

Rapport 2022:07

Avfall Sveriges Utvecklingssatsning
ISSN 1103-4092

KEMISK ÅTERVINNING FÖR EN FOSSILBRÄNSLEFRI ENERGIÅTERVINNING



AVFALL SVERIGE

Förord

I arbetet för ett fossilfritt Sverige år 2045 har flera branscher tagit fram färdplaner för att nå fossilfrihet, bland annat Färdplan för en fossilfri uppvärmningsbransch (2019), som undertecknats av Avfall Sverige och ett antal medlemmar. Denna lyfter fossilt plastavfall som går till energiåtervinning som en av huvudutmaningarna för branschen. Ett av åtagandena var därför att aktörer på värmemarknaden ska göra ansträngningar för att minska plastinnehållet i restavfall som går till energiåtervinning.

I detta sammanhang kan kemisk återvinning vara ett attraktivt alternativ till att komplettera dagens system genom att öka plaståtervinningen och vara en hjälp på vägen mot att nå fossilbränslefri energiåtervinning. Projektets målsättning har varit att undersöka och kommunicera vilken potential kemisk återvinning har att bidra till fossilbränslefri energiåtervinning.

Projektet har genomförts av Martyna Solis, Jenny Sahlin och Hanna Ljungkvist Nordin, samtliga från Profu. Martyna Solis har varit projektledare.

Projektet har delfinansierats genom Avfall Sveriges utvecklingssatsning. Övriga finansiärer är SÖRAB och E.on. Följande projektdeltagare har även bidragit med sin tid och kunskap i projektet; TMR, ROAF, IVAR, RISE, Perstorp, Borealis, Stena Recycling, Stockholm Exergi, Tekniska Verken i Linköping, Sysav, Renova, Van Werven, Omni Polymers och Svensk Plaståtervinning.

Malmö i april 2022

Cecilia Holmblad
Ordförande Avfall Sveriges
Utvecklingskommitté

Tony Clark
Vd, Avfall Sverige

Sammanfattning

Detta projekt har undersökt vilken potential kemisk återvinning har att bidra till minskade fossila utsläpp från energiåtervinning. Rekommendationer till aktörer i plastens värdekedja har också tagits fram för att visa hur de kan bidra till att mindre plast energiåtervinns.

Resultaten visar att dagens kemiska återvinning i Sverige har begränsad potential att ta hand om de plastflöden som inte kan återvinnas mekaniskt. I ett scenario med högt utfall uppskattar projektet att potentialen är drygt 30 %, beräknat som mindre mängd plast i kommunalt avfall till energiåtervinning. Den viktigaste faktorn för att nå potentialen är graden av utsortering av plast ur blandat restavfall.

Konkurrensen mellan mekanisk- och kemisk återvinning är reell, eftersom både mekanisk återvinning och pyrolys i dagsläget kräver ”rena”, utsorterade fraktioner med högt polyolefininnehåll. Det kan dock förändras framöver när både pyrolystekniken och eventuellt ytterligare tekniker vidareutvecklas. Framtidens sammansättning av restavfallet och rejektet från sorteringsprocessen kommer att ha påverkan på utbytet, alltså hur mycket av input som blir pyrolysolja.

Många av de rekommendationer som tagits fram till aktörer handlar om ökat samarbete och transparens i värdekedjan för att på sikt hitta den optimala fördelningen mellan mekanisk och kemisk återvinning av plast. Några exempel på rekommendationer är:

- Optimera pyrolyprocessen baserat på både behandlingsbehov och prestanda.
- Utforma styrmedel som stimulerar ökad användning av återvunnen plast.
- Ingå ekonomiska samarbeten i värdekedjan, exempelvis för att öka utsortering och förädling av plastavfall.
- Förstärk arbetet med återkoppling mellan plastproducenter och avfallsaktörer för ökad design för återvinning.
- Utbilda ÅVC-personal som kan förädla insamlad kommunplast.
- Prissätt avfall baserat på plastinnehåll.

Projektet har genomförts av Profu med finansiering från Avfall Sverige, E.ON och SÖRAB.

Martyna Solis har varit projektledare.

Summary

This project has investigated the potential of chemical recycling to contribute to reduced fossil emissions from energy recovery. Recommendations to players in the plastics value chain have also been developed to show how they can contribute to less plastic being incinerated.

The results show that today's chemical recycling in Sweden has limited potential to take care of the plastic flows that cannot be recycled mechanically. In a scenario with a high outcome, the project estimates that the potential is just over 30%, expressed as the share of plastic in municipal waste diverted from energy recovery. The most important factor to reach the potential is the degree of separation of plastic from mixed residual waste.

The competition between mechanical and chemical recycling is real, as both mechanical recycling and pyrolysis currently require "clean" and sorted fractions with a high polyolefin content. However, this may change in the future when both the pyrolysis technology and any additional technologies are further developed. The future composition of residual waste and reject from sorting processes will have an impact on the yield, i.e. how much of the input will become pyrolysis oil.

Many of the recommendations made to players concern increased cooperation and transparency in the value chain to eventually find the optimal distribution between mechanical and chemical recycling of plastic. Examples of recommendations are:

- Expand cooperation between players in waste management and players in the raw materials market.
- Design instruments that stimulate increased use of recycled plastic.
- Strengthen the feedback loops between plastic producers and waste actors.
- Train staff in recycling centers who can refine collected municipal plastic.
- Set waste prices based on plastic content.

The project has been carried out by Profu with funding from Avfall Sverige, E.ON and SÖRAB.

Martyna Solis has been the project manager.

Innehållsförteckning

Inledning	1
Syfte och Metod	3
Syfte	4
Metod	4
Resultat – Massbalanser	6
Mekanisk återvinning år 2025, Business-as-usual (BAU)	7
Kemisk återvinning och utökad sortering år 2025, högt och lågt utfall	8
Processprestanda	10
Sammansättning på rejekt	12
Resultat - Potential för kemisk återvinning att bidra till en fossilfri avfallsförbränning	14
Resultat - Värdekedjor	17
Resultat från intervjuer	21
Drivkrafter för att minska plast till energiåtervinning	22
Påverkan från policy	23
Slutsatser och rekommendationer	24
Slutsatser	25
Rekommendationer: Vad kan aktörerna längs plastens värdekedja göra tillsammans för att inrätta systemet?	26
Referenser	29
Bilagor	31
Bilaga 1 Projektpartners samt deltagare vid intervjuer	32

Inledning

I arbetet för ett fossilfritt Sverige år 2045 finns en mängd styrmedel, mål och åtaganden. Bland annat har flera branscher tagit fram färdplaner för att nå fossilfrihet, exempelvis Färdplan för en fossilfri uppvärmningsbransch. I färdplanen lyfts plastavfall som behandlas genom energiåtervinning som en av huvudutmaningarna för branschen för att nå fossilfrihet. Ett av åtagandena var därför att aktörer på värmemarknaden ska verka för att sända mindre fossil plast till energiåtervinning.

I Sverige görs stora ansträngningar och investeringar för att öka sorteringen av plast från restavfall, till exempel två nya NIR-sorteringsanläggningar i Stockholmsområdet, varav en nyss tagits i bruk. Plasten som ska sorteras ut är dock ofta av låg kvalitet, vilket är problematiskt för mekanisk återvinning och efterfrågan på den återvunna plasten. Sverige behöver nya lösningar för att tackla denna fråga och investera i nya lösningar och tekniker som potentiellt kan förädla plast som dagens system inte kan hantera, såsom svart plast, små plastbitar eller smutsig plast.

I detta sammanhang kan kemisk återvinning vara ett attraktivt alternativ för att komplettera dagens system, öka plaståtervinningen och bidra till att nå fossilbränslefri energiåtervinning. Kemisk återvinning kan möjliggöra att plastavfallet går tillbaka till likvärdiga produkter och ersätter jungfrulig plast [1] i motsats till mekanisk återvinning som i många fall leder till en nedgradering av användningen tex att förpackningsplast blir krukor, trädgårdsmöbler, bullerplank osv. [2] [3] Även vid högkvalitativ mekanisk återvinning påverkas polymerernas kvalitet över tid. Mekanisk återvinning resulterar i cirka 10 % förlust av plastmaterial och 10 % kvalitetsförlust. [4] [5] Detta begränsar återanvändning av det återvunna materialet. Med det nuvarande systemet, kan plastförpackningar återvinnas upp till sju gånger innan polymererna bryts ned och kan inte användas längre. [6]

Det finns ytterligare komplexa orsakssamband till att plast lämnas till energiåtervinning eller inte materialåtervinns även om den är återvinningsbar [7], till exempel: låg efterfrågan på och få incitament till att använda återvunnen råvara (lågkvalitetsplast), ökande mängd plast som sätts på marknaden i allt mer komplexa produkter, högre rejektflöden, komplexa värdekedjor och varierande drivkrafter och rådighet. Sammantaget kan man inte inom överskådlig tid kan förvänta sig att plast ska fasas ur samhället, utan åtgärder behöver vidtas där aktörer har rådighet. En åtgärd är att komplettera dagens mekaniska återvinning med kemisk återvinning för de strömmar som sorteras bort (rejekt) innan mekanisk återvinning.

För att ta itu med problem som beskrivs ovan behövs stora insatser och förändringar. En förändring kan vara ett samarbete mellan å ena sidan energiåtervinnare och återvinnare och å andra sidan andra aktörer längs plastens värdekedja. De potentiella mottagarna av produkter från kemisk återvinning är kemiföretag som är plastproducenter. De har i sin tur sina egna miljömål och söker möjligheter att ersätta råolja som råvara med biogena eller återvunna material. Dessutom finns det en efterfrågan och intresse på återvunnen plastråvara enligt färdplanerna för Dagligvaruhandeln, Dagligvaruindustrin, Lantbruksbranschen, Petroleum- och biodrivmedelbranschen. Det finns därför en stor potential i samarbete mellan aktörerna längs plastvärdekedjan för att minimera mängden plast i energiåtervinning och ta fram återvunnen plastråvara som efterfrågas.

