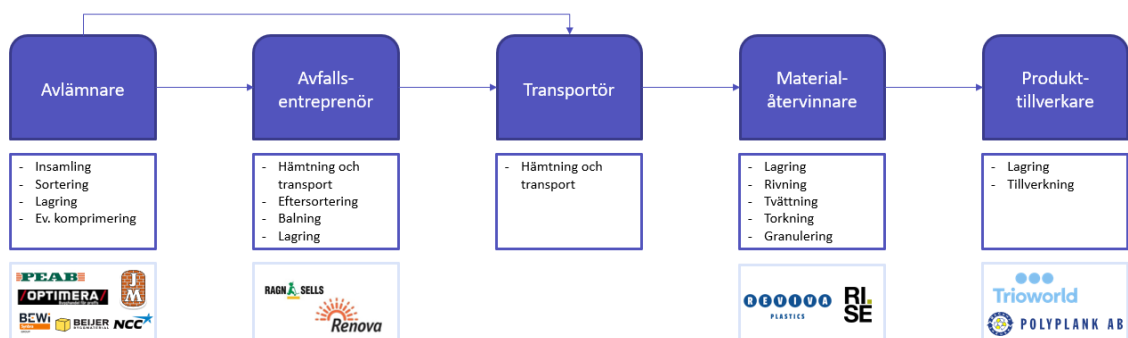
4.2. Insamling och sortering

I arbetspaket 1 genomfördes insamlingsförsök, intervjustudier och studiebesök.

4.2.1. Insamlingsförsök

Tio insamlingsförsök genomfördes under projektperioden. Testerna varade olika länge men samtliga utom ett genomfördes under perioden december 2020 till juni 2021. Undantaget är ett test som var en del av ett studentarbete som genomfördes under perioden april till maj 2022. Testerna ägde rum i Göteborg, Varberg, Stockholm, Mölnlycke och Ale. Vid planeringen av insamlingsförsöken hölls ett flertal möten med de inblandade aktörerna. Vilken plast som skulle samlas in, vilken plast som inte skulle samlas in, hantering såsom lagring, komprimering, logistik och transporter planerades gemensamt. Tydliga sorteringsinstruktioner, med bilder som visar vilken plast som ska samlas in och vilken plast som ska undvikas, togs fram för att på ett tydligt sätt instruera dem som sorterade plasten.

Varje insamlingsförsök hade en avlämnare som sorterade och samlade in plast för projektet. I åtta tester kom en avfallsentreprenör och hämtade plastavfallet, eftersorterade och lagrade det tills en transportör hämtade plasten och transporterade till en materialåtervinnare. I två tester gick plasten direkt från avlämnare till materialåtervinnare via en transportör. Efter att plasten hade återvunnits transporterades den i oktabiner till produkttillverkare. Figur 1 visar strukturen för insamlingsförsöken och vilka som deltog i varje steg



Figur 1. Insamlingsförsökens struktur.

Data från insamlingsförsöken avseende tidsperiod, insamlad volym och transport erhöles från projektparterna. Tabell 1 visar vem som deltagit i vilket insamlingsförsök.

Tabell 1. Översikt över genomförda tester i CirEm.

Nr.	Avlämnare	Stad	Avfalls- entreprenör	Återvinnare	Produkt- tillverkare
1	Beijer	Mölnlycke	Renova	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
2	Optimera	Göteborg	Ragn-Sells	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
3	NCC	Göteborg	Ragn-Sells	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
4	NCC	Göteborg	Renova	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
5	JM	Stockholm	Ragn-Sells	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
6	JM	Stockholm	Ragn-Sells	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
7	Bewi	Varberg	-	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
8	PEAB	Göteborg	Ragn-Sells	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
9	PEAB	Ale	Ragn-Sells	Reviva Plastics	Trioworld & Polyplank
10	Optimera	Göteborg	-	RISE	Trioworld

4.2.2. Intervjustudie

Totalt genomfördes 16 semistrukturerade intervjuer med byggarbetsplatser (6), byggfackhandel (5), avfallsentreprenörer (2), återvinnare (1) och tillverkare (2). Intervjuerna genomfördes under en period mellan januari 2021 och maj 2022.

Intervjufrågor förbereddes i förväg och användes som underlag för alla intervjuer. Frågorna gällde avfallshantering, utmaningar, incitament, samarbete och informationsflöde. Data från intervjuerna användes även för AP3 och AP4. Intervjuerna genomfördes genom 30 till 60 minuter långa onlinemöten. Oftast var det två personer som tillsammans ställde frågor och tog anteckningar. Tabell 2 ger en översikt över de genomförda intervjuerna.

Tabell 2. Översikt över genomförda intervjuer.

Nr.	Typ	Roll	Datum
1	Byggfackhandel	Filialchef	21-01-2021
2	Byggarbetsplats	Produktionsledare	27-01-2021
3	Byggfackhandel	Filialchef	29-01-2021
4	Byggfackhandel	Lagerchef	29-01-2021
5	Återvinnare	Managing Director	01-03-2022
6	Tillverkare	Senior Account Manager	02-03-2022
7	Byggarbetsplats	Ledande specialist hållbarhet	09-03-2022
8	Byggarbetsplats	Hållbarhetsspecialist	10-03-2022
9	Byggarbetsplats	Miljöspecialist	15-03-2022
10	Avfallsentreprenör	Key Account Manager	07-04-2022
11	Avfallsentreprenör	Sales Manager	07-04-2022
12	Byggfackhandel	Miljö- och hållbarhetschef	28-04-2022
13	Byggarbetsplats	Platschef	28-04-2022
14	Byggfackhandel	Produktchef & Hållbarhetsansvarig	02-05-2022
15	Tillverkare	Managing Director	11-05-2022
16	Byggarbetsplats	Kvalitets & miljöledare	23-05-2022

4.2.3. Studiebesök

Fyra studiebesök genomfördes under projektets gång. Syftet med studiebesöken var att få insikter om utmaningar och möjligheter när det gäller sortering och insamling av plastavfall från byggarbetsplatser och byggfackhandel. Tabell 3 visar en översikt över studiebesöken.

Tabell 3. Översikt över genomförda studiebesök.

Nr	Typ	Plats	Datum
1	Byggfackhandel	Optimera, Marieholmsgatan	28-01-2021
2	Byggfackhandel	Optimera, Västra Frölunda	03-02-2021
3	Byggfackhandel	Beijer, Exportgatan	09-02-2021
4	Byggarbetsplats	PEAB, Glöstorpskolan	03-03-2021

4.3. Återvinning och produktframtagning

Två återvinningsförsök har utförts inom projektet. Ett försök i en fullskalig modern återvinningsanläggning utfördes på Reviva Plastics i Korsberga. Syftet var att tvätta, komponenta och pelletera plasten hos Reviva Plastics och att därefter testa renhet och egenskaper på den återvunna plasten från de olika insamlingarna, samt utvärdera möjligheterna att använda plasten till nya emballageprodukter hos Trioworld samt i träplastkompositprodukter hos PolyPlank.

Det andra återvinningsförsöket utfördes i liten skala på RISE i Mölndal. Ca 25 kg väl sorterad transparent emballageplast insamlad på Optimera i Göteborg i april 2022 användes till försöket. Syftet var att utvärdera "hur bra det kan bli" om plasten sorteras på bästa sätt.

4.3.1. Reviva Plastics – fullskalig återvinning

Emballageplast insamlad på byggplatser och i bygghandeln (insamlingsförsök 1–9 i Tabell 1) processades på Reviva Plastics den 14 oktober 2021. Det var både färgad och transparent emballageplast som processades.

Vid det fullskaliga återvinningsförsöket hade Revivas återvinningsanläggning tömts på ensilageplast, den plast som normalt återvinns. Ett par ton av den insamlade färgade emballageplasten användes för att rengöra anläggningen innan provkörningen påbörjades. Den färgade emballageplasten matades in först, därefter den transparenta plasten. Plasten lyftes med maskin upp på ett transportband som matade plasten till en shredder (rivare) som strimlade plasten i bitar. Emellanåt fick inmatningen avbrytas för att manuellt ta bort felaktigt sorterat material. Figur 2 visar inmatning till shredder/riv och vidare transport av fragmenterad film till tvättanläggningen.



Figur 2. Inmatning till shredder/riv och vidare transport av fragmenterad film till tvättanläggningen.

Tvättanläggningen separerar i första steget bort smuts med högre densitet i en s.k. sink-floattank. Därefter följer flera tvättsteg. Efter sista sköljning avlägsnas vatten i en centrifug och plasten torkas med varmluft innan den går in i extrudern för smältning, blandning (kompounding) och filtrering. Figur 3 visar den tvättade färgade plastfilmen innan den matas in i extrudern. Plasten såg ut att vara ren, utan föroreningar och etiketter. Figur 4 visar processtegen.



Figur 3. Blandat transparent och färgad film före inmatning till extrudern.



Figur 4. Principskiss med de processteg som ingår i återvinningsanläggningen på Reviva Plastics.

Extrudern kördes vid 230°C och plasten smältfiltrerades genom att pressas genom ett metallfilter med masköppningar på 120µm. Före filtret sitter en kniv som kontinuerligt avlägsnar föroreningar som ansamlas på filtret. Föroreningarna pressas ut på sidorna av extrudern. Vid något tillfälle under körning av den insamlade plasten steg trycket i extrudern, vilket tydde på att föroreningar fångats upp av filtret. Det berodde sannolikt på att vissa förpackningar med produktrester av silikon och klister följt med in i processen. Figur 5 visar den vattenkylda pelletering vid extruderns mynning. Granulatet torkas och transporteras efter pelletering via en luftström för påfyllnad i oktabiner. Anläggningens kapacitet är ca 1 ton plast/timme.



Figur 5a. Tvättanläggning med friktionstvätt (markerad med pil) som via en skruv förflyttar plasten upp till nästa bad. 5b. Munstycke och pelleteringsutrustning med vattenkylning i slutet på extrudern.

Återvinningen av CirEm's film startade med den större volymen på 8 ton, transporterad från Göteborg, som innehöll en hel del färgad film. Därefter övergick återvinningen till de balar som uppskattats innehålla mest transparent film. Provs togs ut varje timme för att utvärdera egenskaperna hos materialet.

Totalt fylldes 8 oktabiner (8 ton) varav 2 stycken uppskattades bestå av enbart transparent material.

Utvärdering återvunnen råvara (recyklat)

Recyklaten utvärderades efter varje provuttag genom att blåsa film i en mindre filmblåsningsutrustning på Reviva. Filmernas transparens, jämnhet, eventuella föroreningar såsom prickar samt hållbarheten bedömdes.

Oktabiner med totalt ca 6 ton recyklatpellets skickades till Trioworld i Smålandsstenar för utvärdering och produktionsförsök. Två oktabiner med ca 2 ton pellets från den blandade färgade emballagefilmen skickades till PolyPlank i Färjestaden på Öland för utvärdering och produktionsförsök. En mindre mängd av de uttagna recyklaten skickades till RISE för pilotförsök och utvärdering.

Trioworld använde en labbextruder ansluten till en filmblåsningsutrustning för att framställa filmer. Filmprov blåstes upp till en bredd av ca 170 mm och ca 40 µm i tjocklek. Trioworld utförde relevanta provningar för att mäta egenskaper och styrka på filmerna. Processbarhet, rivstyrka, dart drop (punkteringsmotstånd), MFI (flytegenskaper) och densitet undersöktes. Även möjligheterna att använda recyklaten i olika emballageprodukter bedömdes.

RISE har också analyserat recyklatmaterialen. Mer detaljerat har polymersammansättning, renhet, oxidationsbeständighet och MFI analyserats. RISE har även formsprutat prover och testat mekaniska egenskaper såsom E-modul, brottstyrka och brottöjning. Vidare har RISE återprocessat recyklatmaterial upp till 10 gånger för att undersöka hur materialegenskaperna påverkas av att återvinnas flera gånger.

Produktionstester

Storskaliga produktionstester med recyklaten från Reviva Plastics utfördes hos Trioworld i Sundsvall och hos Polyplank på Öland.

Trioworld

5 ton av recyklatplasten skickades till Trioworld i Sundsvall. En provserie svartvit virkestäckfilm i 3 lager (90 micron, 3200 mm) producerades i mars 2022. Figur 6 visar en virkestäckfilm tillverkad av Trioworld. En produktionsextruder med kapacitet på 400 kg/h användes i försöket.



Figur 6. Virkestäckfilm tillverkad av Trioworld med återvunnen plast.

Recyklatplast tillsattes i innerskikt (svart) och mittskikt. Total inblandning recyklat i virkestäckfilmen var 31 %. Förutom PE plast innehåller skikten 20 % oorganiska tillsatser: CaCO₃, TiO₂, carbon black. Ett försök utfördes också med inblandning av 40 % återvunnen transparent emballageplast i yterskiktet för att kontrollera nyansskillnad. Recyklat från transparent film valdes då det var ljusast i pelletsform.

PolyPlank

PolyPlank tog emot 2 ton recyklatpellets från den färgade filmen som de använt vid tillverkning av pluggar till pappersindustrin, se Figur 7a. De blandade plasten med träspån och högdensitetspolyeten och formsprutade sedan pluggarna. Pluggarna används till rullar inom pappersindustrin. PolyPlank utvärderade också om den återvunna plasten skulle kunna användas i plank av träplastkomposit, se Figur 7b.



Figur 7a. Plugg för pappersrullar, tillverkade av PolyPlank. 7b. Exempel på plank av extruderade "plankor" från PolyPlank.

4.3.2. Återvinning av välsorterat transparent plastemballage

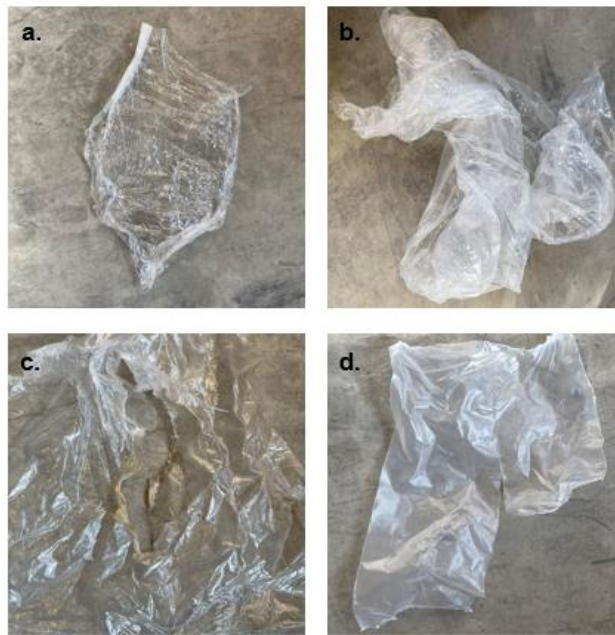
Återvinningsförsöket med transparent emballageplast insamlad på Optimera utfördes på RISE i Mölndal inom Testbädden för återvinning av plast under april – maj 2022, se Figur 8. Arbetet utfördes som ett kandidatprojekt på RISE i Mölndal. Två studenter från Kemiteknikprogrammet på Chalmers utförde arbetet med handledning av RISE, se Bilaga 1. Tillgång till utrustning inom RISE's Testbädd för materialåtervinning av plast var en viktig resurs för genomförandet av projektet.