Syfte och Metod

SYFTE

Det övergripande syftet med projektet har varit att undersöka och kommunicera vilken potential kemisk återvinning har att bidra till fossilbränslefri energiåtervinning. Kemisk återvinning undersöks som ett komplement till dagens plaståtervinningssystem som helt baseras på mekanisk återvinning.

Projektets delmål har varit att:

- Upprätta massbalanser och potentialbedömning för att undersöka för vilka strömmar plastavfall, som inte återvinns idag, som kemisk återvinning kan vara möjlig och i vilken utsträckning kemisk återvinning kan bidra till en fossilfri plaståtervinning.
- Upprätta en värdekedja och identifiera vilken typ av samarbeten som krävs för system med kemisk återvinning i Sverige.
- Ta fram rekommendationer för att starta samarbetet mellan aktörerna längs plastvärdekedjan.
- Kommunicera resultaten anpassat till olika aktörer längs plastens värdekedja.

METOD

Projektet har använt sig av intervjuer, litteraturstudier, värdekedjeanalys och beräkningar av klimatpåverkan för att ta fram en nulägesanalys, beskrivning av värdekedjor, massbalans och potentialbedömning samt rekommendationer. Ett antal avgränsningar och antaganden har gjorts i analysen.

Nulägesanalys

Grunden för jämförelsen är dagens system baserat på mekanisk återvinning och energiåtervinning med uppdaterade avfallsmängder för 2025.

Båda eftersorteringsanläggningarna i Stockholmsområdet antas vara i drift (inklusive anläggningen i Högdalen som nu är i byggfas). Dessa anläggningars kapacitet gör det möjligt att sortera ut större del av plasten i som idag hamnar i restavfallet som går till energiåtervinning. Plastsorteringskapacitet samt vilka fraktioner som sorteras ut antas vara samma som idag.

Nulägesanalysen har kartlagt tre plastflöden:

1) utsorterade plastförpackningar för materialåtervinning, 2) utsorterad plast från återvinningscentraler, här kallad ”kommunplast”, 3) plast i restavfallet. Nulägesanalysen omfattar massbalanser och behandling av olika plastflöden i dagens värdekedja. Analysen har genomförts genom litteraturstudier, intervjuer med aktörer i projektet och modellering. Grunden för modellering av framtida avfallsmängder är FTIs¹ och Avfall Web insamlingsstatistik, resultat från plockanalys samt dataunderlag från aktörer i projektet.

Avgränsning

Projektet fokuserar på potentialen för införandet av kemisk återvinning för att bidra till fossilbränslefri energiåtervinning i Sverige. Specifikt fokus läggs vid plastströmmar utsorterade från kommunalt avfall och rejekt från förpackningsfraktioner för att undersöka vilken potential de har att återvinnas kemiskt.

¹ FTI = Förpacknings- och tidningsinsamlingen

Värdekedjeanalysen är dock inte begränsad till dessa flöden.

Mekanisk återvinning påverkas inte i analyserna och inga jämförande analyser mellan kemisk och mekanisk återvinning ingår i denna studie. Det betyder att plast sorterad ut från restavfallet huvudsakligen antas skickas till mekanisk återvinning och rejektet från sortering av förpackningar och kommunplast antas skickas till kemisk återvinning. Hänsyn tas till utfasning av plast från restavfallet, minskande användning av tidningspapper samt ökande utsortering av matavfall.

I det här projektet tas hänsyn till kommande förändringar inom sammansättningen av restavfallet och rejektet från sorteringsprocessen. Mängd plast i restavfallet förväntas minska och plaståtervinningen samt källsorteringen förväntas öka. Det baseras på:

- De kommande lagstiftningsförändringar såsom till exempel engångsplastdirektivet [8] och förändringar i förpackningsförordningen om utökad fastighetsnära insamling av förpackningsavfall; [9]
- De kommande samarbeten och investeringar i ökad plaståtervinning och sortering såsom till exempel Svensk Plaståtervinnings Site Zero. [10]

Hänsyn tas dock inte till andra potentiella förändringar eller teknikutveckling såsom typ av plast på marknaden och genererat plastavfall, teknisk utveckling inom insamlingssystem, transportsystem och sorterings- eller återvinningsprocesser. Potentiellt sker även ytterligare policyförändringar samt ändring av konsumtionsmönster, beteende och normer, med de studeras inte i detta projekt.

Tidsperspektiv

Projektet undersöker ett kort framtidsperspektiv: 2025. Valet av tidsperspektiv baseras på

tidsramarna för de två sorteringsanläggningar i Stockholmsområdet och kommande möjliga investeringar i kemisk återvinning i Sverige.

Teknik

Pyrolysteknik är fokus i projektet. Detta eftersom pyrolys är möjlig i mindre skala och eftersom de kommande investeringar i kemisk återvinning i Sverige som författarna känner till satsar på pyrolys.

Pyrolys sker i syrefri miljö och under temperaturintervall mellan cirka 300°C och 700°C. Under pyrolys av plast sker nedbrytning av polymerer till monomerer som senare kan användas för att tillverka ny plast med jungfrulig kvalitet. Produkterna från pyrolys av plastavfall är gas (olefiner), koks och olja, ofta kallad pyrolysolja. I många fall, bland annat vid plaståtervinning, är pyrolysolja den mest önskade produkten från processen på grund av dess relativt höga värmevärde och många potentiella tillämpningar. Man kan exempelvis använda oljan för att tillverka eten som sedan kan användas för tillverkning av ny plast. Pyrolysolja kräver ofta uppgradering innan vidare användning. [1]

Andra tekniker för kemisk återvinning (förgasning och depolymerisering) diskuteras endast översiktligt för att ge en bättre helhetsbild av möjligheter.

Rekommendationer

Rekommendationer formuleras till olika aktörer. Dessa baseras på underlag från intervjuer, som därefter förädlats i samråd med de ingående parterna i projektet. Dock delar inte alla parter alla framförda tankar, eller står bakom samtliga rekommendationer. De slutliga formuleringarna står författarna för. Tanken är att utifrån den omfattande erfarenhet och kompetens som finns bland de deltagande aktörerna sammanfatta ett antal rekommendationer avsedda för aktörer längs plastens värdekedja.

**Resultat –
Massbalanser**

Projektets massbalanser omfattar strömmar av plastavfall som inte materialåtervinns idag, och där kemisk återvinning skulle kunna vara ett komplement. Därigenom uppskattas hur mycket kemisk återvinning skulle kunna bidra till en fossilfri plaståtervinning. Fokus är på rejekt från utsorterade strömmar från kommunalt avfall och förpackningar, samt på plastavfall i kommunalt avfall.

Tre olika fall beräknas för uppskattade avfallsmängder år 2025: Business-as-usual (BAU) med mekanisk plaståtervinning såsom i dagens system, samt ett högt och ett lågt utfall för kemisk återvinning.

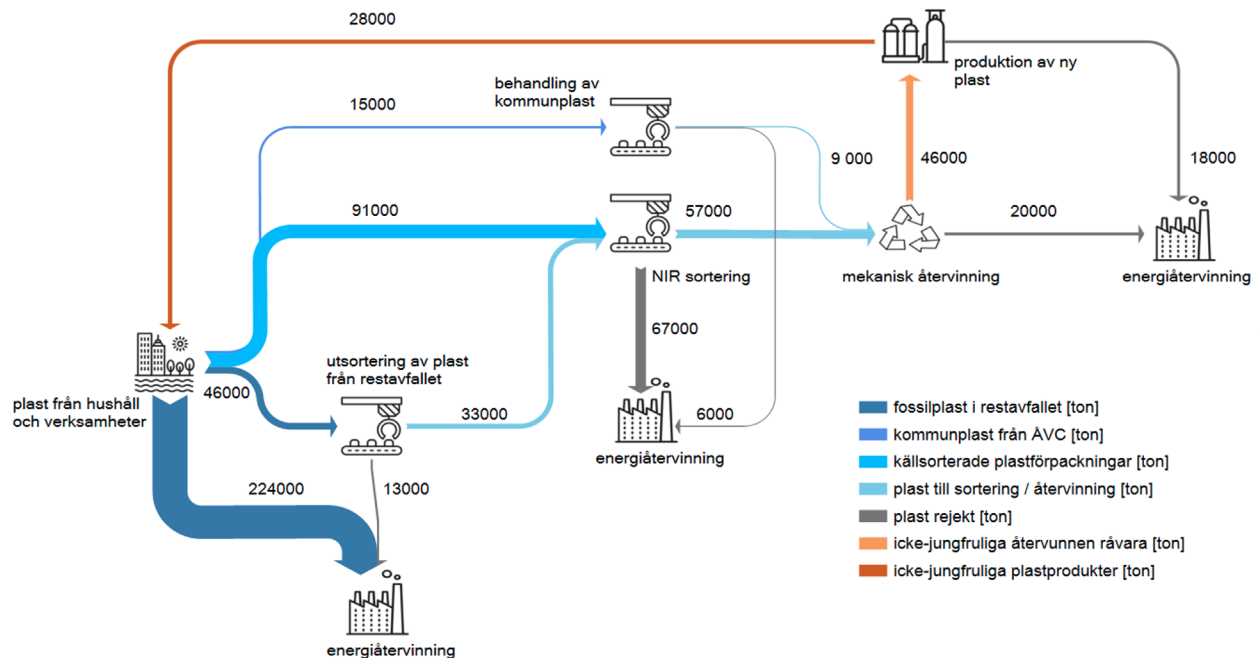
Kapitlet avslutas med projektets uppskattning av vilka polymertyper som ingår i rejekten, och potentialen för dessa att återvinnas mekaniskt respektive och kemiskt.