Syftet var att undersöka hur bra återvinningen och kvaliteten på recyklatplasten kan bli då den transparenta emballageplasten sorteras separat, det vill säga skild från den färgade, och om en småskalig återvinning kan vara ett bra alternativ till den storskaliga återvinningen.



Figur 8. Transparent plast insamlad på Optimera i Göteborg.

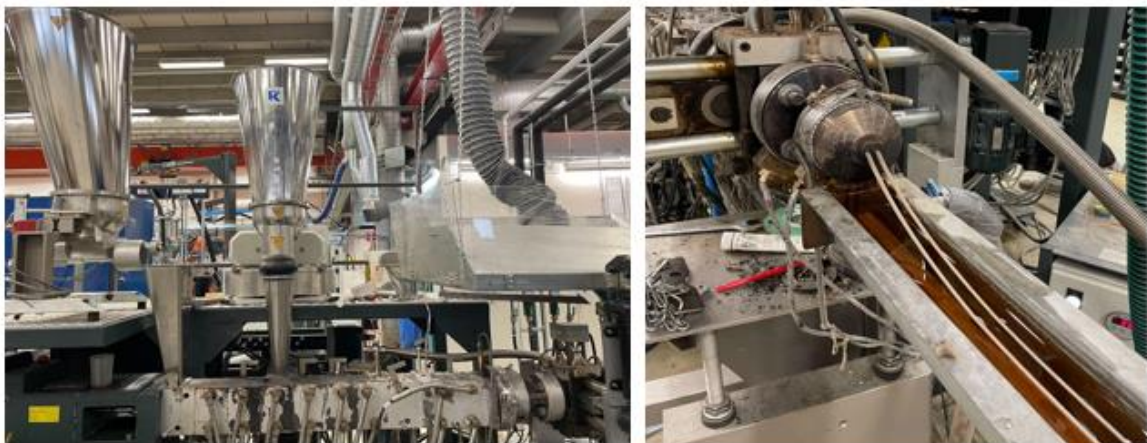
Plasten som Optimera samlat in sorterades i fyra kategorier på RISE, se Figur 9.



Figur 9a. Krymp- och sträckfilm. 9b. Ren film. 9c. Smutsig film. 9d. Tjock film.

Plastens sammansättning analyserades med Fourir Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR) och Differential Scanning Calorimetry (DSC).

Bearbetnings- och återvinningsprocesserna bestod av malning, kompondering (smältning och blandning) i en dubbelskruvsextruder, smältfiltrering samt pelletering, se Figur 10. Formsprutning och filmblåsning användes för att utvärdera process- och produkttegenskaperna hos plasten.



Figur 10. Kompondering av den malda emballageplasten utfördes i en Coperionextruder på RISE.

Smältfiltrering utfördes främst för att separera bort pappersetiketter som förekom i stor mängd. Filtergrovlek på 80, 125 och 160 µm testades. De testerna som utfördes på pelletsen var DSC, FTIR, MFI och OIT (oxidativ induktionstid). DSC och FTIR utfördes för att analysera typ av polyeten (PE) och eventuella föroreningar i materialet. OIT mättes för att undersöka nivån av antioxidanter mot termisk oxidativ nedbrytning i plasten.

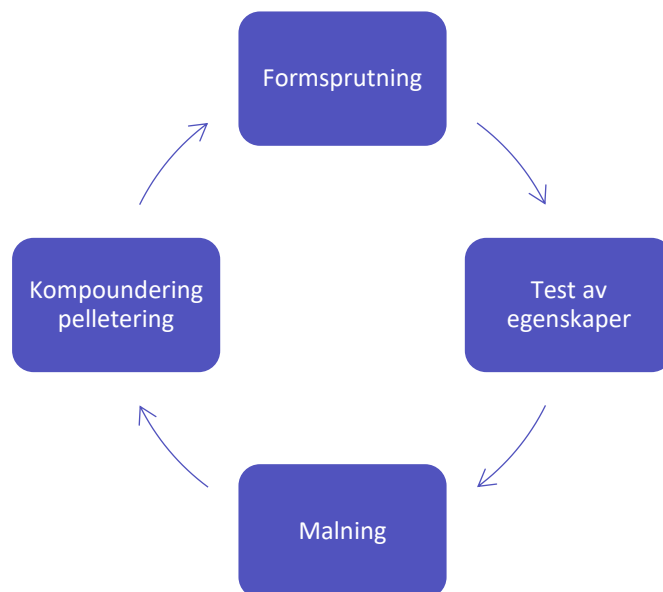
Filmblåsning utfördes på Trioworld i Smålandsstenar, se Figur 11. På filmerna utfördes testerna falling dart (punkteringsmotstånd), rivstyrka och densitetsmätning. Egenskaperna på recyklatmaterialen och dess användbarhet i nya produkter bedömdes av Trioworld.



Figur 11. Filmblåsningsförsök på Trioworld i Smålandsstenar.

4.3.3. Simulering av upprepade återvinningscykler

Om emballageplasten kommer återvinnas i ett cirkulärt system behöver den klara att återprocessas flera gånger utan att oxidera och brytas ned. För att undersöka hur plasten klarar flera återvinningscykler utfördes ett försök på RISE att återprocessa den återvunna emballageplasten upp till 10 gånger. I verkligheten blandas vanligtvis den återvunna plasten med nyråvara och späds då ut i materialet. I detta fall var det 100 % återvunnen plast. Återvinningscykeln var formsprutning av återvunnen pellets – malning – kompondering (omsmältning och blandning) i extruder – formsprutning och så vidare, se Figur 12. Användningsfasen är inte med i simuleringen. Den är kort för emballageplast och det antas därför att det inte hinner ske någon nedbrytning i plasten. Däremot skulle smuts, damm och andra typer av föroreningar på en byggarbetsplats kunnat påverka kvaliteten negativt. Mekaniska egenskaper, MFI och termisk oxidationsstabilitet (OIT) mättes därefter för att undersöka hur plastens egenskaper förändrades av upprepade återvinning.



Figur 12. Simulering återvinning.

4.4. Affärsmodeller och logistik

I detta arbetspaket genomfördes workshops, intervjuer och skrivbordsstudier. För mer information om intervjuerna, se avsnitt 4.2.2. Ett kandidatprojekt med titeln "Nulägesanalys av plaståtervinningen vid svenska byggarbetsplatser – ett logistik perspektiv" utfördes av två studenter från Logistikprogrammet på Handelshögskolan, se Bilaga 2.

4.4.1. Workshops

Två workshops hölls, en med fokus på logistik och en med fokus på kostnadsstrukturer och incitament. Logistikworkshopen ägde rum den 21 juni och varade i 1,5 timme. Alla projektparter bjöds in till workshopen och 13 deltog. Fokus låg både på logistikaktiviteter som sker på byggarbetsplatsen/byggfackhandeln och mellan de olika aktörerna. Workshopen med fokus på kostnadsstrukturer ägde rum den 7 juni och varade i tre timmar. Alla projektparter bjöds in till workshopen och 13 deltog. Båda workshoparna ägde rum online via Teams-plattformen.

4.5. Incitament och riktlinjer

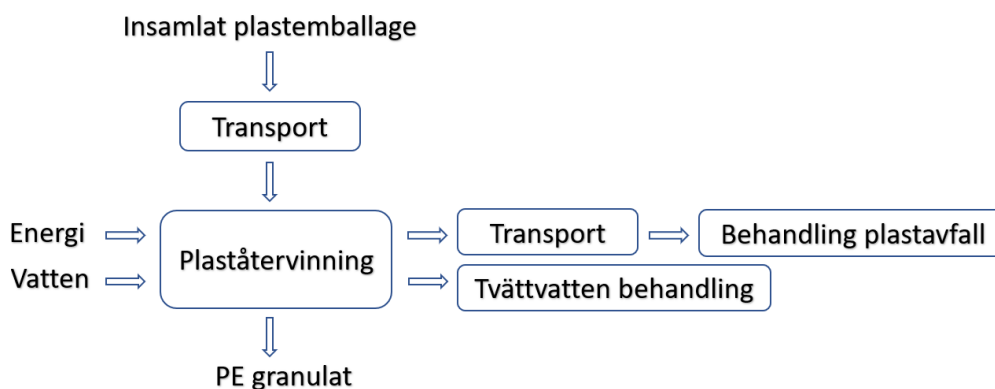
I detta arbetspaket genomfördes intervjuer, se avsnitt 4.2.2. Arbetspaketet bygger på viktiga insikter och resultat från föregående arbetspaket.

4.6. Miljösystemanalys

Analysen utfördes i syfte att bedöma klimatpåverkan och potentiella klimatbesparingar då PE-emballage återvinns jämfört med då jungfrulig plast används. Återvinning har också jämförts med förbränning med energiutvinning av plastavfall som i nuläget är vanligt förekommande för emballageplast. Besparingen av koldioxidekvivalenter (CO₂e) som skulle kunna uppnås genom att återvinna emballageplast beräknades. Beräkningarna baserades på materialets första användning – återvinningscykel och tar inte med i beräkningen att flera användnings – återvinningscykler kan förekomma, vilket skulle ge en betydligt större klimatnytta.

Återvinningsprocessen modellerades med hjälp av processdata från Reviva som producerar liknande återvunnen PE granulerad från jordbruksplast. Figur 13 visar de processer och indata som användes i beräkningarna. Övriga inventeringsdata hämtades från den verifierade databasen Ecoinvent 3.8. Processerna modellerades med hjälp av programvaran Sigma Pro och konsekvensbedömningsmetoden IPCC 2013 GWP 100a v.1.03. Med denna metod uppskattades klimatpåverkan i enheten kg CO₂e.

Då det var möjligt användes data modellerad för svenska förhållanden. Referensprocessen för ny LDPE-produktion modellerades dock enligt den genomsnittliga europeiska produktionen. För en mer rättvis jämförelse med jungfrulig LDPE inkluderades ett scenario med genomsnittlig europeisk el för återvinningsprocessen. Klimatpåverkan för den europeiska elmixen är upptill nio gånger så hög som den svenska elmixen vilket har stor påverkan på miljönyttan. Sverige är ett gynnsamt land att återvinna plast i ur ett klimatperspektiv.



Figur 13. Inkluderade processer och in- och utflöden.

Transporten till återvinningsanläggningen antogs vara i genomsnitt 400 km och transporten till avfallsbehandlingen (förbränning) antogs vara 30 km totalt, baserat på

uppskattade data från Reviva. Ca 5 % av plasten som kommer in i systemet antogs bli utsorterad och gå till förbränning med energiutvinning. Som funktionell enhet i beräkningarna valdes 1 kg plastgranulat.

Tilldelningen gjordes enligt Cut-off-principen, vilket innebär att miljöbelastningen av avfallshanteringen ligger på producenten av avfallet. Producenterna får ingen förtjänst för produktion av nyttigt material/energi som kommer till följd av avfallshanteringen. Till exempel kommer värme som genereras från förbränning av plast inte att belasta användaren av värmen utan hela miljöbelastningen läggs på producenten av det avfall som förbränns¹.

Notera att bedömningen endast omfattar den första användningscykeln och inte hela livscykeln för materialet. Resultaten tar inte hänsyn till återvinningen/avfallshanteringen av materialet efter användning, där till exempel jungfrulig plast sannolikt är lämpligare att återvinna än den plast som redan har återvunnits.

Använda data

Data för återvinningsprocessen och transporter har mottagits från Reviva.

Följande data har hämtats från databasen Ecoinvent 3.8:

Electricity, medium voltage {SE}| market for | Cut-off, U Electricity, medium voltage {RER}| market group for | Cut-off, U

Diesel {Europe without Switzerland}| market for | Cut-off, U

Wastewater, average {Europe without Switzerland}| market for wastewater, average | Cut-off, U

Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 | Cut-off, U

Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U

Waste polyethylene {SE}| market for waste polyethylene | Cut-off, U

Polyethylene, low density, granulate {RER}| production | Cut-off, U

¹ För mer information om denna metod, läs här: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/system-models/>

5. Resultat och diskussion

I det här kapitel beskrivs resultat från projektet.

5.1. Insamling och sortering

En sorteringsguide skickades ut till alla som deltog i insamlingsförsöken med information om vilken plast som skulle samlas in och sätt att samla in plasten. Ungefär 12 ton emballageplast samlades in i insamlingsförsöken, Tabell 4 visar hur mycket plast som samlades in i varje försök.

Tabell 4. Datainsamling från tester.

Nr.	Avlämnare	Stad	Mängd [kg]	Kommentarer
1	Beijer	Mölnlycke	150	Renova transportör, insamlat i bygghandeln, blandat färgat
2	Optimera	Göteborg	2 040	Ragn-Sells transportör, insamlat i bygghandeln, blandat färgat
3	NCC	Göteborg	2 710	Ragn-Sells transportör, insamlat på byggplats, blandat färgat
4	NCC	Göteborg	2 600	Renova transportör, insamlat på byggplats, blandat färgat
5	JM	Stockholm	460	Ragn-Sells transportör, mest transparent
6	JM	Stockholm	1 340	Ragn-Sells transportör, mest transparent
7	Bewi	Varberg	2 000	Huvudsak transparent plast
8	PEAB	Göteborg	611	Ragn-Sells transportör
9	PEAB	Alingsås	220	Ragn-Sells transportör
10	Optimera	Göteborg	25 kg	Transparent plast

Den insamlade plasten som transporterats från Göteborgsområdet (Figur 14) bestod av 13 balar (5,4 ton) som omhändertagits av Ragn-Sells samt 4 balar (2,56 ton) som hanterats av Renova.



Figur 14. Insamlad emballageplast från Göteborgsområdet innehållande mycket färgad film, majoriteten insamlad på byggarbetsplatser.