MEKANISK ÅTERVINNING ÅR 2025, BUSINESS-AS-USUAL (BAU)

Figur 1 visar massbalanser för år 2025 i ett BAU-fall. Systemet baserat på dagens system för plaståtervinning i Sverige, men med anpassade siffror till 2025 utifrån en beräknad ökning av mängder plastavfall. Balanser finns för tre olika flöden plastavfall:

1. **Plastförpackningar: källsorterade**
plastförpackningar som skickas till mekanisk återvinning.
2. **Kommunplast:** Kommunplast är insamlad plast på återvinningscentraler (ÅVC) och som typiskt inte är förpackningar. Platen skickas från ÅVC till sortering, tvätt med mera och sedan vidare till mekanisk återvinning.
3. **Plast i restavfallet från hushåll:** en liten del av den totala platen i restavfallet sorteras ut i eftersorteringsanläggningar i Stockholmsområdet. Förutom Brista-anläggningen i Märsta antas anläggningen i Högdalen vara i drift, vilket möjliggör utsortering av totalt cirka 33 kton plast från restavfallet per år.

Figur 1 Nuläge - massbalanser i dagens system med avfallsmängder justerade till 2025-nivåer när två sorteringsanläggningarna i Stockholmsområdet är i drift. Flödets tjocklek motsvarar storleken på plastavfallsströmmar.



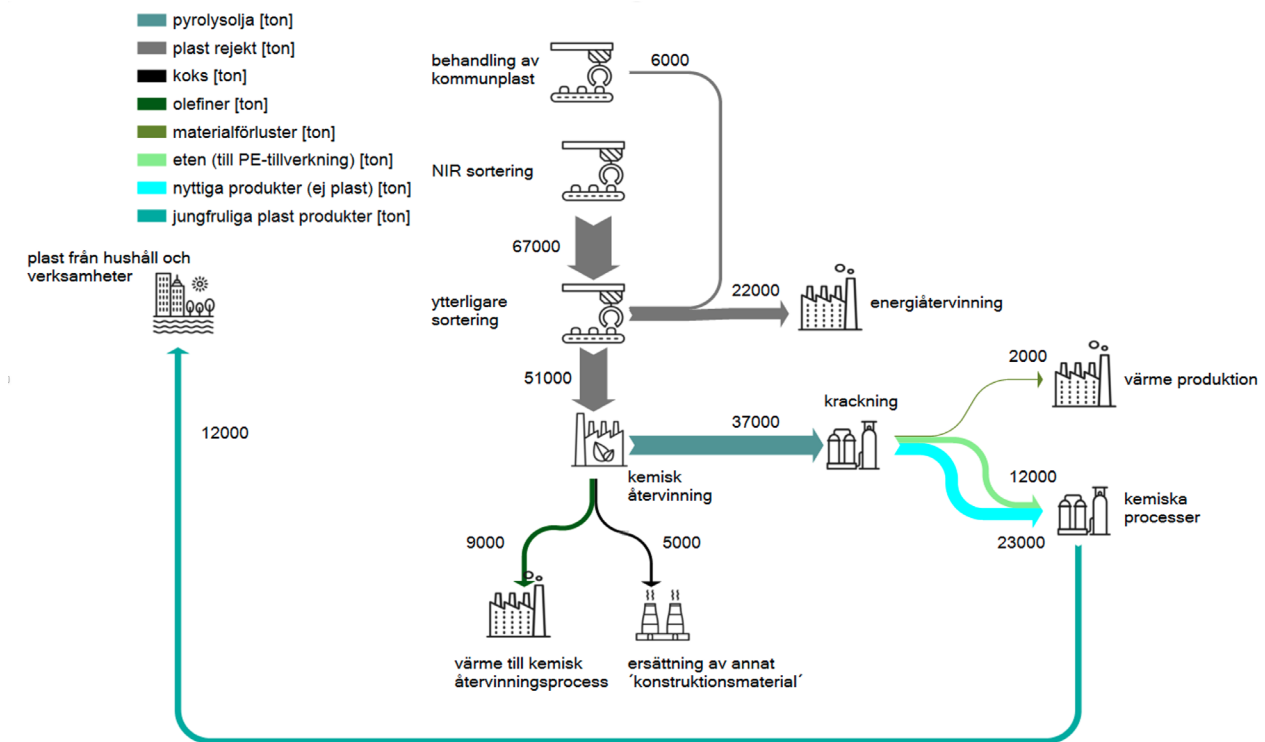
Rejektet från sortering och mekaniska återvinningsprocesser samt plasten i restavfallet skickas direkt till energiåtervinning. Plaster i restavfall direkt till energiåtervinning utgör en majoritet och beräknas till 83 %.

Resultat från massbalansen visar att det år 2025 är drygt 7 % av de tre insamlade plastflödena som återvinns och blir nya plastprodukter, dock med icke-jungfrulig kvalitet. Om all plast i restavfallet i Sverige skickades till eftersorteringsanläggningar skulle återvinningsgraden öka till cirka 14 % vilket skulle betyda en fördubbling.

KEMISK ÅTERVINNING OCH UTÖKAD SORTERING ÅR 2025, HÖGT OCH LÅGT UTFALL

Figur 2 visar förändrade massbalanser för år 2025 jämfört med BAU i figur 1. Endast systemförändringen relaterad till införandet av kemisk återvinning illustreras, andra delar av systemet ändras inte. Förändringen är utökad sortering och kemisk återvinning med pyrolysteknik.

Figur 2 Massbalanser i ett system med kemisk återvinning (pyrolys) med avfallsmängder justerade till 2025-nivåer: högt utfall. Endast systemförändringen relaterad till införandet av kemisk återvinning illustreras, andra delar av systemet ändras inte jämfört med nuläge. Flödets tjocklek motsvarar storleken på plastavfallsströmmarna. "Nyttiga produkter" från pyrolys är propen, butadien, aromater, C4+, metan, väte och återflöde till anläggningen. Dessa ersätter annan produktion av motsvarande produkter baserad på nafta från råolja.



Rejektet från sorteringsprocesserna skickas till ytterligare sortering och därifrån till kemisk återvinning genom pyrolys i stället för till energiåtervinning. I systemet antas enbart rejekt från sorteringsprocessen av förpackningar och inget rejekt från mekanisk sortering skickas till kemisk återvinning.

- Koks ersätter annat konstruktionsmaterial för en bättre miljöprestanda och är en kolsänka. Alternativt kan koks användas för värmeproduktion till pyrolysprocessen.
- Olefiner används för värmeproduktion till pyrolysprocessen.

Från pyrolysanläggningen sker följande flöden:

- Pyrolysolja till krackern som producerar eten, som används till produktion av ny plast. Andra nyttiga produkter från krackning av pyrolysolja, till exempel propen, används som råvara i andra kemiska processer. Materialförluster från krackning används i värmeproduktion.

PROCESSPRESTANDA

Vid plaståtervinning är pyrolysoljan den mest önskade produkten eftersom den kan användas för tillverkning av ny plast. Därför används utbytet av pyrolysolja som proxy för prestandan i processen i detta projekt. Processparametrarna för pyrolysis kan ändras för att optimera produktutbytet efter önskemål och behov. [1] Utfallet och nödvändig förbehandling av plastavfall kan därför variera beroende på bland annat processparametrar samt sammansättning och förorening av plastavfallet. [11] På grund av brist på data från storskaliga projekt och stora osäkerheter kring exakt utfall är det utmanande att veta den exakta massbalansen i processen. Data kommer från Profus aggregerade kunskap från tidigare studier.

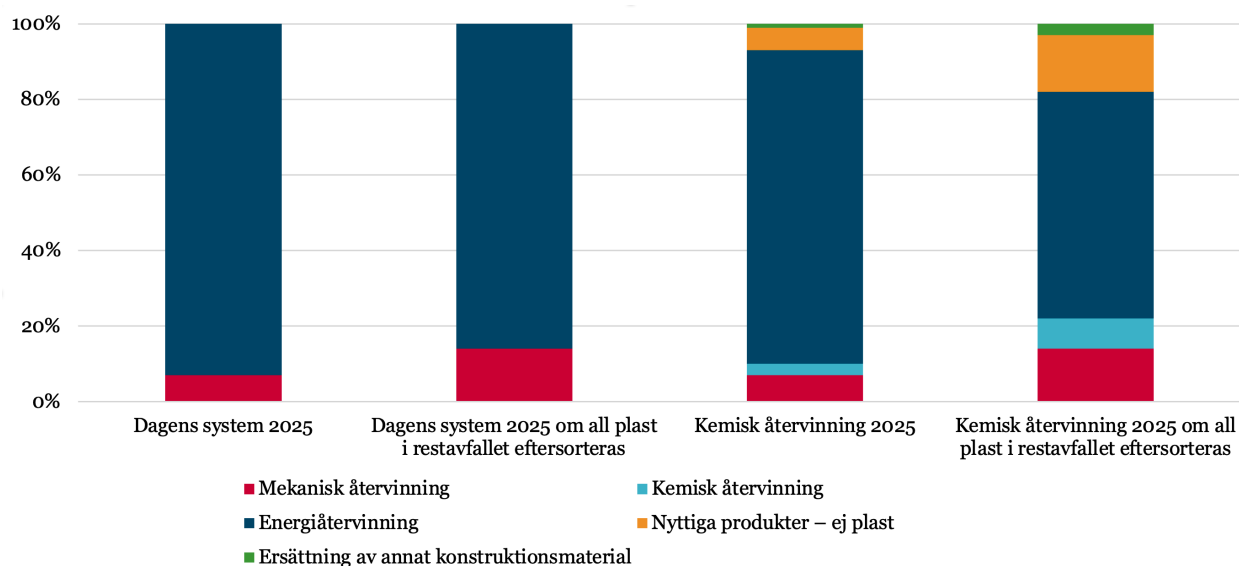
Figurerna 3 och 4 visar resultat för högt respektive lågt utfall för prestandan hos pyrolysisprocessen. Figur 3 visar högt utfall där pyrolysoljan har naftakvalitet, och koks används i byggsektorn. Figur 4 visar lågt utfall där pyrolysoljan behöver ett renings- eller hydreringssteg, koks används för värmeproduktion och materialförluster är större än i det höga utfallet.