Plasten som samlats in av JM i Stockholm (Figur 15a), bestod mestadels av transparent film och hanterades därför tillsammans med den transparenta plasten som samlats in av Bewi (Figur 15b).



Figur 15a. Plast insamlad av JM i Stockholm bestod mest av transparent film. 15b. Plast insamlad av Bewi var i huvudsak transparent.

Figur 16 visar oönskat material som sorterades bort före inmatningen till återvinningsanläggningen för att inte orsaka problem och skada på utrustningen men också för att inte förstöra kvaliteten på den producerade återvunna plasten. Material som sorterades bort var bland annat armerad PP-plast, spackeltuber, skumplast och bitar av elkabel.



Figur 16a. Felsorterad armerad plast som togs bort före inmatningen. 16b. Felsorterad plast som måste tas bort före inmatningen. 16c. Felsorterat plastnät, troligen av polyamid eller polyester, som sorterades bort före inmatningen.

5.2. Återvinning och produktframtagning

5.2.1. Utvärdering av återvinningsprocessen och återvunnen råvara (recyklat) på Reviva

Revivas återvinningsprocess med shredding – tvätt – torkning – smältfiltrering – kompondering och pelletering fungerade sammanfattningsvis bra för emballageplasten då föroreningar, såsom spackeltuber med mera, sorterats bort före inmatningen i anläggningen. Behovet av manuell övervakning och sortering vid inmatningen på Reviva medförde dock flera avbrott och är inte praktiskt eller kostnadseffektivt genomförbart på detta sätt. Trycket i extrudern steg vid smältfiltret vid ett tillfälle. Föroreningar hade satt igen filtret och orsakade tryckökningen. Sannolikt hade spackeltuber råkat komma in i anläggningen.

Revivas tvättanläggning med flera tvättsteg fungerade bra. Pappersetiketter på plasten kunde tvättas bort. Recyklatpelletsen från färgad och blandad film blev mörkgrå och från transparent film mer ljus grå, se Figur 17. Kvaliteten på de producerade recyklaten testades genom att blåsa film och graden av transparens, jämnhet, förekomst av föroreningar i form av prickar samt hållbarheten bedömdes, se Figur 18.

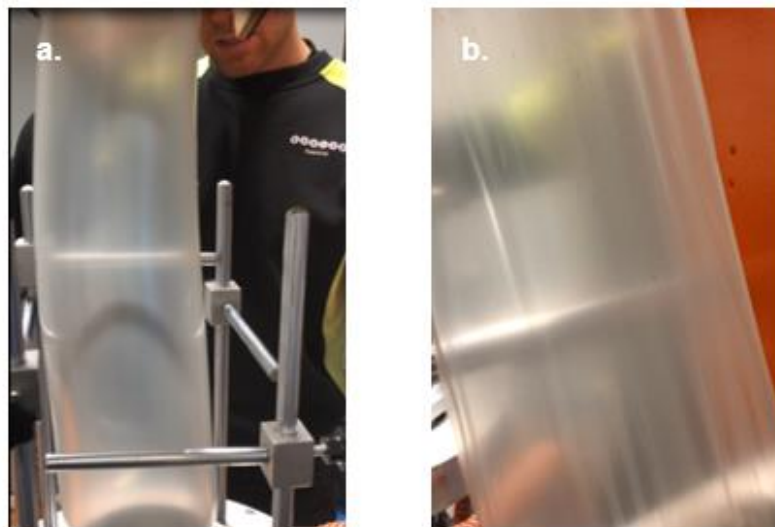


Figur 17. Recyklat av färgad film blev mörkgrå och transparent film blev ljusgrå.



Figur 18. Filmbåsning av recyklat från färgat emballage.

Figur 19 visar resultaten vid filmbåsning av de material som bedömts bestå av mest transparent film, med en del färgat tryck. Filmerna var transparenta men med något grå ton och enstaka små prickar.



Figur 19a. Filmblåsning av prov uttaget av recyklat som var mest transparent. 19b. Sista provet av transparent recyklat uppvisar några prickar.

Sammanfattningsvis var filmblåsningstesterna på emballageplasten godkända enligt Revivas bedömning, åtminstone i syfte att den återvunna emballageplasten ska kunna användas till plastpåsar. Prickarna i filmen var få vilket betyder att pappersetiketter och andra föroreningar kunnat separeras bort effektivt i tvättstegen eller smältfiltret.

5.2.2. Utvärdering på Trioworld

Trioworld blåste också filmer, 70 mm breda och ca 40 μm tjocka, och testade egenskaperna hos filmen, resultaten visas i Tabell 5. Oktabinprov märkt 2 var blandad färgad film, 3 transparent, 4 transparent och 5 blandad färgad.

Tabell 5. Resultat provning av recyklatplasten utförd på Trioworld.

Prov märkt	Dart drop (g)	Rivstyrka MD (mN)	Rivstyrka TD (mN)	MFI 2,5 kg/190°C (g/10 min)	Densitet
2. Recyklat färgad	160	984	3530	0,38	0,923-0,925
3. Recyklat transp	175	1261	5092	0,43	0,923-0,925
4. Recyklat transp	150	1703	7048	0,43	0,923-0,925
5. Recyklat färgad	165	1786	4663	0,49	0,923-0,925
<i>Krav sopsäck</i>	<i>Min 150</i>	<i>Min 1500</i>	<i>Min 3500</i>	<i>0,5-1,5</i>	<i>0,920-0,930</i>
<i>MD: I processriktningen</i>					
<i>TD: Tvärs processriktningen</i>					

Låga MFI-värden (melt flow rate), under 0,5, begränsar processbarheten då det blir svårt att blåsa tunn film. Låga värden på rivstyrkan, i MD, i batchprov 2 och 3 begränsar också användningen i vissa applikationer. En vanlig åtgärd är att blanda återvunnen råvara med nyråvara för att justera egenskaperna. Trioworlds bedömning av recyklatens egenskaper och användbarhet är:

Sträckfilm: Ej godkänd processbarhet eller mekaniska egenskaper för att fungera i denna applikation.

Täckfilm + Toppark: Recyklaten har ok mekaniska egenskaper, men infärgningen begränsar. Ett viktigt krav på toppark är att streckkoder ska kunna läsas igenom plasten så den behöver därför vara tillräckligt transparent. Recyklaten fungerar sannolikt i färgad täckfilm såsom virkestäckfilm.

Säckar: Begränsningar i mekaniska egenskaper samt MFI medför att fraktionerna inte är optimala. Lägre inblandningshalt, tjockare säckar alternativt enklare applikationer kan vara ett alternativ. Recyklaten kan användas i enklare svarta/grå sopsäckar

5.2.3. Utvärdering på RISE

På RISE analyserades recyklatens polymersammansättning och det visade sig vara blandningar av främst polyetenerna LDPE och HDPE, men också LLDPE. Resultat från mekaniska tester på formsprutade prover visas i Tabell 6 nedan.

Tabell 6. Egenskaper för tre recyklat (formsprutade prover).

Prov märkt	E-modul	Brottstyrka (MPa)	Brottöjning (%)	MFI, 5 kg/190°C (g/10 min)
2. Recyklat färgad	198	13,4	170	1,5
3. Recyklat transp	249	14,7	150	1,0
4. Recyklat transp	219	No break	No break	1,6

Värdena på E-modulen är låga och det betyder att materialen är mjuka och flexibla, det vill säga väl lämpade för filmer och folier. De relativt låga värdena på MFI visar också att filmblåsning eller extrudering är lämpliga formningsprocesser. De låga värdena på spänningen vid brott visar att materialet lätt deformeras. Stor töjning är nödvändigt för att kunna forma materialet vid filmblåsning. Om materialen skulle användas till formsprutning behöver det blandas med högdensitetspolyeten för att öka styvheten och eventuellt fiberförstärkning (såsom PolyPlank gör).

5.2.4. Produktionsförsök

Trioworld i Sundsvall – Produktion av virkestäckfilm

Produktionsförsöken utfördes med 30 % recyklatinblandning i mittskiktet och i innerskiktet. Alla inblandningarna fungerade bra med stabil drift, utan problem med produktion eller produkt. Inblandningar i innerskikt och mittskikt ger endast marginella nyansskillnader i det vit/grå ytterskiktet. Prov 2–4 gav inga märkbara skillnader i ytstruktur men prov 5, recyklat från färgad film, ger en klart knottrigare film som dock inte ger problem i virkestäckfilmen. Alla inblandningar ger sämre rivstyrka, både i maskinriktningen (MD) och i tvärsriktningen (TD), (se Tabell 7) jämfört med referensprovet. Dock inte sämre resultat än att det är godkänt.

Tabell 7. Resultat provning av recyklatplasten utförd på Trioworld

Prov märkt	Rivstyrka MD (cN)	Rivstyrka TD (cN)	MFI 2,5 kg/190°C (g/10 min)
2. Recyklat färgad	677	1538	0,38
3. Recyklat transp	591	1566	0,43
4. Recyklat transp	773	1687	0,43
5. Recyklat färgad	775	1613	0,49
<i>Referens virkesfilm</i>	<i>838</i>	<i>1939</i>	

Inblandning med 40 % av prov 3, recyklat från transparent film, i ytterskikt gav en mindre men fortsatt acceptabel nyansskillnad. Ytterskiktet blev vitt/grått. Alla inblandningar gav fortsatt stabil drift utan problem för produkt eller produktion.

Det bör vara möjligt att öka inblandningen upp till 50% enligt ansvarig på Trioworld, eventuellt med begränsningar till vissa sorteringar om recyklatet används i ytterskikt.

PolyPlank

Försöket visade att PolyPlank kan använda recyklat från den blandade färgade emballageplasten i plugg till pappersindustrin. Det finns inga krav på pluggens utseende, vilket gör att det går bra att plasten är färgad. Endast några få procent av den återvunna emballageplasten användes i varje plugg och blandas med träspån. HDPE tillsätts därefter för att få rätt egenskaper för formsprutning. Pluggar är en volymmässigt stor produkt för PolyPlank och materialbehovet är stort även om andelen recyklatplast från emballage är liten per plugg.

Den färgade recyklatplasten kan inte användas i plank, som är PolyPlanks största produkt, eftersom planken då inte kan färgas i rätt kulörer. Recyklatplast från transparent emballageplast skulle med största sannolikhet kunna användas enligt produktionsansvarig på PolyPlank, men har inte utvärderats i produkten.

5.2.5. Småskaligt försök att återvinna transparent plastemballage

Emballageplasten från Optimera hade sorterats i fyra kategorier på RISE:

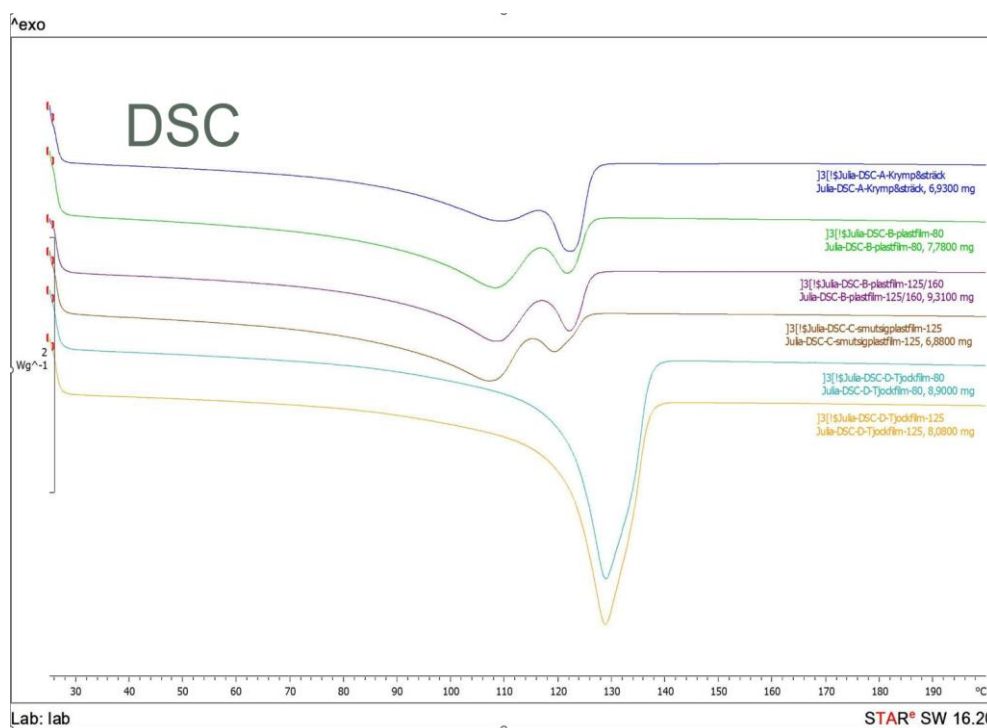
- A. Krymp- och sträckfilm
- B. Ren film

C. Smutsig film

D. Tjock film

Analys emballagefilm

Analys med FTIR och DSC utfördes på filmer före återvinningsprocessen för att verifiera materialen. Alla material är av polyeten visar FTIR-analyserna och DSC visar de olika filmernas smälttemperaturer och smältvärme (smältentalpi). Prov A smälter vid 121°C, vilket är typiskt för LLDPE. B har en smälttemperatur vid 112°C, vilket är kännetecknande för LDPE. Utseendet med dubbla smälttoppar visar att det i A också finns en liten mängd LDPE inblandad och vice versa för B. Smälttemperaturen för D vid 130°C är typisk för HDPE, se Figur 20.