Staplarna i figurerna visar resultatet för fyra olika system och behandlingstekniker för total mängd insamlad plast från kommunalt avfall (från vänster):

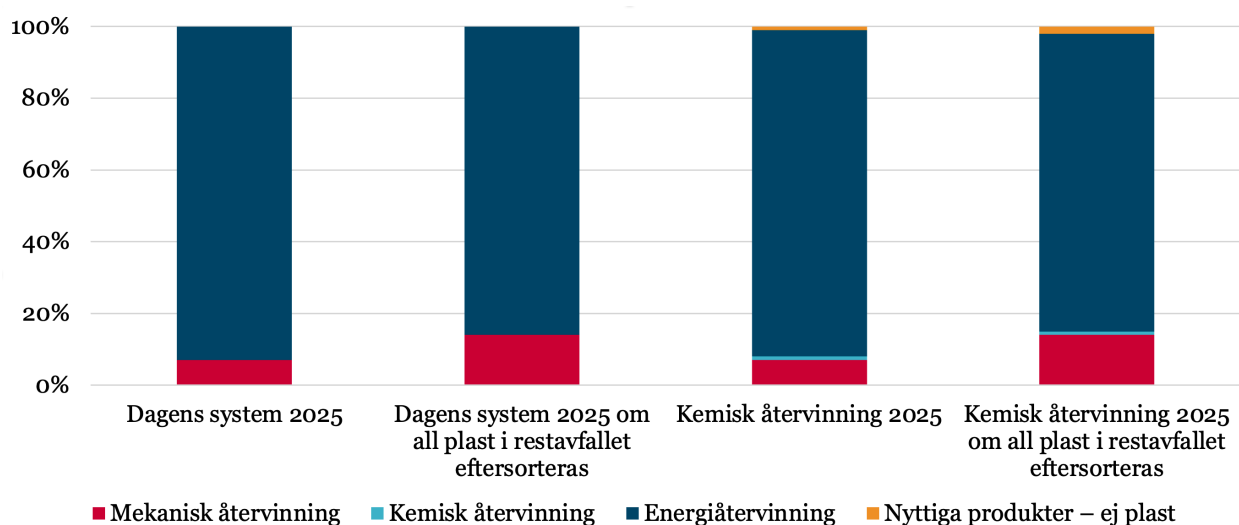
1. Mekanisk återvinning 2025: Dagens system med baserad på mekanisk återvinning med avfallsmängder justerade till 2025-nivåer när två sorteringsanläggningarna i Stockholmsområdet är i drift,
2. Mekanisk återvinning 2025, men utökad sortering: Dagens system med avfallsmängder justerade till 2025-nivåer när allt plast i restavfallet skickas till eftersortering innan rejektet skickas till energiåtervinning,
3. Kemisk återvinning 2025: Kemisk återvinning (pyrolysis) med avfallsmängder justerade till 2025-nivåer när två sorteringsanläggningarna i Stockholmsområdet är i drift,
4. Kemisk återvinning 2025: Kemisk återvinning (pyrolysis) med avfallsmängder justerade till 2025-nivåer när all plast i restavfallet skickas till eftersortering innan det skickas till energiåtervinning.

Figur 3 och Figur 4 visar att intervallen mellan högt och lågt utfall kan variera stort, mellan 6 och 127 kton mindre plastavfall till förbränning. Hur stor del av denna potential som realiserats kan påverka om kemisk återvinning är samhällsekonomiskt motiverad eller inte.

Figur 3 Sammanställningen av bedömningen av den teoretiska potentialen räknat på högt utfall när pyrolysoljan har naftakvalitet. Staplarna visar uppdelning av behandlingstekniker av den totala mängden insamlade plast från kommunalt avfall i fyra olika fall. "Nyttiga produkter" från pyrolys = propen, butadien, aromater, C4+, metan, väte och "backflows to refinery". Ersätter annan produktion av motsvarande produkter baserad på nafta från råolja.



Figur 4 Sammanställningen av bedömningen av den teoretiska potentialen räknat på lågt utfall. "Nyttiga produkter" från pyrolys = propen, butadien, aromater, C4+, metan, väte och "backflows to refinery". Ersätter annan produktion av motsvarande produkter baserad på nafta från råolja.



Resultaten från massbalanserna för högt utfall indikerar följande (se Figur 3). Resultaten gäller givet att tekniken levererar enligt de teoretiska data för den kemiska återvinningsprocessen.

- Införandet av kemisk återvinning kan teoretiskt öka den totala (mekanisk och kemisk) plaståtervinningsgraden till cirka 11 %. Detta gäller när bara rejekt från sorteringsprocesser (sortering av förpackningar och kommunplast) skickas till kemisk återvinning. Cirka 45 kton mindre plast skulle kunna skickas till energiåtervinning jämfört med dagens system 2025. Detta motsvarar cirka 12 % av den totala mängden insamlad plast från kommunalt avfall (förpackningar och kommunplast från hushåll och verksamheter samt plast i restavfallet).
- Om all plast i restavfallet i Sverige skickades till eftersorteringsanläggningar med jämförbara verkningsgrader som anläggningar i drift, skulle den totala återvinningsgraden öka till cirka 22 %. I det här fallet skulle mängden plast till energiåtervinning minska med cirka 127 kton varje år vilket är ungefär 34 % av den totala mängden insamlad plast från kommunalt avfall.
- Graden av utsortering av plast från restavfallet innan energiåtervinning kan ha stor påverkan på systemets teoretiska utfall. Detta gäller givet att plast utsorterad från restavfallet skickas till mekanisk och senare till kemisk återvinning innan energiåtervinning, vilket kommer att minska plast som skickas till energiåtervinning.
- Även i ett system med kemisk återvinning finns det ett stort värde i att styra bort plast från restavfallet. Pyrolysisprocessen resulterar i flera nyttiga produkter som inte kan användas till plasttillverkning men som kan ersätta motsvarande produkter baserad på nafta från råolja.

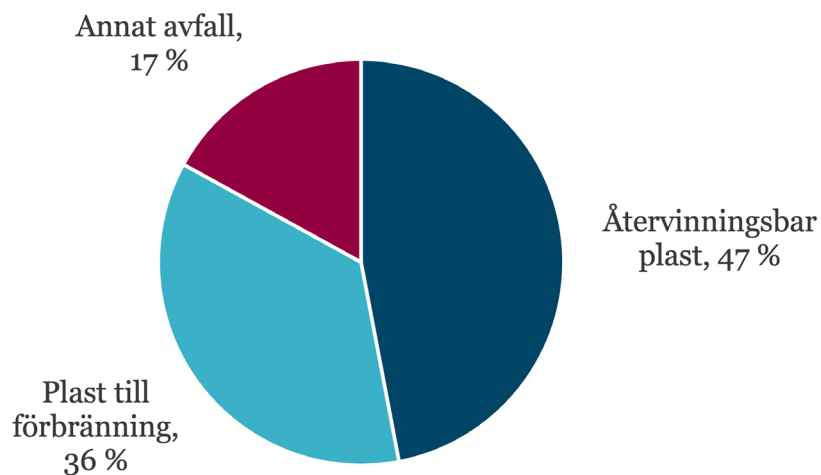
Motsvarande resultat från massbalanser för lågt utfall indikerar att, se Figur 4:

- Införandet av kemisk återvinning kan teoretiskt öka den totala plaståtervinningsgraden till cirka 8 %. Cirka 6 kton plast mindre skulle kunna skickas till energiåtervinning jämfört med dagens system 2025. Detta motsvarar cirka 2 % av den totala mängden insamlad plast från kommunalt avfall.
- Om all plast i restavfallet i Sverige skickades till eftersorteringsanläggningar, skulle den totala återvinningsgraden öka till cirka 15 %. I det här fallet skulle mängden plast som skickas till energiåtervinning minska med cirka 38 kton varje år vilket är ungefär 10 % av den totala mängden insamlad plast från kommunalt avfall. Resultaten gäller givet att tekniken också levererar enligt teoretiska data.

SAMMANSÄTTNING PÅ REJEKT

Projektets sammanställning av rejektet efter sortering visar att nästan hälften av den blandade plastfraktionen består av återvinningsbar plast och att cirka 36 % av flödet är plast som det i dagsläget inte finns avsättning för, se Figur 5. Tabell 1 visar uppskattning av fraktioner i detta flöde. Sammansättningen och efterfrågan på rejektet efter sortering påverkas av olika faktorer, bland annat oljepris, EU ETS pris samt kostnad av olika behandlingsmetoder och kan därför förändras över tiden.

Figur 5 Uppskattning av sammansättning av rejekt efter sortering av plastavfall. Underlaget baseras på Profus bearbetning av intervjureresultat



Tabell 1 Profus sammanställning av plastfraktioner i flöden som idag inte går till mekanisk återvinning. I grönt markeras återvinningsbara fraktioner som potentiellt kan återvinnas mekaniskt om de sorteras ut.

Plast i rejekt från sorteringen	Plast i rejekt från sorteringen av kommunplast	Plast i verksamhetsavfall
PE film	PC	Mjukplast
PP film	PET	Hårdplast
PET-flaskor		
PET tråg		
PS		
EPS		
Ogenomskinliga PET tråg		
Ogenomskinliga PET-flaskor		
Multilager PE film		
Svart plast		
Textilier		
Compounds waste		

**Resultat - Potential för kemisk
återvinning att bidra till en
fossilfri avfallsförbränning**

Resultat från intervjuer med relevanta aktörer (se Bilaga 1 samt deltagare vid intervjuer) visar att många intervjuade har liknande åsikter om vilka plastfraktioner som har störst potential att nyttjas vid kemisk återvinning. Några av de exempel som upprepades under intervjuer är:

- Rejekt från mekanisk återvinning;
- Blandat plastavfall som inte kan återvinnas mekaniskt;
- Särskilda typer av plast, tex. PEX, blöjor eller andra tvärbundna plaster som inte kan återvinnas mekaniskt;
- Plast från verksamhetsavfall (som inte inkluderas i omfattningen av det här projektet).