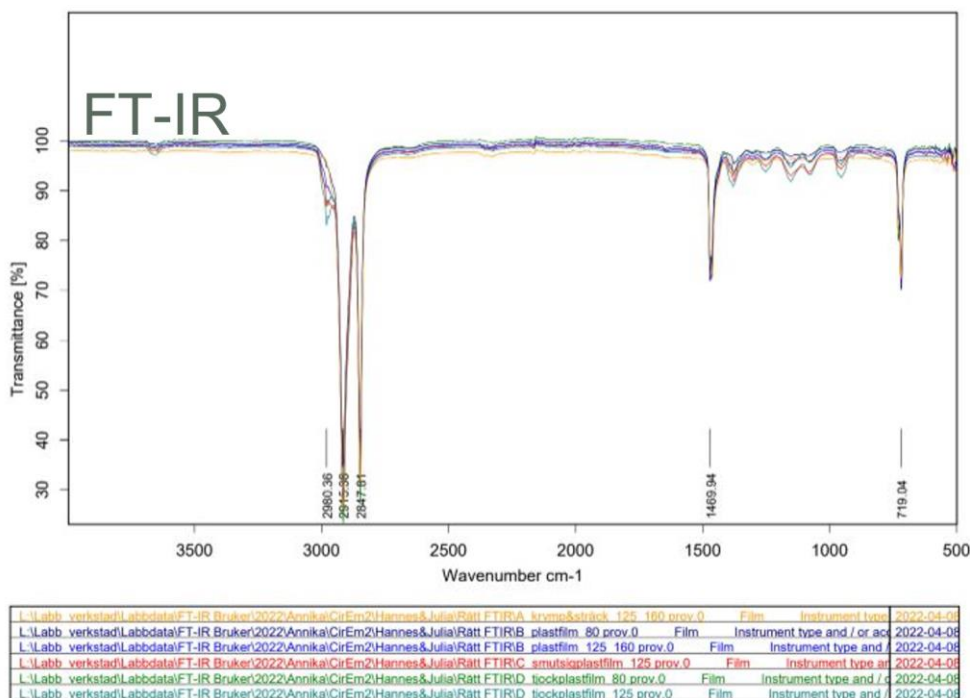
Figur 20. Smälttemperatur och smältvärme analyserade för plastfilmerna (före återvinningsprocessen).

Återvinningsprocessen

Kompoundingen med smältfiltrering var utmanande och ineffektiv eftersom det var mycket pappersetiketter på plasten. Smältfiltret satte igen snabbt och behövde rengöras ofta. Olika filtergrovlekar testades: 80, 125 och 160 µm. Alla materialblandningarna doftade bränt av cellulosan i etiketterna och eventuellt även av limmet på etiketterna. Prov A luktade extra mycket bränt. Det var mycket etiketter i prov A relativt andelen plast.

Analys recyklatplast

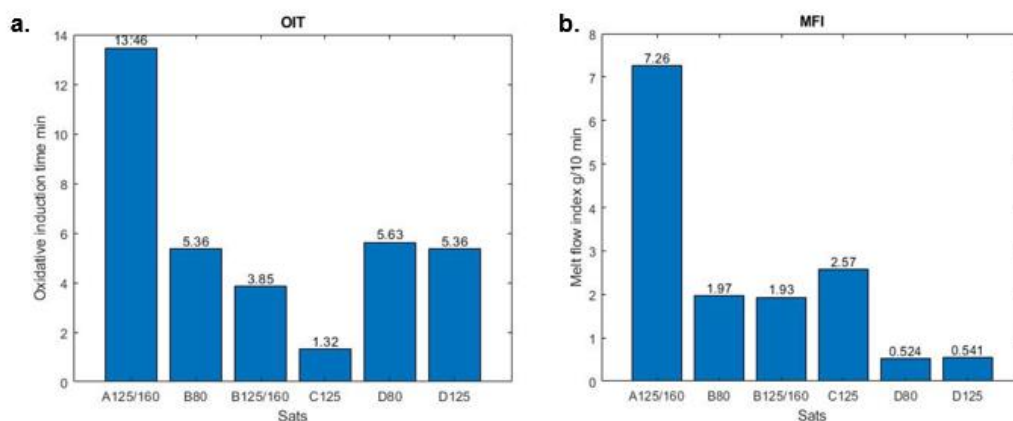
FTIR-analys utfördes på den producerade recyklatpelletsen för att undersöka om det fanns några rester av cellulosa, från pappersetiketter, och limrester i plasten. I så fall hade det varit svårt att använda plasten i nya filmprodukter, men analyserna visade inte på några rester av vare sig cellulosa eller lim. Smältfiltreringen hade fungerat bra. Siffrorna 160, 125 och 80 i provbeteckningarna anger det använda smältfiltrets grovlek. Se FTIR-spektrum i Figur 21.



Figur 21. FTIR-spektrum recyklatpellets A, B, C och D.

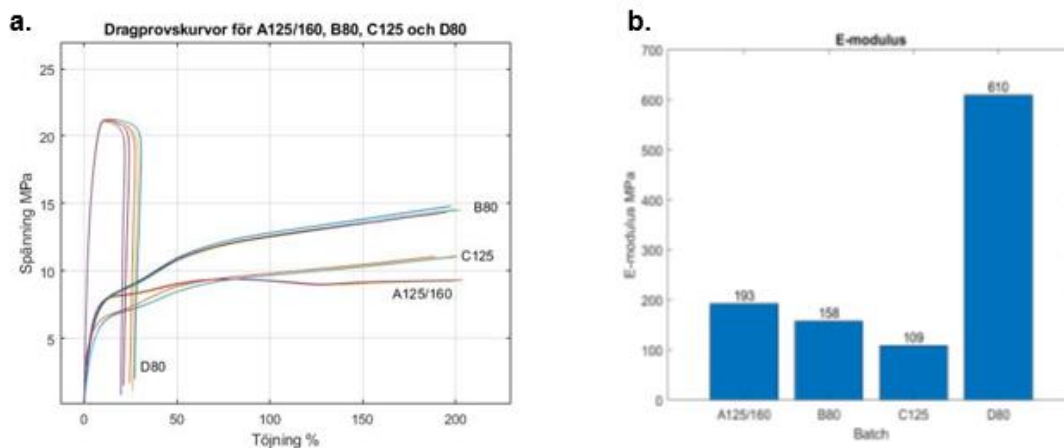
Figur 22a visar OIT (Oxidativ induktionstid i syrgas vid 200°C) i minuter för recyklatblandningarna. Om tiden är under 3 minuter är det lämpligt att tillsätta extra antioxidanter mot termisk oxidativ nedbrytning i komprimeringssteget. Detta eftersom plasten bör klara fler än en användnings- och återvinningscykel.

MFI har stor betydelse för processbarheten och det är stora skillnader mellan recyklaten eftersom de innehåller olika typer av polyeten, se Figur 22b.



Figur 22a. OIT (min) i syrgasatm. vid 200°C. 22b. MFI mätt vid 190°C och 5 kg.

Dragprovning av formsprutade provstavar visade att det var skillnad i materialens mekaniska egenskaper, se spänning, töjning och elasticitetsmodul i Figur 23. A som innehåller en stor andel LLDPE är mycket töjbar jämfört med D som är recyclat från den tjockare HDPE-filmen. Material A, B och C är mjuka och flexibla material medan D är betydligt styvare.



Figur 23a. Dragprovning formsprutade provstavar. 23b. E-modul formsprutade provstavar.

Utvärdering filmblåsning och egenskaper på recyklaten hos Trioworld

På Trioworld blåstes film, se Figur 24, och egenskaperna utvärderades enligt nedan.



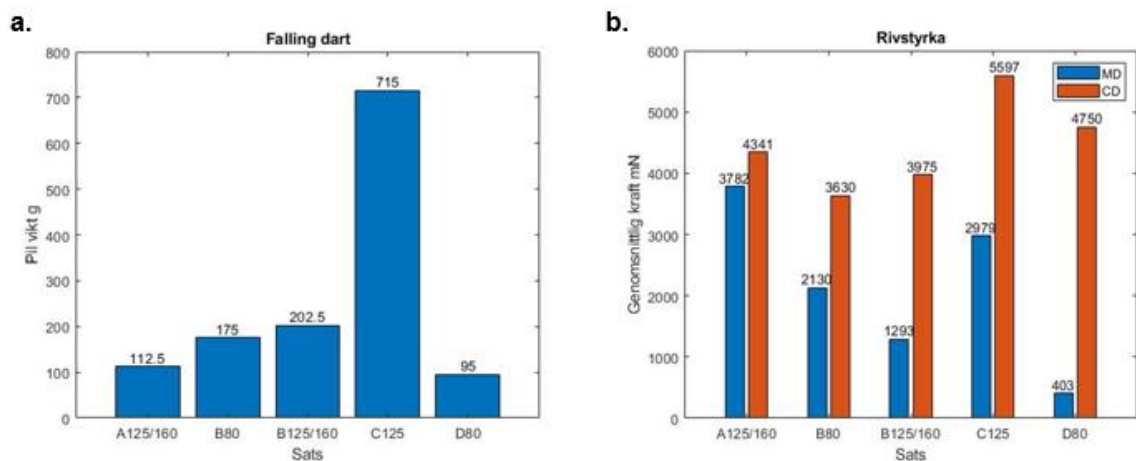
Figur 24. Filmblåsning på Trioworld.

Tjockleken och densiteten på de blåsta filmerna visas i Tabell 8. Tjockleken beror av polyetensammansättningen och smältegenskaperna (MFI).

Tabell 8. Utvärdering filmblåsning och egenskaper på recyklaten hos Trioworld.

Filmprov	Tjocklek [μm]	Densitet [g/cm^3]
A125/160	32	0,885
B80	29	0,921
B125/160	30	0,922
C125	30	0,886
D80	27	0,938

Falling dart, det vill säga de blåsta filmernas punkteringsbeständighet, visas i Figur 25a. Rivstyrkan mätt i maskinriktningen (MD) och tvärs processriktningen (CD) visas i Figur 25b.



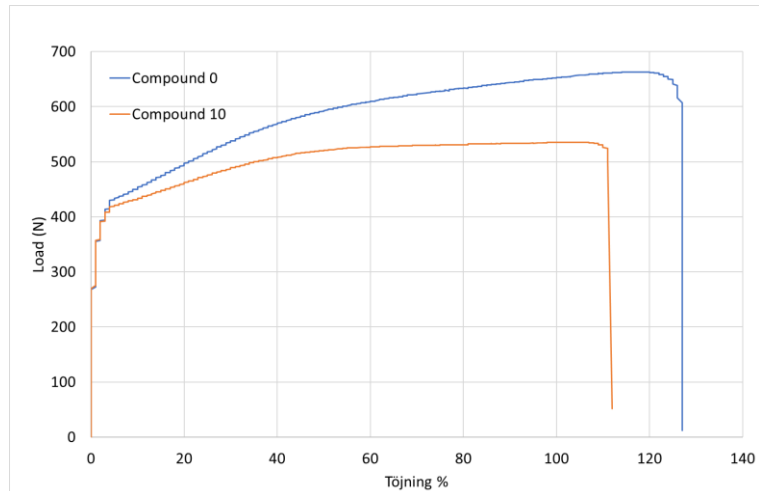
Figur 25a. Falling dart resultat på film. 25b. Rivstyrka på film.

Trioworlds bedömning är att:

- Recyklat A kan användas för inblandning i ny krymp- och sträckfilm, kanske upp mot 30%.
- Recyklat B, C och D kan användas för inblandning i sopsäckar.
- Samtliga recyklat, A, B, C och D, kan användas i täckfilm och huvar.
- En blandning av den transparenta plasten från Optimera (A, B, C och D) skulle kunna användas till sopsäckar, huvar och täckfilm men inte i krymp- och sträckfilm.

5.2.6. Simulera flera återvinningscykler

För att undersöka hur plasten klarar flera återvinningscykler återprocessades den återvunna emballageplasten från Reviva, det vill säga recyklat från färgad film, (ytterligare 10 gånger på RISE. Återvinningscykeln var formsprutning av återvunnen pellets – malning – kompondering i extruder – formsprutning. Efter 10 cykler hade brottspänningen och brottöjningen minskat, se Figur 26. Även OIT (oxidationsstabiliteten) och MFI hade sjunkit, se Tabell 9. Polyetenmaterialet har sannolikt börjat förnäta lite grann, därav förändringen i egenskaper, vilket är ett tecken på oxidation i materialet.



Figur 26. Brottspänning och brottöjning hos formsprutade provstavar.

Tabell 9. Resultat efter flera återvinningscykler.

No compoundings	OIT (min)	MFI, 5 kg/190°C (g/10 min)
0	3,0	1,63
5	1,7	1,51
10	1,1	1,40

Film blåstes på Trioworld efter att det återvunna materialet cyklats 10 gånger. Det fungerade bra, se filmen i Figur 27.



Figur 27. Blåst film efter 10 cyklingar.

Filmens punkteringsmotstånd hade inte försämrats enligt de mätningar (Dart drop) som utfördes, men rivstyrkan hade däremot försämrats, särskilt i tvärsiktningen, se Tabell 10.

Tabell 10. Resultat dart drop och rivstyrka.

Prov	Dart drop (g)	Rivstyrka MD (mN)	Rivstyrka TD (mN)
Återvunnet Reviva (4)	150	1703	7048
10 ggr komp	150	1181	1885
Krav sopsäck	Min 150	1500	3500

Enligt sakkunning på Trioworld är materialet fortfarande användbart till nya täckfilmer efter att det återprocessats 11 gånger (1 ggr på Reviva och 10 ggr på RISE). Det bör dock blandas med nyråvara för att egenskaperna ska uppfylla produktkraven på rivstyrka. Extra antioxidanter mot termisk-oxidativ nedbrytning är lämpligt att tillsätta när materialet ska återvinnas många gånger för att förhindra nedbrytning.

5.3. Affärsmodeller och logistik

5.3.1. Analys av kostnadsstrukturer

I projektet gjordes en typ av ekonomisk kartläggning för att bättre förstå vilka kostnadsstrukturer som skulle kunna tänkas råda för olika insamlingsupplägg av emballageplast. Ytterst handlade det om att få en bättre förståelse för den ekonomiska bärkraftigheten, både för systemet och leveranskedjan som helhet såväl som hos enskilda aktörer i leveranskedjan. Kartläggningen baserades framför allt på vilka fraktioner som insamlas idag och vilken den slutliga avsättningen för den insamlade plasten är. Det angreppssätt som användes var att räkna baklänges utifrån gällande marknadspriser för regranulat av emballageplast. Utifrån detta perspektiv gjordes sedan en övergripande analys om vilket ekonomiskt "utrymme" som kan finnas för att finansiera föregående aktiviteter i form av insamling, transport och övrig hantering (viktiga aktiviteter i leveranskedjan från där avfallet uppkommer till att det förbereds för materialåtervinning).

Den typ av regranulatfraktioner, baserade på emballageplast, som användes i analysen var:

- Transparent

- "Grumset"/"grådaskigt" (typiskt en mix av transparent och färgad emballageplast där den färgade plasten späds ut)
- Färgat

Avfallsfraktioner av emballageplast:

- Transparent (i olika kvaliteter där den högsta vanligen benämns LDPE 98/2, vilket innebär att renhetsgraden i den insamlade avfallsfraktionen ska vara minst 98 viktprocent i form av transparent LDPE-film och resterande två tillåts utgöras av färgad LDPE)
- Färgad/blandad

Precis som för mycket annat har marknadspriserna för plastråvara nått ovanligt höga nivåer sedan 2021. Höga marknadspriser är något som kan leda till ökade incitament för en ökad plaståtervinning men samtidigt ge en upptrissad bild av den ekonomiska bärkraftigheten i detta, vilken snabbt kan komma att minska i takt med att priserna på plastråvara faller och går tillbaka till mer av ett normalt läge.