Pyrolystekniken kan behandla huvudsakligen blandade polymerer såsom LDPE, HDPE, PP och PS men också är multilager/flerskiktplast och svart plast kan vara lämpliga som råvara, se Tabell 2. Multimaterial och smutsig plast kan tolereras i begränsad mängd. [11] Å andra sidan har pyrolysis låg tolerans mot PVC i råvaran. [1] Dessutom kan avfallet behöva torkas eller förbehandlas innan pyrolysisprocessen beroende på föroreningstyp och nivå.

Tabell 2 Plastfraktioner som är lämpliga som råvara till pyrolysisprocess. [11]

Fraktioner som är lämpliga som råvara	Fraktioner som är lämpliga i begränsad mängd
LDPE	Smutsig plast
HDPE	Multimaterial plast
PP	
PS	
Svart plast	
Multilager plast	

Jämförelse mellan Tabell 1 och Tabell 2 visar att kemisk återvinning idag har begränsad potential att ta hand om flödena som inte kan återvinnas mekaniskt. Det kan dock förändras i framtiden när tekniken utvecklas vidare.

PÅVERKAN AV KOMMANDE FÖRÄNDRINGAR I AVFALLETS SAMMANSÄTTNING

Resultat från intervjuer visar att det är mycket möjligt att flera plasttyper kommer att försvinna från den blandade plastavfallsfraktionen i framtiden på grund av förbättrad sortering, se Tabell 3. Det kommer möjligtvis att påverka pyrolysisprestandan dvs. utbytet av pyrolysolja. Den uppskattade effekten av minskning för olika plasttyper gjordes kvalitativt enligt regeln att om plasten som försvinner är lämplig till pyrolysisprocessen bedöms utbytet av pyrolysolja bli lägre. Och tvärtom – om plasten som försvinner är olämplig till pyrolysisprocessen bedöms utbytet av pyrolysolja bli högre. Man kan konstatera att de flesta listade plasttyper är olämpliga till pyrolysisprocessen och deras försvinnande kan förbättra matchningen mellan avfallets kvalitet och pyrolysisens kvalitetskrav.

Tabell 3 Profus sammanställning av plastfraktioner som möjligtvis kommer att försvinna från rejektflöden från sortering / återvinningsprocesser. Kategorisering enligt påverkan av deras försvinnande på pyrolysprestanda (utbyte av pyrolysolja).

Högre utbyte av pyrolysolja	Lägre utbyte av pyrolysolja	Kommentar
PET tråg		Idag indikationer att det kan försvinna från restavfallet.
	Svart plast	Kan försvinna på sikt om producenter byter färg och det görs ansträngningar att det blir så. Svart plast kan teoretiskt sorteras men tekniken är dyr. Dessutom görs mycket ansträngning i Sverige gällande kommunikationen med förpackningsproducenter och det är mycket möjligt att mängd svart plast som sätts på marknaden kommer att delvis eller helt ersättas med plast i en annan färg som lättare kan sorteras ut för mekanisk återvinning.
	PP folieplast	Idag indikation att det kan försvinna från restavfallet.
EPS		Utsortering av EPS i Sverige från 2023. [13]
Färgad PET		Sorteras inte idag pga. begränsad kapacitet men på några års sikt kommer det att sorteras och kan bli till exempel textilt fibrer.
Ogenomskinliga PET-flaskor, PET tråg		Idag indikationer att det kan sorteras ut.

ANNAN TEKNIK FÖR KEMISK ÅTERVINNING

Resultat från intervjuer visar också att det redan idag finns intresse för att införa förgasning (en annan teknik för kemisk återvinning) i Sverige. Den är teoretiskt lämplig för blandat plastavfall och erbjuder mer detaljerad polymernedbrytning jämfört med pyrolysen. Å andra sidan kräver den höga råvaruvolymer för att nå skalfördelar och är mer kostnads- och energikrävande än pyrolys. [1] Förgasning bedöms kunna införas i Sverige i ett längre tidsperspektiv. Försök med en mängd olika blandmaterial har genomförts vid Chalmers förgasningsanläggning. Ett exempel är rejektflöden från återvinning av vätskekartong som har högt polyolefininnehåll. Tester på detta flöde gav positiva resultat, även om det

förhållandevis stora gasutbytet kräver vidare omvandling för att uppnå målet av cirkularitet för kol. Katalytiska eller biologiska syntesprocesser som syntesgasfermentering är möjliga val för produktion av baskemikalier som exempelvis metanol.²

På forskningsstadiet studeras också olika typer av depolymerisering (hydrolys, metanolys, glykolys) som lämpar sig för s.k. kondensationspolymerer som PET och PA.³ Idag finns inga planer på kommersialisering av denna teknik i Sverige, men kemiföretaget Eastman meddelade nyligen att de satsar på bland annat depolymerisering via metanolys vid en stor anläggning i Frankrike. Anläggningen ska även omfatta andra tekniker och kunna återvinna både plast- och textilströmmar.⁴

² Presentation av Martin Seemann (Chalmers) vid VKM-klustrets möte i februari 2022

³ Presentationer av och personlig kommunikation med Cecilia Mattsson, RISE.

⁴ https://www.packnet.se/article/view/831074/frankrike_tar_taten_for_kemisk_atervinning

Resultat - Värdekedjor

Att arbeta med och i värdekedjor har varit en viktig del i många företagsstrategier under lång tid. Inom plaståtervinningen ser vi redan nu nya samarbeten i kedjor eller nätverk, och det pågår flera insatser för att förstärka och utvidga nätverken för att öka återvinningen av plast i Sverige. Kapacitet för både sortering och återvinning byggs ut genom flera initiativ, i samarbete mellan företag, samverkansorganisationer, förpackningsbolag, kommunala bolag och energibolag. Nedan beskrivs några exempel kort:

- **Site zero i Motala**

Svensk Plaståtervinning (SPÅ) presenterade under 2021 den nya satsningen på utökad sortering och mekanisk återvinning av plast i Motala, kallad Site Zero. [10] Enligt planen kommer företaget sortera ut tolv fraktioner plastavfall år 2023: PP, HDPE, LDPE, PET-tråg, PET-flaskor, PP-film, EPS, PS, PVC samt två kvaliteter av laminat/polyolefinmix. Man ansöker om att utöka sitt tillstånd från 140 000 ton till 240 000 ton icke-farligt plastavfall per år.⁵ Idag sorteras fem fraktioner. En viktig förutsättning är att företaget redan nu säger sig ha avsättning för alla fraktioner för återvinning.⁶ År 2025 siktar man även på att ha tvätt- och granuleringskapacitet för plastförpackningar.

- **Omni Polymers, Ängelholm**

Omni Polymers är ett nystartat företag som ägs av Producentansvarsbolaget TMR och Plastonmy. Med hjälp av stöd från Nestlé och Klimatklivet bygger man en anläggning för materialåtervinning av plastförpackningar i Ängelholm med kapacitet att producera 12 000 ton plastgranulat per år. Anläggningen omfattar storleksreducering, tvätt, densitetsseparering och extrudering av PP/PE-fraktionen till pellets. Förhoppningen är att starta produktionen i maj 2022.

- **Van Werven, Sexdrega**

Den holländska, familjeägda koncernen van Werven är sedan några år etablerade i Sexdrega utanför Borås. Där har man en sorterings- och tvättanläggning för hårdplast (inte förpackningar) såsom PE, PP, PE-PP, PVC, ABS och PS. Man producerar cirka 50 kundspecifika råmaterial till kunder över hela Europa. Företaget tar emot plast från kommunala återvinningscentraler, sorteringsanläggningar och även produktionsspill från verksamheter.

- **Återvinning av jordbruksfilm i Korsberga**

Reviva plastics ägs sedan 2021 av Trioworld Group, men ägdes tidigare av Malmbäcks Invest AB, Entreprenörinvest Sverige AB, Lantbrukarnas Ekonomi AB och El-Fynd Holding i Sverige AB och har erhållit stöd från Klimatklivet. Anläggningen återvinner jordbruksfilm av 100% LLDPE. Anläggningen i Korsberga i Småland omfattar shredder, tvättanläggning, tork, extruder med laserfilter och pelletering. Exempel på användningsområden för den återvunna råvaran är sträckfilm, agriplast, säckar, påsar och extruderade profiler. Granulatet erbjuds i 8 standardvarianter.⁷

- **Novoplast innovationshubb**

Plaståtervinningsbolaget Novoplast planerar att etablera en innovationshubb för cirkulär ekonomi. Företaget har lokalisering i Gälleråsen utanför Karlskoga och i Fjugesta i Örebro kommun. Tanken är att knyta till sig olika aktörer med intresse i plaståtervinning för att överkomma hinder på vägen från FoU till kommersiell produktion, hitta rätt flöden m.m. Idag har Novoplast bland annat shredder, torrtvätt och granulering och ett tillstånd att behandla 10 000 ton sorterad plast per år. Företaget har erhållit stöd från Klimatklivet.

⁵ Samrådsunderlag Svensk Plaståtervinning Motala 21-04-20

⁶ Personlig kommunikation med Mattias Philipsson, Svensk Plaståtervinning december 2021

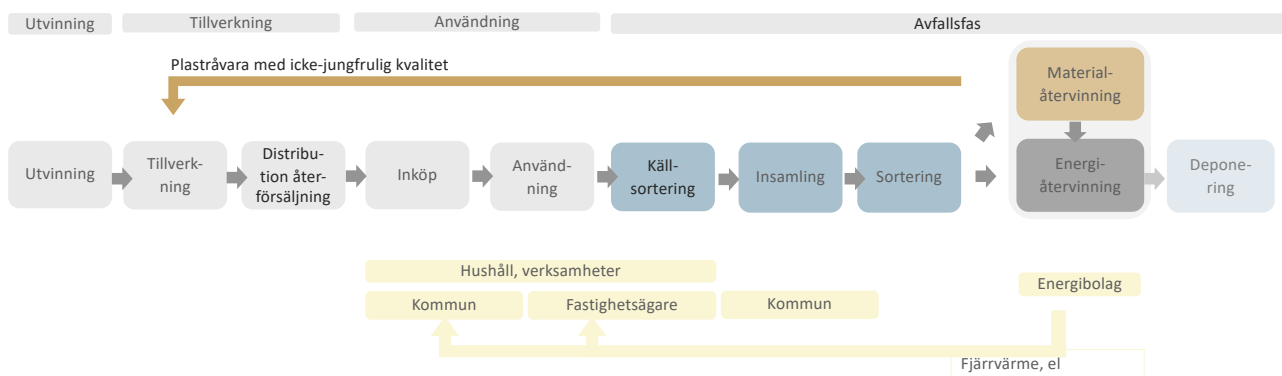
⁷ <https://revivaplastics.se/vara-produkter/>

- **Utsortering av plast på ÅVC**

De senaste 10 åren har allt fler kommuner börjat samla in plast separat vid återvinningscentraler (ÅVC). Den första kommunen som samlade in ÅVC- plast var Västervik 2010, enligt statistik från Avfall Web. Man sorterade då ut 8 ton. 2015 var antalet kommuner som rapporterade separat insamling 55 stycken, och snittmängden var 127 ton. År 2020 angav 83 kommuner att de samlade in plast separat, i snitt 168 ton per kommun och år. Några exempel på samarbetspartners är Novoplast, Van Werven, Stena Recycling, Swerec och Plaståtervinning i Wermland.⁸

Figur 6 och Figur 7 visar en grafisk representation av plastens värdekedja i dagens system baserat på mekanisk återvinning respektive i ett system kompletterat med kemisk återvinning. De översiktliga förändringar som tillkommer i värdekedjan med införandet av kemisk återvinning i plaståtervinningssystemet är nya aktörer, nya roller och nya samarbeten och informationsöverföring.

Figur 6 Plastens värdekedja i dagens system baserad på mekanisk återvinning.



En tidigare studie [12] identifierade tre nya aktörer i värdekedjan vid införandet av kemisk återvinning: 1) leverantörer av teknik för kemisk återvinning, 2) ägaren/verksamhetsutförare av en kemisk återvinningsanläggning, 3) transportbolag som ansvarar för ytterligare logistik som kompletterar

dagens system. Samma studie identifierade nya roller inom värdekedjan bland annat att det finns flera alternativ när det gäller potentiell ägare av en kemisk återvinningsanläggning och olika möjliga affärsmodeller för drift och ägande av anläggningen.

⁸ Personlig kontakt med Camilla Nilsson, Avfall Sverige, januari 2022.

pyrolys av plastavfall i Billingsfors, med målet att växla upp till en volym på 24 ton per dag till år 2023/24. Anläggningen kommer att testa en mängd olika plastråvaror från alla delar av marknaden, optimera processen och analysera och kvalitetssäkra pyrolysoljan. Även denna investering sker i ett nätverk med aktörer, här både privata och offentliga. Samarbete planeras även med Borealis, dels för att de är tilltänkta huvudmottagare av slutprodukten, dels för att samarbetet inkluderar utveckling av nya kvalitetsstandarder för pyrolysoljan.

The diagram illustrates the plastic waste management process in Sweden, categorized into three main phases: Utvinning (Extraction), Tillverkning (Manufacturing), and Avfallsfas (Waste Phase).

Utvinning (Extraction): The process begins with the extraction of raw materials, leading to the production of plastic products.

Tillverkning (Manufacturing): Plastic products are manufactured and distributed for sale. This phase includes distribution, sale, and purchase.

Avfallsfas (Waste Phase): This phase involves the collection and sorting of plastic waste. It includes the following steps:

- Källsortering (Source Sorting):** Waste is sorted at the source.
- Insamling (Collection):** Sorted waste is collected.
- Sortering (Sorting):** Collected waste is further sorted.
- Materialåtervinning (Material Recycling):** Sorted waste is sent to material recycling.
- Kemisk återvinning (Chemical Recycling):** Waste is sent to chemical recycling.
- Energiåtervinning (Energy Recycling):** Waste is sent to energy recycling.

Recycling Outcomes:

- Plastråvara med icke-jungfruglig kvalitet (Plastic raw material with non-virgin quality):** This material is used for the production of plastic products.
- Plastråvara med jungfruglig kvalitet (Plastic raw material with virgin quality):** This material is used for the production of plastic products.
- Återvunnen råvara, nyttiga produkter som kan ersätta motsvarande produkter baserade på nafta från råolja (Recycled raw material, useful products that can replace corresponding products based on oil from crude oil):** This material is used for the production of plastic products.
- Deponerad (Landfilled):** Waste that cannot be recycled is sent to landfills.

Recycling Partners:

- Kemisk återvinnare (Chemical recycler):** Recycles plastic waste into chemical raw materials.
- Energiåtervinnare (Energy recycler):** Recycles plastic waste into energy.

Recycling Products:

- Hushåll, verksamheter (Households, businesses):** Use recycled plastic products.
- Producenter (Producers):** Produce plastic products from recycled raw material.
- Kommun (Municipality):** Collect and sort plastic waste.
- Fastighetsägare (Property owner):** Collect and sort plastic waste.
- Kommun, Avfallsbolag (Municipality, waste company):** Collect and sort plastic waste.
- Energiåtervinnare (Energy recycler):** Recycles plastic waste into energy.

Recycling Products:

- Fjärrvärme, el (District heating, electricity):** Produced from recycled plastic waste.

Tillförseln av plastavfall förutsätter ökad källsortering av plast i hushåll och verksamheter, samt en ökad utsortering av plast ur blandat avfall och flera projekt pågår. Svensk Plaståtervinning driver en sorteringsanläggning för plastförpackningar från hushåll sedan maj 2019 och TMR planerar att ta en liknande anläggning i bruk i Ängelholm under 2022 (se ovan). SÖRAB och Stockholm Exergi har under 2021 invigt en eftersorteringsanläggning för kommunalt restavfall

i Brista, Sigtuna kommun, och Stockholm Vatten och Avfalls (SVOAs) eftersortering i Högdalen planerar byggstart hösten 2021. Van Werven i Sexdrega utanför Borås har utökat verksamheten för att ta emot hårdplast (ej förpackningar) från hushåll (så kallad ÅVC-plast) och verksamheter. Man sorterar, tvättar och kvarnar plasten och levererar vidare till plasttillverkare. Förutsättningarna för att få ut större andel plast till både mekanisk och kemisk återvinning ökar därmed markant.

RESULTAT FRÅN INTERVJUER

Genom projektets intervjuer och kartläggning framkommer att bilden av en linjär värdekedja, där kunden betraktas som en sista anhalt, ändras alltmer, och kompletteras eller ersätts av ett värdenätverk. Med värdenätverk avses en mer komplex samarbetsform än en enkel kedja i en stafett mellan aktör A, B och C. I ett nätverk kanske A gör något för B, som gör något för C, som i sin tur gör något för A. Interna loopar är vanliga i värdenätverk. En aktör kan ha flera roller i nätverket, roller som också kan ändras, främst för att kunskapstillväxten är så snabb. I intervjuerna lyfter aktörerna flera punkter att stärka och arbeta vidare med, som är kopplade till värdekedjan/nätverket och flera former av samarbeten. Dels arbetar man redan med flera av dessa frågor, men man kommer behöva hantera ytterligare aspekter eller komplexitet för att komma vidare i den kemiska återvinningen av plast.

- Stärk åtgärder tidigt i aktörskedjan, innan plasten ligger blandad med annat avfall i restavfallet, då man förlorar kvalitet och det kostar arbetsinsats att separera. Undersök var i kedjan det kan göras och stärk insatser som redan görs.

- Öka informationsutbyte i hela värdekedjan. Det behövs utökad återkoppling och kunskapsöverföring till såväl producenter som tillverkar plastprodukter, hushåll som källsorterar och till personal på ÅVC. Exempelvis visar plockanalyser att andelen rejekt (icke-plast) i den insamlade plasten på ÅVC varierar stort mellan kommuner. Här finns behov av att ta reda på vad de som har god kvalitet gör bra, och hur kan det spridas till andra kommuner.

EXEMPEL: Tekniska verken i Linköping påbörjade ett samarbete med Van Werven i slutet av 2021 för att skicka ÅVC-plast till Sexdrega. Van Werven genomförde en kortare utbildning för personalen på plats de tre ÅVC:erna och man använder även en sorteringsmanual. Avfallslämnare ombeds lämna plast i en mindre container som personalen sedan sorterar ner i den större containern för att ta bort oönskat material. I första leveransen hade man inget felsorterat material enligt Van Werven. Tekniska verken använder befintlig personal för arbetet med sorteringen. Transporten är den stora kostnaden, men bedöms vara väl investerade pengar för att lyfta materialet i avfallshierarkin. Man räknar med att skicka ca 600 ton till Van Werven under året; sedan ska samarbetet utvärderas.⁹

⁹ Intervju med Johan Borg, avdelningschef kommunalt avfall vid Tekniska Verken Linköping. Februari 2022.