Prisuppgifter för avsättning inhämtades från den tyska handelsplattformen Plasticker (Plasticker, 2022) som förmedlar tillgång och efterfrågan på använd plastråvara samt inhämtar och sammanställer information om genomförda affärstransaktioner. Som ett komplement inhämtades även vissa prisuppgifter från projektdeltagare vilka kunde användas för att se på prisförhållandet mellan de tre fraktionskvaliteterna som listas ovan. Den prisinformation som kan fås via Plasticker är baserad på "förädlingsnivå" och säger inget om det rör sig om transparent eller färgad plast etc. Priserna anges per polymertyp men säger heller inget om vilka plastprodukter det rör sig om. Prisinformationen ska därför läsas med viss försiktighet. En viktig orsak till att prisinformation inhämtades från en källa som Plasticker kan förklaras genom att prisuppgifter ofta kan vara affärsmässigt känslig information och något som deltagare i projekt som detta inte gärna delar publikt. På grund av avsaknaden av en mer heltäckande prisbild via projektdeltagarna såg projektutförarna det som nödvändigt att hitta alternativa vägar framåt. Arbetsgången kom därför att ibland bli lite som ett detektivarbete med en del antaganden längs vägen. Där antaganden har gjorts skrivs det tydligt ut i texten.

Plasticker om marknadspriser

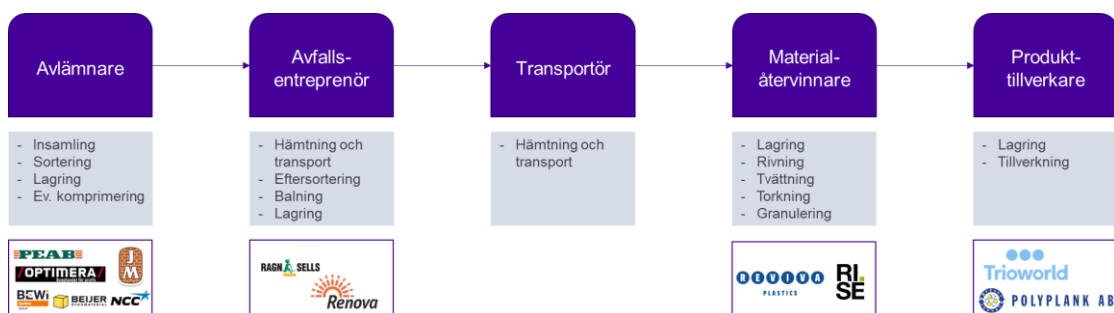
Som förädlingsnivåer med tillhörande prisuppgifter finns det tre stycken hos Plasticker. Från en låg till en hög grad av förädling är dessa som följer: "Bales" (balad använd plast), "Regrind" (kvarnad/riven använd plast) samt "Pellets" (använd plast som gått genom en extruder och därefter hackats till pellets). Pellets som en typ av plastfraktion baserad på använd/sekundär plastråvara, och som därmed blivit förberedd för att återvinnas, benämns ofta "regranulat". Så även i denna rapport. På Plastickers hemsida går att ta del av prishistorik som sträcker sig tolv månader tillbaka i tiden. Under utförandet av

projektet inhämtades månatliga genomsnittliga försäljningsdata vid två tillfällen vilket i detta fall gav försäljningspriser för perioden maj 2021 till augusti 2022.

Tabell 11. Prisuppgifter från den tyska handelssajten Plastics for secondary LDPE-plast för perioden maj 2021-augusti 2022. Prisuppgifterna är baserade på månatliga medelvärden och visas för tre olika förädlingsnivåer av sekundär LDPE.

	Bales	Regrind	Pellets (Regranulat)
Lägsta pris (SEK/kg)	1,26	3,42	7,02
Högsta pris (SEK/kg)	4,87	8,38	12,94
Pris medel (SEK/kg)	2,97	5,30	9,34
I förhållande till "Bales"	-	+79 %	+215 %
I förhållande till "Regrind"	-	-	+76 %

I Tabell 11 ses vilket ekonomiskt värde, baserat på ett genomsnitt av de månatliga marknadspriserna för perioden maj 2021 till augusti 2022, som kan tillföras varje grad av förädlingsnivå. Att låta kvarna LDPE-film gav i medeltal ett prispåslag om 79 % medan det för pellets innebar motsvarande 215 % jämfört med värdet på balad LDPE. Att gå från kvarnad LDPE till pellets gav i sin tur ett påslag om 76 %. Denna typ av jämförelser kan ge en bra indikation om hur marknadspriserna förhåller sig mellan de tre förädlingsnivåerna. Prisökningen i det att gå från en lägre till en högre nivå av förädlingsgrad behöver i sin tur relateras till kostnaden för att genomföra just denna aktivitet. I Figur 28 visas de aktörstyper som ofta ingår i dagens leveranskedjor för att uppnå materialåtervinning av plastemballageavfall som uppkommer inom verksamheter. Den ekonomiska kartläggningen baseras på samtliga aktörstyper förutom "Transportör".



Figur 28. En översikt av leveranskedjan samt med tillhörande huvudaktiviteter för att materialåtervinna plastemballageavfall.

Produkttillverkare

För produkttillverkare och i detta fall slutanvändare av den sekundära plastråvaran var det från början primärt kostnadsmässiga faktorer som drev på utvecklingen mot att blanda in sekundär råvara i produktionen. Denna drivkraft kvarstår men sedan det började jobbas på detta sätt har det hunnit hända mycket på miljö- och klimatområdet där andra incitament för att använda sekundär plastråvara blivit alltmer relevanta. Drivkrafterna har därför breddats över tid. Gällande prisaspekten råder det även delade meningar om huruvida återvunnen plast är billigare eller dyrare än nytillverkad plast. Detta är något som bland annat lyfts i utredningen *Det går om vi vill: Förslag till en hållbar plastanvändning* (SOU 2018:84, 2018). Som komplement till prisuppgifterna från Plasticker har projektutförarna fått ta del av viss prisinformation från projektdeltagare som visar på hur det för en tillverkare av LDPE-baserade produkter förhåller sig med inköpspriser för de tre regranulatkategorierna: (1) transparent; (2) gråaktig (mix av transparent och färgad plastråvara); samt (3) färgad/svart. Av affärsmässiga skäl skrivs de faktiska inköpskostnaderna inte ut men kan däremot jämföras med det som hämtats från Plasticker. Inköpspriset för en produkttillverkare är ju det försäljningspris en materialåtervinnare/regranulerare använder sig av om en sådan aktör säljer direkt till en produkttillverkare utan mellanhänder.

Tabell 12. Prisförhållanden mellan tre kategorier av LDPE-regranulat men där några faktiska priser inte är möjliga att dela i dett fall. Det lägsta priset för en färgad/svart fraktion av regranulat har därför satts till "X" SEK.

Typ av regranulat	Prisförhållande
Transparent	1,67X SEK (+67%)
Gråaktig	1,33X SEK (+33%)
Färgad/Svart	X SEK

När prisuppgifterna och förhållandet mellan inköpspriserna i Tabell 12 jämförs med den information som inhämtats via Plasticker ses att det högsta genomsnittliga månadspriset för pellets/regranulat om knappt 13 SEK/kg ligger mycket nära det inköpspris som projektdeltagare angett för transparent regranulat. Det lägsta priset om drygt 7,0 SEK/kg ligger i sin tur nära inköpspriset för färgad/svart regranulat medan medelpriset om cirka 9,3 SEK/kg för perioden maj 2021 till augusti 2022 hamnar nära inköpspriset för den gråtonade regranulatfraktionen. De prisuppgifter för regranulat som angavs av projektdeltagare är ett medelpris för maj 2022. Motsvarande marknadspris för primär LDPE, producerad i Europa och med en kvalitet likvärdig den sekundära, hade ett medelpris om drygt 27 SEK/kg för samma månad. I sammahanget är det dock vitkigt att notera att priset på plastråvara nådde mycket höga nivåer under våren 2022. Sedan dess

har priserna hunnit sjunka och sådan primär LDPE som i maj 2022 kostade 27 SEK/kg kostade drygt 22 SEK/kg som medel i januari 2023.

Med utgångspunkt i detta projekt ses att det finns kostnadsmässiga incitament för en produkttillverkare att använda sekundär plastråvara (i form av LDPE).

Materialåtervinnare/regranulerare

Bland projektets deltagare förekommer inte fraktionen "Regrind" separat utan en aktör så som Reviva tar emot balade plastfraktioner av LDPE och producerar regranulat som sin utgående produkt. Som visats tidigare (se Figur 4) rivs den inkommande plasten innan den tvättas. Den fraktion som går ut från det inledande rivningssteget kan som jämförelse sägas vara i formen av "Regrind" men går sedan direkt vidare i den interna produktionen. "Regrind" är därför en fraktion som inte tillägnas någon vidare uppmärksamhet i detta sammanhang.

Vad en materialåtervinnare, som exempelvis Reviva, betalar för inkommande balad plast är inte känt för rapportförfattarna. För närvarande är det dessutom ensilageplast Reviva tar emot även om de i och med den pågående utbyggnaden framöver också kommer ta emot transparent LDPE från exempelvis byggindustrin. Utgångspunkten har framför allt därför varit Plastickers data som visar på en stor spridning mellan det lägsta respektive högsta genomsnittliga månadspriset (cirka 1,3 – 4,9 SEK/kg (+277 %)) och ett medelpris om knappt 3,0 SEK/kg för balad plast. Detta kan jämföras med prisuppgifter från början av april 2022 som inhämtades via en projektdeltagare. Av samma orsak som tidigare skrivs inte heller dessa prisuppgifter ut. Däremot kan det sägas att för den finaste kvaliteten (den med högst ekonomiskt värde) av insamlad LDPE (LDPE 98/2 – minst 98 vikt% transparent LDPE) som aktörer så som Renova och Ragn-Sells använder sig av låg priset i samma storleksordning som det medelpris som togs fram via Plasticker (knappt 3,0 SEK/kg). För övrig LDPE i form av blandad och mixad fraktion uppgick priset till en sjättedel av den för LDPE 98/2. I fallet med LDPE 98/2 hade priset ökat med 400 SEK/ton från föregående månad medan motsvarande siffra för övrig LDPE uppgick till 100 SEK/ton. Prisförändringarna visar på en stor volatilitet och en situation som branschen såg som extrem vid tillfället.

Som ett enkelt räkneexempel kan ett förmodat försäljningspris för transparent LDPE-regranulat om cirka 13 SEK/kg jämföras med inköpspriset för balad LDPE 98/2 om cirka 3,0 SEK/kg. Det ger hos en aktör som Revia ett ekonomiskt utrymme motsvarande 10 SEK för varje ut- och ingående kilogram plastråvara. I detta belopp ska samtliga kostnader för framtagandet av regranulat täckas såväl som inrymma en tillräcklig marginal för att få verksamheten att gå med vinst.

Avfallsentreprenörer

I de tjänster som aktörer verksamma inom byggindustrin köper från avfallsentreprenör

ingår typiskt att få utställt lastbärare för diverse avfallsfraktioner samt få dessa hämtade och tömda på sitt innehåll när de är fulla. Inför att ett byggprojekt (den fas som utgörs av det faktiska byggandet) ska påbörjas genomförs vanligen ett startmöte mellan det ansvariga byggföretaget och avfallsentreprenören där det planeras för hur avfallshanteringen ska se ut under byggprocessen. Det kan bland annat handla om vilka avfallsfraktioner som ska samlas in samt när under processen det förväntas särskilt stora mängder av ett visst avfallsslag. I fallet med mjukplast erbjuder avfallsentreprenörer vanligtvis ett antal olika kvalitetsfraktioner för insamling. Som nämns ovan är LDPE 98/2 den högsta kvaliteten och därefter följer vanligtvis 95/5, 90/10, 80/20 samt färgad/övrig LDPE. För mer information om dessa fraktioner hänvisas till Ragn-Sells och Renovas respektive hemsidor.

Efter hämtning och tömning av plasten genomför avfallsentreprenören i regel en eftersortering av materialet innan den balas (där en bal med LDPE kan väga upp mot 1000 kg). Eftersorteringen görs bland annat för att säkertställa att ej önskvärda (felaktigt sorterade) material och produkter separeras ut samtidigt som det ger en möjlighet att sätta ihop fraktioner som uppnår en viss kvalitet (sett till materialinnehåll) och därmed betingar ett visst ekonomiskt värde då det säljs vidare i ett nästa led. Ur kostnadssynpunkt är det som avfallsentreprenör angeläget att utföra en så liten handpåläggning i form av eftersortering som möjligt. Det till stor del manuella arbetet åter snabbt på den eventuella intäkten men är samtidigt en del i en typ av avvägning som behöver göras. Vid sidan om att avfallsentreprenörer tar betalt för tillhandahållandet av lastbärare och tömning av desamma kan de i fallet med mjukplast göra återbetalningar/prisavdrag till avfallslämnaren beroende på vad det rör sig om för fraktionskvaliteter. Ju högre fraktionskvalitet desto högre belopp återbetalas eller dras av baserat på det som samlats in och hämtats.

Avfallslämnare – byggplatser och byggfackhandel

Som nämnts i rapportens bakgrund ska sedan 2020 allt plastavfall som genereras vid byggnation och rivning sorteras ut i minst en separat plastfraktion. Att sortera plastavfall i den brännbara fraktionen är därför inte längre tillåtet. Att samla in mjukplast separat på byggarbetsplatser är vanligt förekommande även om det på många håll inte görs idag. I vilken utsträckning är inte känt för rapportförfattarna men i samband med en intervju med ett av projektets deltagande byggföretag framgick att det vid tillfället (maj 2022) fanns totalt 19 pågående projekt knutna till den intervjuade personens kontor. Vid hälften av dessa projekt sorterades mjukplast ut i en separat fraktion. Just det exemplet visar på ett stort gap om målsättningen är att få samtliga byggprojekt att sortera ut mjukplast separat. För de byggarbetsplatser som sorterar ut mjukplast separat rör det sig i regel om en fraktion och då LDPE 80/20. Att merparten av mjukplasten idag ofta utgörs av antingen helt transparent plast eller transparent plast med tryck bekräftas av personer med koppling till projektet. Men om det uppgår till en 80/20-fördelning (som minst) är något som verkar variera.

Personer anställda i byggföretag som rapportförfattarna talat med uttrycker att de i dagsläget inte ser några ekonomiska incitament för att sortera ut mjukplast i mer än en fraktion. Utan att känna till vad en avfallslämnare betalar en avfallsentreprenör för hyra av lastbärare samt hämtning och tömning är det svårt att säga något mer konkret om den rådande kostnadsbilden för byggföretag och aktörer inom byggfackhandeln. Däremot finns det vissa kostnadsposter som kan ge en indikation om hur det förhåller sig i stort. Bland annat handlar det om storleken på den eventuella återbetalningen från avfallsentreprenören, vilka avfallsmängder av mjukplast som genereras under ett byggprojekt samt kostnaden för hyra och tömning av lastbärare. När det gäller vad som kan återbetalas tycks en färgad/mixad LDPE-fraktion inte ge upphov till någon återbetalning alls. Med hänvisning till de antagagnaden som görs ovan (under materialåtervinnare/regranulerare), där försäljningspriset för balad LDPE 98/2 antas ligga någonstans runt 3 SEK/kg medan en LDPE 80/20-fraktion förväntas uppgå till cirka en sjättedel av den för 98/2, fås ett pris om ungefär 0,5 SEK/kg. Detta prisbelopp kan förmodligen uppfattas som lågt men då ska det samtidigt kommas ihåg att prisuppgiften är från en tidpunkt då priserna steg kraftigt och låg på ovanligt höga nivåer. Hursomhelst, mot bakgrund av detta prisbelopp kan det förmodligen sägas vara rimligt att någon återbetalning från avfallsentreprenören inte verkar vara aktuell i dagens läge. För högre fraktionskvaliteter än denna verkar det dock förekomma återbetalning. Baserat på uppgifter som rapportförfattarna fått ta del av kan ett förhållande som ses i Tabell 13 fungera som en typ av riktmärke.

Tabell 13. Prisförhållanden för återbetalning till avfallslämnare (ofta så kallade "kickbacks") för fyra olika LDPE-avfallsfraktioner

Fraktionstyp	Prisförhållande
LDPE färgad/blandad	0 SEK/ton
LDPE 80/20	X SEK/ton
LDPE 95/5	> 3X SEK/ton
LDPE 98/2	> 8X SEK/ton

Återigen baserat på antagandet om att en avfallsentreprenör kan sälja balad LDPE 98/2 för cirka 3000 SEK/ton är det rimligt att tro att återbetalningsbeloppet för samma fraktionskvalitet bör ligga en bra bit under detta. Det som kvarstår ska täcka kostnaderna för uthyrning av lastbärare, transport och tömning av densamma, eftersortering, balning och lagring. Om "8X" antas uppgå till 1000 SEK ton skulle X vara lika med 125 SEK/ton. Låt säga att en byggaktör skulle satsa på två lastbärare för att sortera ut transparent mjukplast från övrig mjukplast, då skulle den andra fraktionen utgöras av LDPE färgad/blandad. På samma gång som det belopp som skulle kunna återbetalas för LDPE

98/2 skulle hamna på den högsta nivån, skulle ingen återbetalning ske för den lägsta fraktionskvaliteten. Detta samtidigt som en ytterligare lastbärare skulle medföra extra hyres- och hämtningskostnader. Utöver det tar två likadana lastbärare upp dubbelt så stor yta som en, och just plats för avfallshantering är något det kan råda stor brist på på en byggarbetsplats. Ett enkelt räkneexempel skulle kunna se ut som det i Tabell 14.

Tabell 14. Ett grovt räkneexempel för avfallslämnare för att visa på vilka kostnader som skulle kunna vara behäftade med insamling av plastemballage och övrig mjukplast i en eller två fraktioner.

- Under ett byggprojekt uppkommer totalt 5 ton mjukplastavfall med en fördelning som motsvarar en fraktionskvalitet enligt LDPE 80/20. Det skulle i sådana fall ge:
 - 4 ton transparent mjukplast
 - 1 ton färgad mjukplast eller transparent mjukplast med färgtryck
- En lastbärare för LDPE 80/20 skulle ge en återbetalning enligt:
 - $5 \text{ ton} * 125 \text{ SEK/ton} = 625 \text{ SEK}$
- En lastbärare för LDPE 98/2 samt en för 80/20 skulle ge en återbetalning enligt:
 - $4 \text{ ton} * 1000 \text{ SEK/ton} = 4000 \text{ SEK}$
 - $1 \text{ ton} * 125 \text{ SEK/ton} = 125 \text{ SEK}$

Det ger en 3500 SEK högre återbetalning i fallet med två lastbärare. För att kalkylen ska hålla är detta en summa som inte får överstigas på grund av tillkommande kostnader i och med en andra lastbärare. För ett byggprojekt som pågick under projektiden, och som rapportförfattarna var i kontakt med, användes en komprimatorcontainer med en volym om 8 m³. Månadshyran för den typen av lastbärare uppgick till 2500 SEK/månad. Det finns billigare lastbärlösningar men det kan å andra sidan innebära att fler tömningar behöver göras under perioden för byggprojektet, vilket i sin tur adderar den typen av kostnader. För att sammanfatta så står det tydligt att det för en avfallslämnare av LDPE inte är en vinstaffär i dagens läge. Snarare handlar det om att hitta sätt att reducera kostnaden för vad en avfallslämnare behöver betala en avfallsentreprenör för hanteringen av LDPE.

Alternativkostnader för övrig hantering av LDPE-film

Innan införandet av lagkravet om att plastavfall som genereras vid byggnation och rivning ska sorteras ut och hållas separat från övrigt avfall skulle avfallskostnaden för att samla in och hantera LDPE via antingen den brännbara eller blandade fraktionen varit aktuell att

jämföra med. Men eftersom det inte längre är tillåtet att lägga plastavfall i denna typ av fraktioner kvarstår framför allt att jämföra med om LDPE hanteras via en blandad plastfraktion som innehåller alla typer av plastavfall som uppkommer i samband med byggnation och rivning. För det första verkar det vara en typ av avfallsfraktion avfallsentreprenörer helst inte vill ska användas. En blandad plastfraktion som innehåller både hård- och mjukplast, samt olika polymertyper, medför tydliga utmaningar för att möjliggöra en mer kvalitativ materialåtervinning. Ett grundläggande steg för att kunna materialåtervinna plastinnehållet i avfallsfraktionen är att först sortera innehållet i "rena" (homogena) fraktioner utifrån polymertyp. Förutom att det är ett tidskrävande arbete i sig kan aktiviteten bland annat även försvåras genom att större stycken av mjukplast "fångar in" hårdplast och därmed gör den mer svåråtkomlig. Även om det finns ett lagkrav om att sortera ut plast separat och hålla det skilt från övrigt avfall finns det inget i nuvarande regelverk som säger att det inte är tillåtet att hantera den insamlade plasten via enegiåtervinning. På samma sätt skulle egentligen separat insamlad mjukplast kunna hanteras, även om det kan ses som något högst kontraproduktivt.

5.3.2. Logistik

Under intervjuerna och logistikworkshopen diskuterades olika logistik- och transportlösningar mellan avlämnare och materialåtervinnare. Dessa olika lösningar kommer att beskrivas här.

Samarbete mellan avlämnare och avfallsentreprenör

Den vanligaste lösningen som används idag är att en avlämnare och en avfallsentreprenör har ett nära samarbete där avfallsentreprenören hjälper till med att planera insamlingen och hämtar avfallet. När projekt startar sker ett startsmöte för att planera hur insamlingen ska organiseras på ett effektivt sätt som diskuteras i avsnitt 5.3.1. Avfallsentreprenören har mycket erfarenhet och kunskap om hur man hanterar avfall på bästa sätt, vilket kan vara en stor fördel för avlämnaren. Avfallsentreprenören kan tillhandahålla en sorteringsguide som hjälper avlämnaren att sortera avfallet på rätt sätt. I ett välfungerande samarbete har avlämnaren en kontaktperson som de kan kontakta vid eventuella frågor så att frågorna kan lösas på ett snabbt och effektivt sätt. När avfallsentreprenören har samlat in avfallet sker en eftersortering och plasten komprimeras till stora balar som transporteras till en återvinnare. Några utmaningar med denna lösning är att samarbetet med en avfallsentreprenör kan vara kostsamt och avlämnare blir beroende av avfallsentreprenören för att hantera avfallet, vilket kan leda till problem om avfallsentreprenören inte är tillgänglig eller inte tillhandahåller den kvalitet och service som förväntas. Åtta av insamlingsförsöken hade ett liknande upplägg.

Transportera direkt från avsändare till återvinnare

En av lösningarna som diskuterades var att skicka plastavfallet direkt från avlämnare till återvinnare och därmed inte använda en avfallsentreprenör för att hantera plasten. Denna lösning kan potentiellt minska kostnader genom att minska antalet aktörer som är

involverade i processen och även minska antalet transporter. Det skulle dock behövas en aktör som sköter transporten av plastavfallet från olika byggarbetsplatser till materialåtervinnare. I de flesta intervjuer där denna lösning diskuterades togs flera utmaningar upp, så som att det skulle krävas att fler aktörer kommer in på arbetsområdet, speciellt om avfallsentreprenören fortfarande skulle hantera andra avfallsfraktioner. Andra utmaningar är att mycket plast behöver samlas in och förvaras för att kunna fylla en lastbil och avlämnaren skulle kanske inte få lika bra servicestöd som de får från avfallsentreprenörerna. Detta upplägg användes i ett av testerna där en transportör hämtade plastavfallet från avlämnare och transporterade det till återvinnaren.

Produktleverantören hämtar avfall vid leverans av produkter

För denna lösning skulle leverantören hämta avfall och utnyttja returtransporten vid leverans av produkter till en byggarbetsplats. Produktleverantören har redan en etablerad infrastruktur och logistik för att leverera produkter till arbetsplatsen, vilket gör att ta med plastavfall på samma gång kan vara en effektiv lösning. Denna lösning kan minimera antalet transporter som krävs för att ta hand om plastavfallet och om produktleverantören redan har en befintlig logistik kan det minimera kostnader jämfört med att anlita en separat avfallsentreprenör. Denna lösning diskuterades under både intervjuer och en workshop. En person på en byggarbetsplats nämnde att denna lösning inte skulle vara lämplig om inte leverantören kunde erbjuda samma tjänst till alla byggarbetsplatser. Leverantörerna nämnde att denna lösning skulle vara svår för dem att implementera eftersom det finns vissa lagar och tillstånd som måste beaktas. Produktleverantören kan också ha begränsad kapacitet för att ta hand om plastavfallet, särskilt om de har en stor mängd produkter att leverera. Leverantören kan också sakna rutiner och erfarenheter för att effektivt ta hand om plastavfall, vilket kan leda till ineffektiviteter och högre kostnader. Denna lösning testades inte i insamlingsförsöken.

5.4. Incitament och riktlinjer

5.4.1. Incitament

Involverade aktörer behöver se tydliga incitament för sitt arbete för att skapa långsiktiga lösningar där stora mängder plastemballage materialåtervinns. En del av CirEm har därför handlat om att undersöka incitament hos sådana aktörer. Icke-ekonomiska incitament är viktiga att lyfta då det är uppenbart att också andra värden än strikt ekonomiska kan vara styrande och utgöra drivkrafter för de aktörer som hanterar och arbetar med plastemballage. Icke-ekonomiska incitament är sådana typer av incitament som inte är ekonomiskt drivande utan istället kan handla om miljö samt sociala aspekter. Denna typ av incitament är svåra att mäta men är likväl något många projektparter uttryckt är av hög betydelse för dem och deras arbete.

Incitament för avlämnare

För avlämnare av plastemballager (byggarbetsplatser och byggfackhandel) har följande incitament för sortering och insamling av plastemballager identifierats.

- **Miljöansvar:** Många byggföretag har implementerat hållbarhetsstrategier och hållbarhetsmål i sina verksamheter och insamling av avfall är en viktig del av detta arbete. Genom att öka sorteringsgraden av avfall och minska mängden avfall som går till förbränning visar byggföretagen att de tar sitt ansvar för miljön på allvar och strävar efter att minimera sin påverkan på den. Det finns också en ökande medvetenhet om de negativa konsekvenser som plastavfall har på miljön, och detta har gjort det viktigare för företag att samla in plastavfall och förebygga det från att hamna i naturen eller i förbränning.
- **Lagkrav:** Regler och lagar kan införas som sätter högre krav på sortering av avfall vid källan. Det kan vara bra att agera redan nu och börja samla in plastemballager separat. Dessa lagkrav kan inkludera krav på insamling och återvinning av plastemballager samt rapportering av mängden som samlats in.
- **Kunden:** Kunden efterfrågar mer hållbarhet och byggföretag kan visa sitt engagemang för miljön genom att sortera material som är möjliga att materialåtervinna. Genom att visa engagemang kan företagen förbättra sin image och öka kundnöjdheten.
- **Konkurrensfördel:** Genom att visa en aktiv och engagerad inställning till miljön och hållbarheten, kan ett företag visa konsumenterna och samhället i stort att de tar sitt miljöansvar på allvar. Detta kan leda till ett ökat förtroende från konsumenterna. Dessutom kan det åstadkomma en positiv PR-effekt för företaget, där deras hållbara handlingar uppmärksammas och ses som ett led i kampen mot plastavfall och miljöproblematiken i stort. Genom att agera på detta sätt kan byggföretag också uppmärksamma sina konkurrenter och tvinga dem att också ta ett större miljöansvar och agera hållbart.

Incitament för mottagare

För mottagare av plastemballager i olika led (avfallsentreprenörer, materialåtervinnare, produkttillverkare) har följande incitament för att samla in och hantera plastemballager identifierats.

- **Miljöansvar:** Mottagarna har ofta hållbarhetsmål som de strävar efter. De målen kan till exempel vara att skicka mer material till materialåtervinning eller använda mer sekundärt material i produktionen. Genom att samla in, återvinna och återanvända plastavfall förhindrar företagen att plastmaterial hamnar i naturen.