- Större efterfrågan motiverar ökad sortering. Enligt intervjuerna finns en avsättning för återvunnen plast, både plast från förpackningar och annan plast. När tidigare flaskhalsar för sortering, tvättning och kvarning /malning håller på att byggas bort, är det viktigt att främja ytterligare ökad sortering. Aktörerna kan bidra till att överkomma brister inom samtliga näringar för att samla in och sortera plastavfallet eftersom det inte finns ett etablerat system för insamling av övrig plast likt det som finns för plastförpackningar. Därav finns det ett behov av sådana system för att förse en pyrolysanläggning med lämpliga plastavfallsflöden.
- Kostnadseffektiv logistik är en viktig faktor för att realisera ökad återvinning, såväl mekanisk som kemisk. Plast som inte storleksreducerats är oekonomisk att transportera. Därför kan det behövas mer lokal sortering och förbehandling av plasten (sönderdelning eller balning). Att försöka optimera transportflöden genom att använda tomma returtransporter m.m. är också viktigt.
- Hitta vägar att hantera ”kostnadskedjan” kring plast. Det är extra utmanande att man arbetar i en ”kostnads”-kedja snarare än en ”värde”-kedja när det gäller många plastflöden. Kostnadskedjan verkar för att undvika ännu högre kostnader för energiåtervinning. Vissa i kedjan är vana att hantera negativa värden, medan andra inte är det.
- Öka kunskapen om kvalitetskrav för kemisk återvinning. För att kunna sortera och förädla plastflöden till kemisk återvinning behöver transparensen öka kring vad olika tekniker och processer har för krav på ingående material. Olika processer klarar olika polymerer och olika andel av oönskat material. Flera olika typer av kemisk återvinning kan komma att behövas för att ta hand om olika polymertyper. Pyrolys är bra för att återvinna polyolefiner, medan depolymerisering lämpar sig väl för PET och PA.

DRIVKRAFTER FÖR ATT MINSKA PLAST TILL ENERGIÅTERVINNING

Nedan sammanfattas en rad drivkrafter som motiverar olika aktörer att arbeta med frågan om att minska plast till energiåtervinning.

Aktör	Drivkrafter
Kommuner	Kommunala miljömål, styrdokument och politiska uppdrag (t.ex. minskade avfallsmängder, minskad klimatpåverkan). Önskan om fossilfri fjärrvärme. Ansvar för avfallsinsamling och information.
Producenter	Producentansvar för förpackningar. Differentierade producentansvarsavgifter. ¹⁰ Miljöprestanda och varumärkesbyggnad. Krav på minst 30% återvunnen plast i förpackningar 2030 (se avsnitt om policy nedan).
Energibolag	Interna och branschgemensamma miljömål. Säkerställa konkurrenskraft genom att kunna erbjuda fossilfri fjärrvärme. Höga och ökande priser på utsläppsrätter, behov att påverka aktörer högre upp i kedjan (med större rådighet)
Kemiindustrin	Mål om fossilfrihet. Behov av nya råvaror för omställningen

¹⁰ <https://www.ftiab.se/3169.html>

PÅVERKAN FRÅN POLICY

Plast är högt på den politiska agendan, både i Sverige och EU. På EU-nivå har man exempelvis tagit fram en strategi för hur plast ska hanteras i en cirkulär ekonomi¹¹ och infört engångsplastdirektivet som kraftigt minskar användningen av engångsprodukter av plast. Ett initiativ från näringslivet är European Plastics Pact¹², där företag förbinder sig att bidra för att nå ett antal målsättningar kopplade till förpackningar och engångsprodukter:

- Designa produkterna för återanvändning eller återvinning senast 2025.
- Minska användningen av jungfrulig plast med 20% till 2025.
- Öka insamling, sortering och återvinningskapacitet med minst 25% till 2025.
- Använd minst 30% återvunnen plast i nya produkter 2025.

Den svenska regeringen fattade i februari 2022 beslut om en handlingsplan för plast¹³ med 55 åtgärder för att minska plastens påverkan på klimatet och miljön. Åtgärderna är kategoriserade under fyra fokusområden:

1. Produktion och produktdesign
2. Konsumtion och användning
3. Giftfria och cirkulära kretslopp
4. Drivkrafter för näringsliv och andra aktörer som främjar innovation och cirkulära affärsmodeller

Ett exempel på åtgärd som kan stärka efterfrågan på återvunnen plast är det nya målet att plastförpackningar som består av minst 50% plast ska innehålla minst 30% återvunnen plast från år 2030.

Handlingsplanen grundar sig bland annat på ett regeringsuppdrag där Naturvårdsverket lämnat ett antal förslag om hur materialåtervinningen av plast kan ökas. Exempel på förslag listas nedan:

- en kvotplikt på produkter av mjuk polyeten med krav på 25 procent återvunnen råvara från 2025, vilket höjs till 40 procent från 2030,
- ett nytt etappmål för byggsektorns plastavfall,
- en samverkansgrupp för att öka utsortering och materialåtervinning av det kommunala plastavfallet,
- ökad tillsyn och marknadskontroll inom producentansvaren för elektronik, bilar, däck samt förpackningar,
- insatser för att möjliggöra samverkan utmed värdekedjan genom test och demonstration av bland annat nya metoder, affärsmodeller och tekniska lösningar.

Hela rapporten från Naturvårdsverket kan läsas här.¹⁴ Förslaget om kvotplikt beslutades inte om i handlingsplanen. Detta hade ytterligare kunnat driva ökad efterfrågan på återvunnen plastråvara.

¹¹ https://ec.europa.eu/environment/strategy/plastics-strategy_en

¹² <https://europeanplasticspact.org/>

¹³ <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/02/sveriges-forsta-handlingsplan-for-plast--ett-stort-steg-for-att-ligga-langst-fram-i-klimatomställningen/>

¹⁴ <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/4100d340de0745e5993cb8af3476a4c5/ru-oka-materialatervinning-av-plast-211130.pdf>

Slutsatser och rekommendationer

SLUTSATSER

I dagsläget finns ingen optimal balans mellan mekanisk och kemisk återvinning, vilket inte heller är rimligt att kräva då den kemiska återvinningen fortfarande är i en tidig utvecklingsfas. Över tid behöver man dock utveckla en sådan balans så att behandlingen av plastavfall kan optimeras ur ett systemperspektiv och majoriteten av plastavfallet kan styras bort från energiåtervinning.

Potentialer

- Det finns en teoretisk potential för kemisk återvinning att bidra till fossilbränslefri energiåtervinning. I ett scenario med högt utfall uppskattar projektet att potentialen är drygt 30 %, beräknat som mindre mängd plast i kommunalt avfall till energiåtervinning. Den viktigaste faktorn är graden av utsortering av plast ur blandat restavfall.
- Idag har dock kemisk återvinning en begränsad faktisk potential att ta hand om plastavfall som inte kan återvinnas mekaniskt. Konkurrensen mellan mekanisk- och kemisk återvinning är således reell. I dagsläget kräver både mekanisk återvinning och pyrolys ”rena” och fina fraktioner med högt polyolefininnehåll. Det kan dock förändras framöver när både pyrolystekniken och eventuellt ytterligare tekniker vidareutvecklas. Exempel på utveckling kan vara användning av mer robusta katalysatorer i pyrolysprocessen eller utvecklad förbehandling av ingående flöden.

- Framtidens sammansättning av restavfallet och rejektet från sorteringsprocessen kommer att ha påverkan på pyrolysprestandan, dvs hur mycket av input som blir pyrolysolja. Man kan tänka sig att man i framtiden behöver optimera mellan prestanda och kapacitet att behandla svåra flöden, där båda dessa faktorer värderas ur ett helhetsperspektiv.
- Pyrolysteknik och utsortering av plast från restavfallet kan potentiellt ge positiva synergieffekter på systemet i form av ökad plaståtervinning och mindre plast till energiåtervinning. Kemisk återvinning kan på sikt (med utveckling) vara en lämplig teknik för att ta hand om plast som utsorteras från restavfallet och samtidigt potentiellt säkerställa råvara till kemisk industri. Av alla undersökta varianter kan den högsta plaståtervinningsgraden nås när både kemisk återvinning och utsortering av all plast från restavfallet finns i systemet.
- För att nå skalfördelar med kemisk återvinning behövs stora mängder plastavfall. Mängden rejekt från mekanisk återvinning i Sverige är idag för liten för att ge skalfördelar. Däremot, om all plast i det svenska restavfallet styrs bort från energiåtervinning skulle volymen rejekt från mekanisk återvinning kunna vara tillräckligt stor för att täcka anläggningsbehovet. Det baseras på resultat från intervjuer, storleken på den planerade pyrolysanläggningen i Stenungssund [14] samt resultat från projektets massbalanser.¹⁵

¹⁵ System med kemisk återvinning (pyrolys) med avfallsmängder justerade till 2025-nivåer när två sorteringsanläggningarna i Stockholmsområdet är i drift.

REKOMMENDATIONER: VAD KAN AKTÖRERNA LÄNGS PLASTENS VÄRDEKEDJA GÖRA TILLSAMMANS FÖR ATT INRÄTTA SYSTEMET?

Baserat på intervjuer och samlad analys presenteras här ett antal rekommendationer till värdekedjans aktörer.

Avfallsbolag

- Förbättra kunskapen om olika flödens innehåll av plast och polymertyper för att kunna matcha tillgång och efterfrågan och identifiera värdefulla delflöden. Framför allt kring olika verksamhetsavfall behövs djupare kunskap om typer av plast och mängder. Arbetet behöver genomföras i samarbete med kommuner och verksamheter och kan få draghjälp av akademi och forskning i lämpliga konstellationer. Kunskapen behöver även förmedlas till aktörerna inom kemisk återvinning.
- Utöka samarbetet med råvarumarknaden för att hitta en bra fördelning mellan mekanisk och kemisk återvinning. Avfallsbolag behöver samarbeta med förädlingsföretag, inköpare av plast och återvinnare för att identifiera värdefulla flöden och alternativa avsättningar.
- Utbilda ÅVC-personal som kan förädla insamlad kommunplast. Detta ger högre kvalitet och minskar risken att man måste transportera material som inte kan återvinnas i onödan och betala både transport och förbränningsavgift. Undersök om det finns delar av rejektet från sorteringen som skulle lämpa sig för kemisk återvinning redan idag.