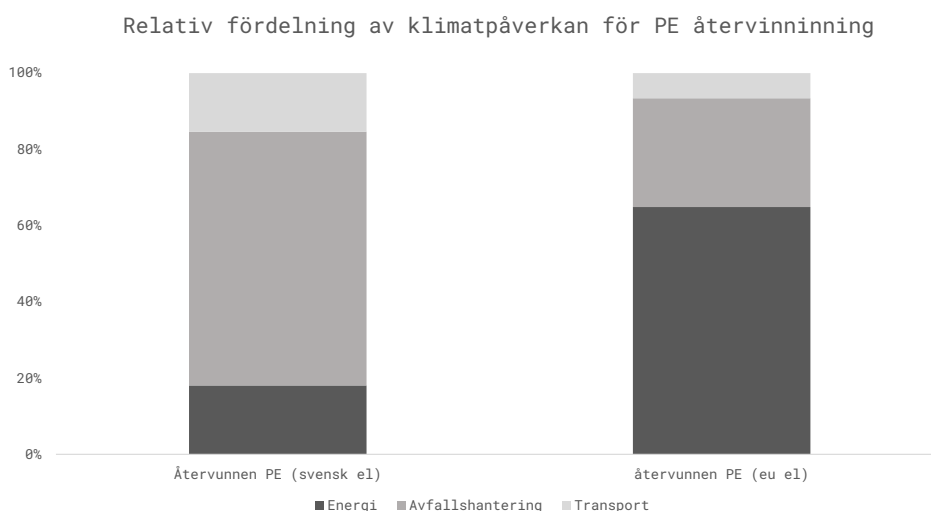
- Lagkrav och efterfrågan: Lagstiftning kan komma att införas som sätter högre krav på användning av återvunnet material i nya plastprodukter, vilket kommer att bidra till en ökad efterfrågan på återvunnen plast. Återvinningsföretag som säljer sekundärt plastmaterial till plastproducenter kommer att behöva ha tillgång till värsorterat plastmaterial.

5.4.2. Riktlinjer

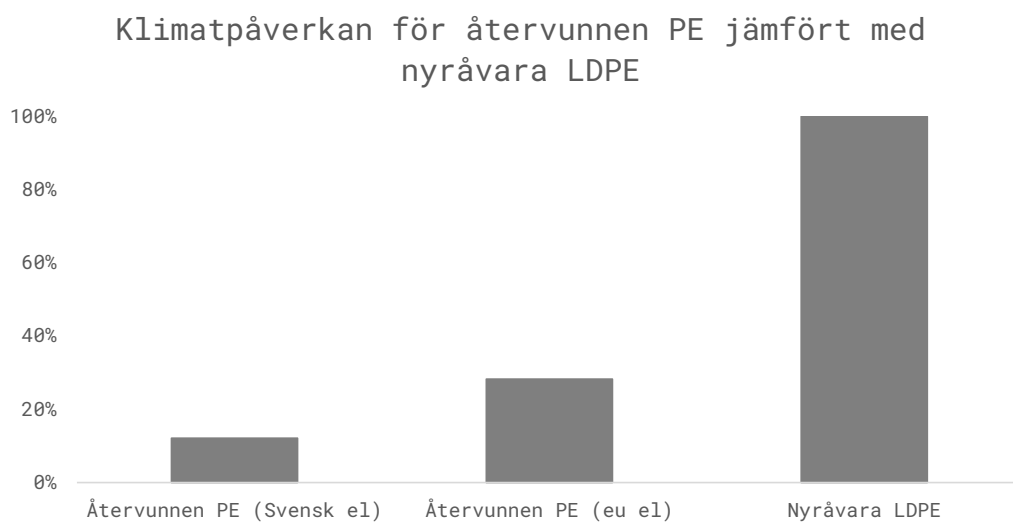
Två riktlinjer utarbetades i projektet. En av riktlinjerna har fokus på hur plastemballage ska utformas för att vara återvinningsbara och vilka användningsområden som finns för den återvunna plasten. Riktlinjerna kan vara till hjälp vid inköp av hållbara återvinningsbara produkter samt vid kravsättning och upphandlingar. De andra riktlinjerna handlar om hur man ska sortera plastemballage för välfungerande materialåtervinning. Riktlinjerna finns i Bilaga 3 och 4.

5.5. Miljösystemanalys

PE har stor potential att återvinnas och det är också fördelaktigt ur ett klimatperspektiv. När ett fungerande system för insamling och sortering av PE finns på plats finns det potential att spara mellan 2,6-2,9 kg CO₂e för varje kg återvunnen plast som inte går till förbränning med energiutvinning. Återvinningsprocessen använder mellan 12–28 % av energin jämfört med att tillverka ny jungfrulig PE beroende på om svensk eller europeisk elmix används. När svensk elmix används är det avfallshanteringen som har störst klimatpåverkan. Det beror främst på förbränningen av plastavfallet. När europeisk energimix används har energin störst klimatpåverkan, se Figur 29.

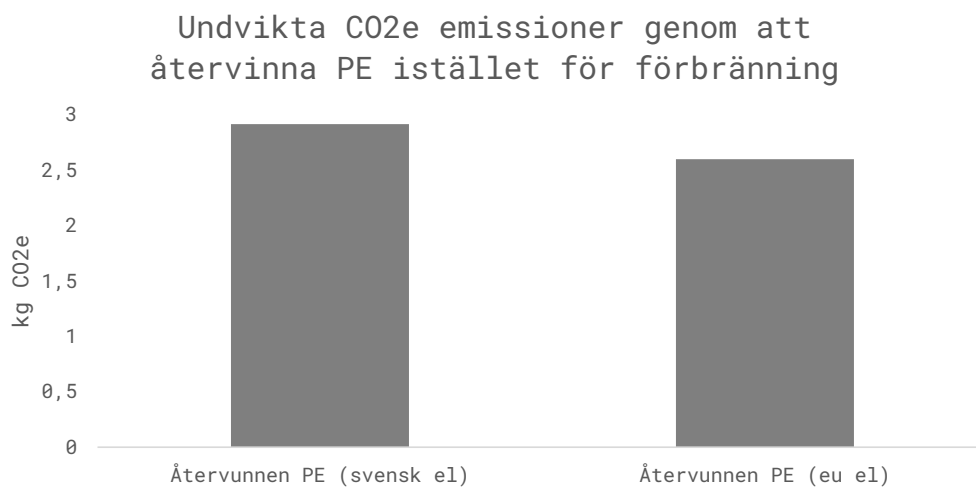


Figur 29. Relativ fördelning av klimatpåverkan för plaståtervinningen, för scenario med genomsnittlig svensk el respektive europeisk el.

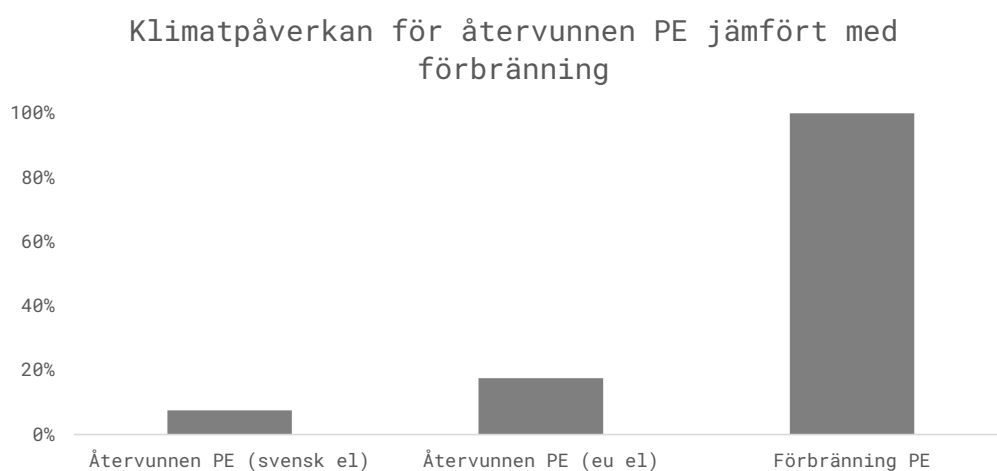


Figur 30. Klimatpåverkan för återvunnen PE, för scenario med genomsnittlig svensk el och genomsnittlig europeisk el, i relation till LDPE nyråvara (producerad i Europa).

När PE återvinns och förbränning undviks är besparingen av CO₂e mellan 2,6 och 2,9 kg CO₂e per kg PE granulat, se Figur 31. Klimatpåverkan av att återvinna PE jämfört med förbränning är mellan 8 och 18 % beroende på elmixen, se Figur 32.



Figur 31. Undvikna kg CO₂e emissioner när PE återvinns i stället för att förbrännas, med scenario med genomsnittlig svensk el respektive europeisk el.



Figur 32. Klimatpåverkan för återvunnen PE i relation till förbränning, för scenario med genomsnittlig svensk el respektive europeisk el.

6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

I det här kapitalet beskrivs slutsatser samt nyttiggörande samt ges förslag till nästa steg

6.1. Slutsatser

6.1.1. Insamling och sortering

- Det är svårt för byggarbetsplatser att sortera plast i flera olika fraktioner på grund av olika orsaker som platsbrist. De flesta av deltagarna i insamlingsförsöken sorterade plastfilm separat från andra plastfraktioner men kunde inte sortera plastfilmen i en transparent och en färgad fraktion. Ett sätt att försöka minska behovet av att sortera i fler fraktioner skulle vara att kräva endast transparent plastfilm vid inköp av material och därigenom minska eller eliminera den färgade plastfilmen. Möjligheterna att ytterligare förbättra sorteringen av helt transparent plastfilm från färgad plastfilm bör undersökas för att höja värdet på recyklatplasten.
- Det finns en mycket stark koppling mellan byggföretag/byggfackhandel och den aktör som de har avtalat med att samla in plasten. Den kopplingen gör att det är avfallsentreprenören som driver insamlingsarbetet och också utbildar personalen på arbetsplatsen. Avfallsentreprenören är alltså en viktig faktor att beakta när man sätter upp ett cirkulärt system.
- Både avfallsentreprenörerna och återvinningsaktören behövde sortera plasten efter att ha fått den från avlämnaren. Det fanns en del andra typer av plast som hårdplast, armerad film och tuber som innehållit lim och silikon som inte hörde till och som plockades ut innan materialet återvanns. Önskad plast gör att smältfiltret sätts igen och kan orsaka produktionsstopp. Det kan också försämra kvaliteten på recyklatet om föroreningarna tar sig igenom filtret. Det är även tid- och kostnadskrävande att manuellt sortera plasten och därigenom finns ett behov av att försöka minska behovet av ytterligare sortering. För att komma över detta är det viktigt med en mycket tydlig och regelbunden kommunikation inom arbetsplatsen, att peka ut de vanligaste misstagen när det gäller sortering, att kontinuerligt kommunicera sorteringsriktlinjerna och även ha ett gott samarbete med avfallsentreprenören.

6.1.2. Återvinning och produktframtagning

- Reviva Plastics anläggning med tvättsteg, torkning, kompondering med smältfiltrering fungerar utmärkt och ger hög kvalitet på recyklatet förutsatt att inte oönskade material kommer in i anläggningen.
- Den mest transparenta recyklatplasten kan sannolikt används till plasthuvar enligt Trioworld. Den färgade plasten kan användas till virkestäckfilm och till säckar och avfallspåsar med låga krav. Den färgade recyklatplasten kan också användas i träplugg som Polyplank tillverkar.
- De färgade trycken på plasten färgar plastrecyklatet grått. Stora färgade tryck på plastemballage bör därför undvikas så att inte materialet nedgraderas.
- Det fungerar bra att återvinna den transparenta plasten från Optimera utan ytterligare sortering till nya huvar, täckfilmer och sopsäckar. Inblandningsgraden beror på den återvunna plastens egenskaper men ofta hamnar den på 30%, ibland mer. För att kunna använda återvunnen emballageplast i ny krymp- och sträckfilm behövs en separat insamlingsfraktion av just krymp- och sträckfilm.
- Pappersetiketter bör ersättas med etiketter av polyetenplast för att underlätta återvinningsprocessen och förbättra den återvunna plastens kvalitet.
- Plastemballagefilmen klarade att återprocessas 11 gånger utan att spädas med nyråvara och kan användas till ny täckfilm. Det visar på stor potential att återvinna emballageplast många gånger.

6.1.3. Affärsmodeller och logistik

- Storleken på marknadspriserna och antalet involverade aktörer i leveranskedjan, från där avfallet uppstår till att det blir förberett för återvinning och slutligen återanvänds, visar på ett förhållande där det för avfallslämnare (byggarbetsplats och byggfackhandel) i dagsläget inte ser ut att nå en positiv kalkyl där det ekonomiska värdet (och därmed intäkterna) på plastemballageavfall och annan mjukplast överstiger kostnaderna för att samla in, förvara det i lastbärare samt få det hämtat och borttransporterat. I ett sådant läge handlar det därför istället om att reducera sina kostnader för avfallsslaget. Som både visats med ett enkelt räkneexempel samt uttryckts av projektdeltagare saknas det idag tillräckliga ekonomiska incitament att sortera mjukplastavfall som uppkommer på byggarbetsplatser i mer än en fraktion.
- Att avfallslämnare saknar ekonomiska incitament för att sortera plastemballage och annan mjukplast i mer än en fraktion är något som försvårar för att uppnå en mer värdebevarande och kvalitativ materialåtervinning. Denna typ av situation kan uppfattas som en slags flaskhals och motverka vikten av en mer noggrann sortering vid källan.

- För de fyra aktörtyper som den ekonomiska kartläggningen baserats på ser det i dagsläget ut att finnas jämförelsevis tydliga affärsmässiga och ekonomiska aspekter för materialåtervinnare att producera sekundär LDPE-råvara från plastemballage och annan mjukplast som uppkommer som avfall inom byggindustrin. Detsamma gäller för produkttillverkare som köper in och använder sig av sekundär LDPE-råvara i sin produktion.
- Kostnadsbilden för avfallsentreprenörer för hantering av plastemballage och annan mjukplast är känslig för manuell handpåläggning i samband med eftersortering inför ombalning och vidareförsäljning till materialåtervinnare. Vad en avfallsentreprenör kan få betalt för en transparent kontra färgad LDPE-fraktion skiljer sig stort åt. Data för en viss tidpunkt (mars 2022) som använts i rapporten visade på ett sex gånger så högt marknadspris för balad LDPE 98/2 som för färgad. I projektet har det varit svårt att få en bra bild av hur det på ett mer detaljerat plan förhåller sig med den övergripande kostnadsbilden för aktörtypens hantering och vidareförsäljning av avfallsslaget.

6.1.4. Incitament och riktlinjer

- Det finns ekonomiska utmaningar kopplat till insamling av plastemballage men vilken betydelse detta har kan skilja sig åt mellan olika aktörer. Det finns också goda exempel på där andra värden sätts framför de strikt ekonomiska.

6.1.5. Miljösystemanalys

- Återvinning av emballageplasten ger för varje återvinningscykel en besparing i 2,6–2,9 kg CO₂e för varje kg återvunnen plast som inte går till förbränning med energiutvinning. Återvinningsprocessen använder mellan 12–28 % av energin jämfört med att tillverka ny jungfrulig PE beroende på om svensk eller europeisk elmix används.
- Återvinning i Sverige är mycket fördelaktigt ur ett klimatperspektiv och även ur ett resursperspektiv då råvaran används inom landets gränser.

6.2. Nyttiggörande

Projektet har samlat aktörer som tillsammans utgör en stor och viktig del av leveranskedjan för att uppnå materialåtervinning och cirkulering av plastemballage och annan mjukplast som uppkommer som avfall inom byggindustrin. Projektdeltagarna har visat ett stort intresse och har varit måna om att ta vidare resultat som genererats i projektet för att omsätta i sina respektive organisationer och verksamheter. Projektet har vid flera tillfällen även uppmärksammats i branschmedia. Det planeras även för ett

fortsättningsprojekt (se "6.3 Nästa steg") till stor del på grund av det betydande intresset för att fortsatt jobba med dessa frågor.

6.3. Nästa steg

För tillfället (2023-01-30) arbetas det med att sätta ihop en projektansökan för ett demonstrationsprojekt som en fortsättning på projektet. Avsikten är att söka finansiering via RE:Source årliga utlysning som 2023 stänger den 14 februari.

7. Projektkommunikation

Projektet bidrog till kunskapsbyggande kring insamling, sortering, och återvinning av plast, med fokus på emballageplast från byggindustrin. Projektresultaten kommer att vara användbara för många företag och organisationer i Sverige för att börja utveckla lösningar och bygga vidare på resultaten. För att säkerställa spridning av resultaten till intressenter har projektet diskuterats och presenterats i flera sammanhang. Nedan visas en översikt var arbetet i projektet har spridits.

Pressmeddelande

- Pressmeddelande från Chalmers Industriteknik. Storsatsning på cirkulär emballageplast i byggbranschen, september 2020:
<https://chalmersindustriteknik.se/sv/pressmeddelanden/storsatsning-pa-cirkular-emballageplast-i-byggbranschen/>
- Pressmeddelande från tidningen Bygg Material. Storsatsning på cirkulär emballageplast i byggbranschen, oktober 2020:
<https://www.tidningenbyggmaterial.se/nyheter/e/303/storsatsning-pa-cirkular-emballageplast-i-byggbranschen/>
- Pressmeddelande från Entreprenad Aktuell. Nytt projekt för effektivare återvinning av emballageplast, december 2020:
<https://www.entreprenadaktuellt.se/artikel/2227406/nytt-projekt-fr-effektivare-tervinning-av-emballageplast.html>
- Pressmeddelande från JM. JM inleder samarbete kring återvinning av plast, februari 2021: <https://www.jm.se/om-oss/nyhetsrum/2021/jm-inleder-samarbete-kring-atervinning-av-plast/>
- Pressmeddelande från RE:Source. Emballage får nytt liv, december 2022:
<https://resource-sip.se/2022/12/15/emballageplast-far-nytt-liv/>

Webbinarier

- Mot ett cirkulärt system för emballageplast från byggindustrin. Presentationer med goda exempel och möjligheter. 28 november 2022

Presentationer

- Presentation för RISE Nätverksmöte för plaståtervinning den 20 oktober 2020
- Presentation för VilmaBas Trägruppen den 13 september 2022

- Presentation och paneldiskussion för Naturvårdsverket nationell plastsamordning evenemang den 29 september 2022
- Presentation projektresultat för RISE Nätverket för plaståtervinning den 9 november 2022
- Presentation projektresultat för projektmedlemmarna den 10 november 2022
- Presentation projektresultat för RE:Source resultatdag i november 2022
- Paneldiskussion och visning av film i ett webinarium arrangerat av RE:Source den 7 december 2022

Social media kanaler

- Under projekttiden gjordes flera inlägg på sociala medier (dvs. på LinkedIn)

Video

- Film på RISE webbplats och LinkedIn, på RE:Source webbplats och Optimeras webbplats:
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7009417669170843648>
 dela

Kandidatuppsats

Två studentgrupper gjorde sin kandidatsuppsats inom projektet:

- "Evaluating the properties of recycled polyethylene films from the construction industry", Julia Andersson och Hannes Nord Nilsson, Chalmers Tekniska högskola.
- "Nulägesanalys av plaståtervinningen vid svenska byggarbetsplatser – Ett logistiskt perspektiv", Pontus Nyström och Oliver Stenberg Andersson, Handelshögskolan.

8. Referenser

Andersson, J & Nilsson, H. N. (2022), Evaluating the properties of recycled polyethylene films from the construction industry, Examensarbete.

Ecoinvent (u.å), System Models, online: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/system-models/>

Naturvårdsverket (2022), Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020, online: <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/7000/978-91-620-7038-0/>

Plasticker (2022), online: (<https://plasticker.de>) [Använd vid flera tillfällen varav den 2022-09-05 är den sista]

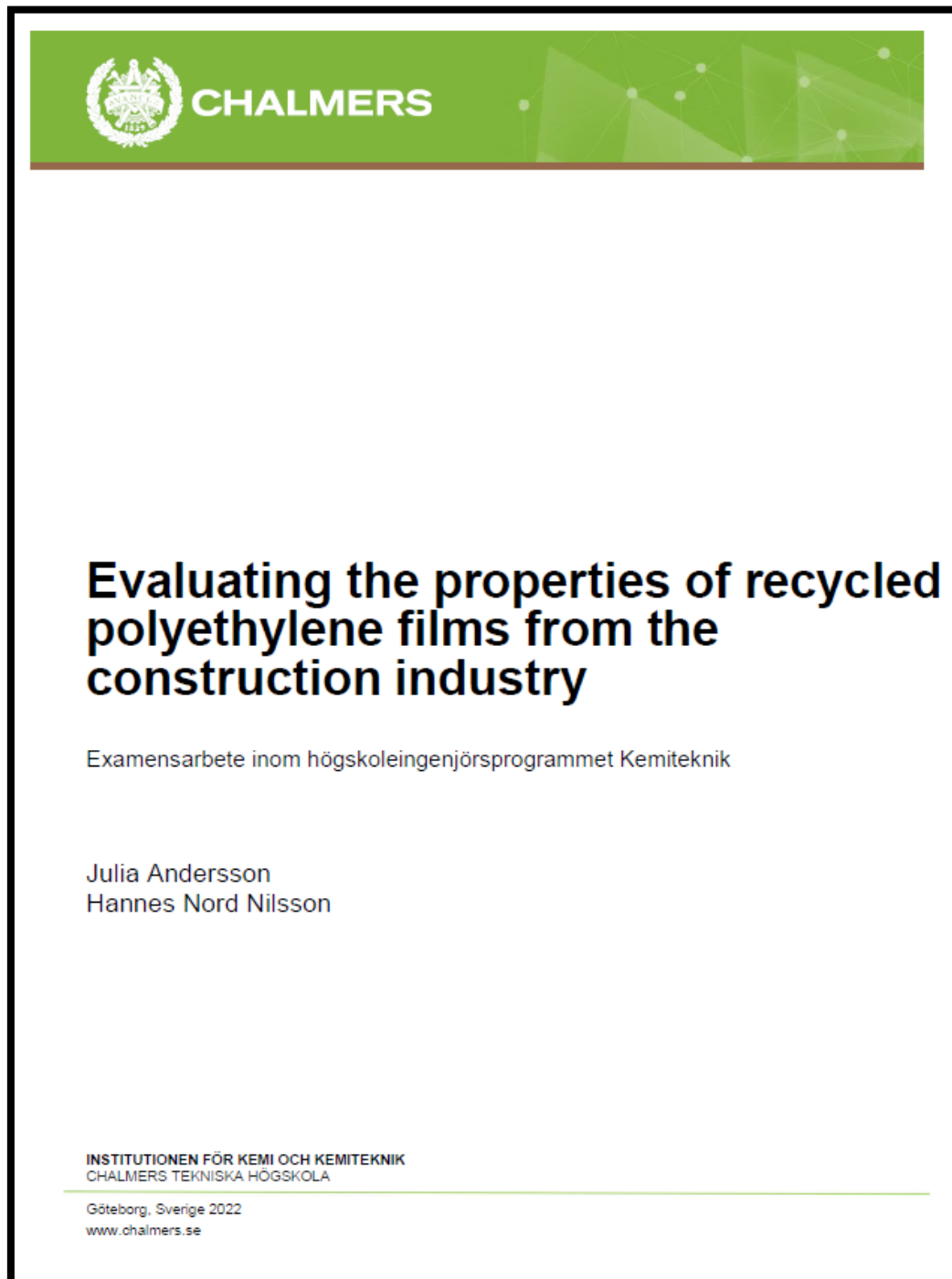
Regeringskansliet (2022), Sveriges handlingsplan för plast – en del av den cirkulära ekonomin, online: <https://www.regeringen.se/rapporter/2022/02/sveriges-handlingsplan-for-plast/>

SOU 2018:84 (2018), Det går om vi vill: Förslag till en hållbar plastanvändning, online: <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2018/12/sou-201884/>

Sveriges riksdag (2020), Avfallsförordning (2020:614), online: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/avfallsforordning-2020614_sfs-2020-614

9. Bilagor

Bilaga 1. Kandidatuppsats, Evaluating the properties of recycled polyethylene films from the construction industry.



Bilaga 2. Kandidatuppsats, Nulägesanalys av plaståtervinning vid svenska byggarbetsplatser.



GÖTEBORGS UNIVERSITET
HANDELSHÖGSKOLAN

Nulägesanalys av plaståtervinningen vid svenska
byggarbetsplatser

Ett logistiskt perspektiv

Logistikprogrammet

VT 2022, Göteborg

Pontus Nyström: 980921

Oliver Stenberg Andersson: 000129

Handledare: Ove Krafft

Bilaga 3. Riktlinjer, en vägledning om att cirkulera plastemballager i byggsektorn – att tänka på vid val av plastemballager



Bilaga 4. Riktlinjer, en vägledning om att cirkulera plastemballager i byggsektorn – att tänka på vid sortering av plastemballager som avfall

En vägledning om att cirkulera plastemballager i byggsektorn

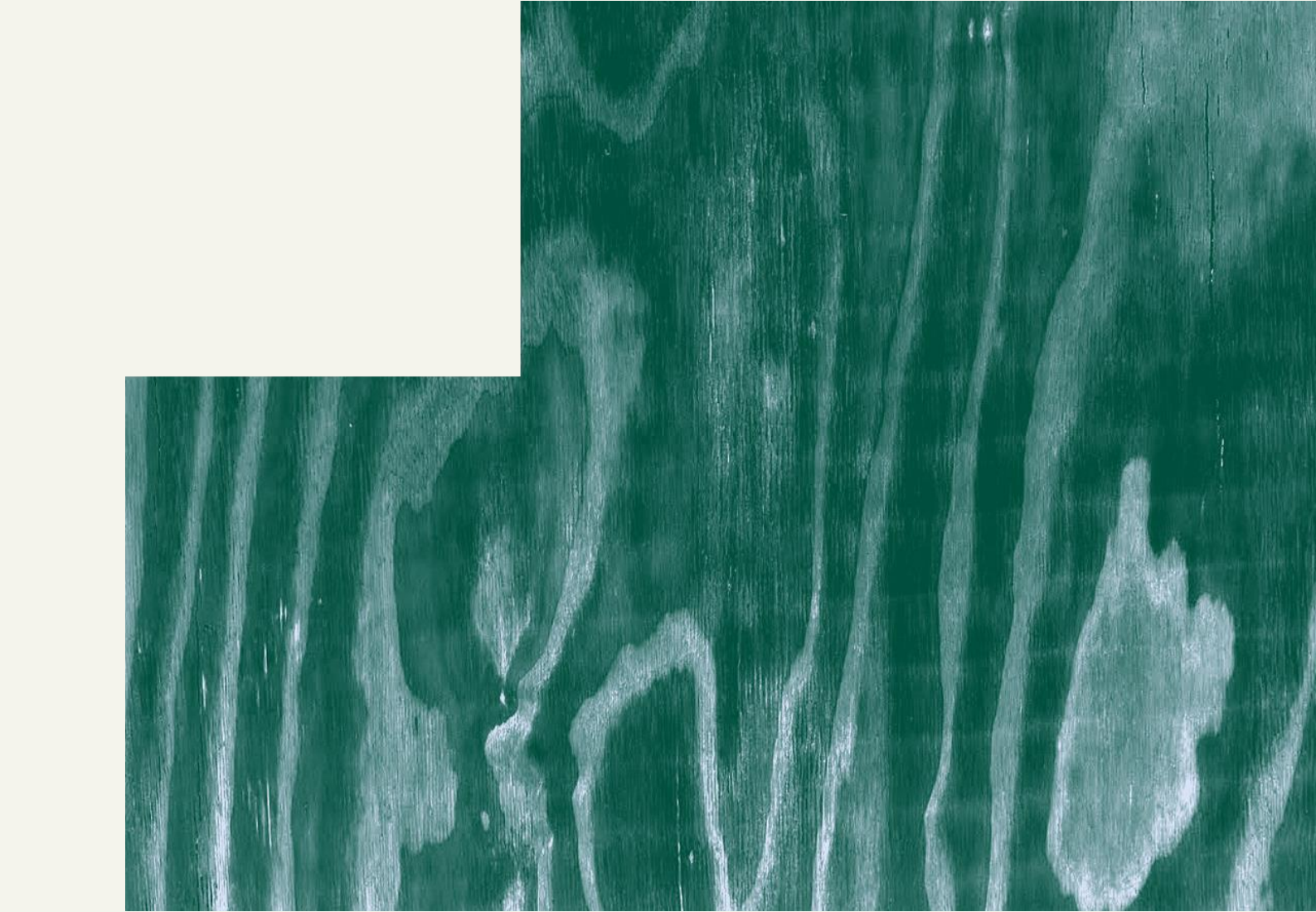
Att tänka på vid sortering av plastemballager som avfall

**RE:
SOURCE**



CHALMERS
INDUSTRITEKNIK

**RI
SE**



RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram som fokuserar på att utveckla cirkulära, resurseffektiva materialflöden. Vårt mål är att uppnå en hållbar materialanvändning där vi håller oss inom planetens gränser.

**RE:
SOURCE**

resource-sip.se