Producenter och producentansvarsorganisationer

- Förstärk arbetet med att inhämta återkoppling från avfallsledet. Producenter behöver i större utsträckning få kunskap om vilka plaster eller sammansatta produkter som är svåra att hantera i sortering eller återvinning eller få avsättning för.
- Designa för återvinning. De produkter som sätts på marknaden behöver i större utsträckning vara utformade för materialåtervinning. Differentierade avgifter i producentansvaret för förpackningar är ett exempel som verkar i denna riktning och har tillämpats sedan 2018. Producenter som tillverkar mer återvinningsbara förpackningar får en lägre avgift än de vars förpackningar inte kan återvinnas med befintlig teknik (mekanisk återvinning). Den förbättrade sorteringen i fler fraktioner bidrar till mer specifik kunskap om vilka fraktioner som efterfrågas respektive ratas i olika led i kedjan.
- Använd mer återvunnen plast i produkter. Uppdatera specifikationer till att omfatta återvunnet material där det är möjligt utan att tumma på funktionskrav.

Återvinnare

- Fortsätt utveckla återvinningskapaciteten i Sverige. I dagsläget skickas exempelvis sorterade förpackningar utomlands för mekanisk återvinning på grund av bristande nationell mekanisk återvinningskapacitet. Med Svensk Plaståtervinnings [10] och TMRs nya investeringar, liksom flera andra aktörers aktiviteter på väg, förväntas tvättning och granulering av sorterade plastförpackningar

vara möjligt i Sverige från år 2023, med ännu större kapacitet 2025. Det betyder att plastloopen kommer att stängas i större utsträckning än idag och att mängden plast som kommer att behandlas lokalt i Sverige kommer att öka. I det här projektet antogs det att endast rejekt från förpackningssortering och inget rejekt från mekanisk återvinning kommer att skickas till kemisk återvinning. Det beror på logistik- och ansvarsutmaningar av att hantera rejekt från mekanisk återvinning när den sker utomlands.

För att undersöka möjlig påverkan av att skicka även rejekt från mekanisk återvinning till kemisk återvinning gjordes ytterligare beräkningar i det här projektet. Slutsatsen blir att kemisk återvinningspotential kan öka betydligt om större del plastavfallet behandlades inom landet. Ju fler steg av plaståtervinningsprocessen som sker i Sverige desto större möjlighet för den svenska plastens värdekedja att ta kontrollen över hela plaståtervinningsystemet från början till slut och se till att så liten andel plast som möjligt skickas till energiåtervinning.

Beslutsfattare

- Stötta ökad efterfrågan på återvunnen plast, exempelvis genom en kvotplikt för fler produkter än förpackningar.
- Påverka vilken plast som sätts på marknaden, genom skarpare kriterier för differentiering av producentansvarsavgifter, vägledning kring design för återvinning och införande av krav i offentlig upphandling.

Energiåtervinnare

- Prissätt plasten i avfallet baserat på de kostnader den medför. Det borde inte vara billigare att energiåtervinna plast än att sortera ut den – differentierade mottagningsavgifter baserat på plastinnehåll i avfallet diskuteras av många energiåtervinnare och tillämpas i viss utsträckning. Det finns dock en oro att kunder värderar ekonomi högre än miljö och väljer att skicka avfallet någon annanstans om priserna blir för höga.

Kemiindustrin/aktörer inom kemisk återvinning

- Bygg kunskap om alternativa tekniker, även utanför Sverige. Det finns exempelvis planer på utökad kapacitet för depolymerisering i Europa. Förgasning kan bli aktuellt för vissa flöden. I Tyskland finns utvecklad återvinning av fordonsplast. En teknik kan inte lösa hela frågan, liksom inget enskilt land kan ha kapacitet att återvinna alla flöden. Utökad kartläggning och mer samarbete på EU-nivå vore önskvärt för att på längre sikt optimera hanteringen av fler plastflöden, även om logistiken fortsatt kommer att vara en utmaning.
- Optimera processen baserat på både behandlingsbehov och prestanda. Utifrån en djupare kunskap om befintliga plastavfallsflöden behöver de kemiska återvinningsprocesserna anpassas för de flöden som inte kan återvinnas mekaniskt. Över tid behöver man alltså sluta konkurrera med mekanisk återvinning och istället i större utsträckning omhänderta plastflöden som i nuläget endast kan energiåtervinnas.

Gemensamma åtgärder & samarbeten

- Ingå ekonomiska samarbetsavtal i värdekedjan där man delar investeringar, driftskostnader och intäkter. Det är en utmaning att få ekonomi i flera plastflöden idag. Genom utökad dialog och transparens om både kvalitet och ekonomiska värden kan man komma längre och enas om fördelning av kostnader och nyttor mellan aktörer.
Exempel: samarbeta med energibolag, avfallsbolag och kemiska återvinnare för att etablera lokal sortering och förbehandling. Redovisa flödenas sammansättning transparent inom samarbetet och dela på kostnader för sortering och förbränning av rejekt liksom på intäkter från värdeströmmarna. Utöver rent ekonomiska värden finns värden som att lyfta avfall i avfallshierarkin, minska fossila utsläpp och minska behovet av jungfruliga fossila resurser. Att sätta priser även på dessa nyttor gör det lättare att komma framåt.

- Bidra till hantering av plast i kvalitetskaskader, där nyare plast av hög kvalitet som har hög efterfrågan prioriterades till mekanisk återvinning, medan fraktioner som närmar sig slutet av sin tekniska livslängd kan gå till kemisk återvinning och därmed bli ny råvara igen. Hur detta kan kunna göras i praktiken behöver det utvecklas processer för. Det kan exempelvis röra sig om märkning av olika slag. Det är också viktigt att hitta de flöden som inte alls lämpar sig för mekanisk återvinning och se till att dessa istället återvinns kemiskt. Denna punkt kräver samarbete mellan producenter och avfallsled/återvinnare och är beroende av den ökade kunskapen om flöden som efterfrågas ovan.

Referenser

- [1] M. Solis and S. Silveira, "Technologies for chemical recycling of household plastics – A technical review and TRL assessment," *Waste Manag.*, vol. 105, 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2020.01.038.
- [2] M. Solis, S. Silveira, and K. Gustafsson, "Potential of chemical recycling to improve the recycling of plastic waste," KTH Royal Institute of Technology, 2018.
- [3] Förpacknings och Tidnings Insamlingen (FTI), "ÅTERVINNINGSPROCESSEN," 2021. .
- [4] H. Merrild, A. W. Larsen, and T. H. Christensen, "Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: The importance of efficient energy recovery and transport distances," *Waste Manag.*, 2012, doi: 10.1016/j.wasman.2011.12.025.
- [5] K. Ragaert, L. Delva, and K. Van Geem, "Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste," *Waste Manag.*, vol. 69, pp. 24–58, 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2017.07.044.
- [6] SÖRAB, "Det är bättre att elda upp än att återvinna plastförpackningar – sant eller FALSKT?," 2021. .
- [7] "ReSource 2020: Energiåtervinning i en cirkulär omställning. Profu, RISE och Handelshögskolan, Göteborg för ReSource, Avfall Sverige och SBUF," 2020.
- [8] NATURVÅRDSVERKET, "Engångsplast," 2021. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/plast/nya-krav-for-engangsplast/>.
- [9] Regeringskansliet, "Mer fastighetsnära insamling av förpackningsavfall och returpapper - utveckling av producentansvaren," p. 197, 2018, [Online]. Available: <https://www.regeringen.se/4952fa/contentassets/478afa8c58ca4f85a6c84dc9dco8ba8b6/pm-mer-fastighetsnara-insamling-av-forpackningsavfall-och-returpapper.pdf>.
- [10] Svensk Plaståtervinning, "Vi bygger Site Zero," 2021. <https://www.svenskplastatervinning.se/site-zero/>.
- [11] Chemical Recycling Europe, "10 Questions and Answers to Better Understand Chemical Recycling," 2021. <https://www.chemicalrecyclingeurope.eu/copy-of-about-chemical-recycling> (accessed Nov. 18, 2021).
- [12] M. Solis, J. Sahlin, M. Bisailon, and M. Henrysson, "Kemisk återvinning för cirkulära strömmar av plastavfall. Resultatsyntes och rekommendationer.," 2021.
- [13] IKEM, "Nu kommer äntligen konsumentförpackningar av EPS att materialåtervinnas i Sverige," 2021. <https://www.ikem.se/eps-sverige/nyheter/nyheter/nu-kommer-antligen-konsumentforpackningar-av-eps-att-materialatervinnas-i-sverige/>.
- [14] Borealis, "Borealis driver samarbetsprojekt i Sverige för att öka utbudet av kemiskt återvunnen råvara för tillverkning av mer cirkulära plastprodukter i enlighet med EverMinds TM -strategin Borealis har beviljats stöd för förstudie tillsammans med Stena," 2021. <https://www.borealisgroup.com/news/borealis-driver-samarbetsprojekt-i-sverige-for-att-oka-utbudet-av-kemiskt-atervunnen-ravara-for-tillverkning-av-mer-cirkulara-plastprodukter-i-enlighet-med-everminds-strategin> (accessed Nov. 30, 2021).

Bilagor

BILAGA 1 PROJEKTPARTNERS SAMT DELTAGARE VID INTERVJUER

Finansiärer:

Avfall Sverige
E.ON
SÖRAB

Respondenter vid intervjuer:

Avfall Sverige
Borealis
E.ON
IVAR
Perstorp
RISE
Renova
ROAF
Stena Recycling
Stockholm Exergi
Svensk Plaståtervinning
Sysav
SÖRAB
Tekniska verken Linköping
TMR
Van Werven
Omni Polymers

Avfall Sverige är kommunernas branschorganisation inom avfallshantering. Det är Avfall Sveriges medlemmar som ser till att avfall tas om hand och återvinns i landets alla kommuner. Vi gör det på samhällets uppdrag: miljösäkert, hållbart och långsiktigt. Vår vision är "Det finns inget avfall". Vi verkar för att förebygga att avfall uppstår, att mer återanvänds och att det avfall som uppstår återvinns och tas om hand på bästa sätt. Kommunen och deras bolag är ambassadör, katalysator och garant för denna omställning.



Avfall Sverige Utveckling 2022:07

ISSN 1103-4092

©Avfall Sverige AB

Adress	Baltzarsgatan 25, 211 36 Malmö
Telefon	040-35 66 00
E-post	info@avfallsverige.se
Hemsida	www.avfallsverige.se