



FRÅN AVFALL TILL VÄRDEFULLA RESURSER

Resultat från forskningsprogrammet
Mistra Closing the Loop 2016-2019

Closing the Loop för industriella biprodukter, rester och avfall: Från avfall till värdefulla resurser

Mistra Closing the Loop är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram. Det består av sex individuella forskningsprojekt som syftar till att visa möjligheter att öka användningen av återvunnen råvara inom olika produkt- och processflöden. Programmet har också kompletterats med internationell och nationell policyanalys samt djupanalyser av drivkrafter och barriärer för att förändring mot en ökad användning av återvunnen råvara i samhället.

Materialanvändningen är ohållbar

I dag cirkulerar endast fem procent av materialet globalt och det sker ofta genom ineffektiva återvinningsmetoder.

Material är helt centralt för att samhället ska upprätthålla sin välfärd. Det gör det orimligt låga materialvärdet i vår ekonomi till en paradox som bara kan leda till ett ohållbart samhälle. Den ohållbara materialanvändningen orsakar i dag majoriteten av samhällets utsläpp av klimatgaser vilket aktualiserar problemet ytterligare.

Vi vill se tydliga mål

Ett led i samhällets omställning till en hållbar materialanvändning är att öka användningen av återvunnen råvara. För att omställningen ska bli långsiktigt hållbar måste den resultera i minskad brytning av jungfruligt material. Därför rekommenderar Mistra

Closing the Loop att det ska sättas tydliga mål för en minskad användning av nyutvunna material på global, nationell, lokal och organisationsnivå. Att göra mycket med mer är enkelt, men att göra mycket med mindre nyutvunna resurser kräver innovationer.

Vi ser att möjligheterna finns

Mistra Closing the Loop visar att det finns möjligheter för både ökad användning av återvunnen råvara samt en ökad högvärdig användning av den återvunna råvaran inom flera branscher, från fordon och byggverksamhet till batterier och gruvindustri.

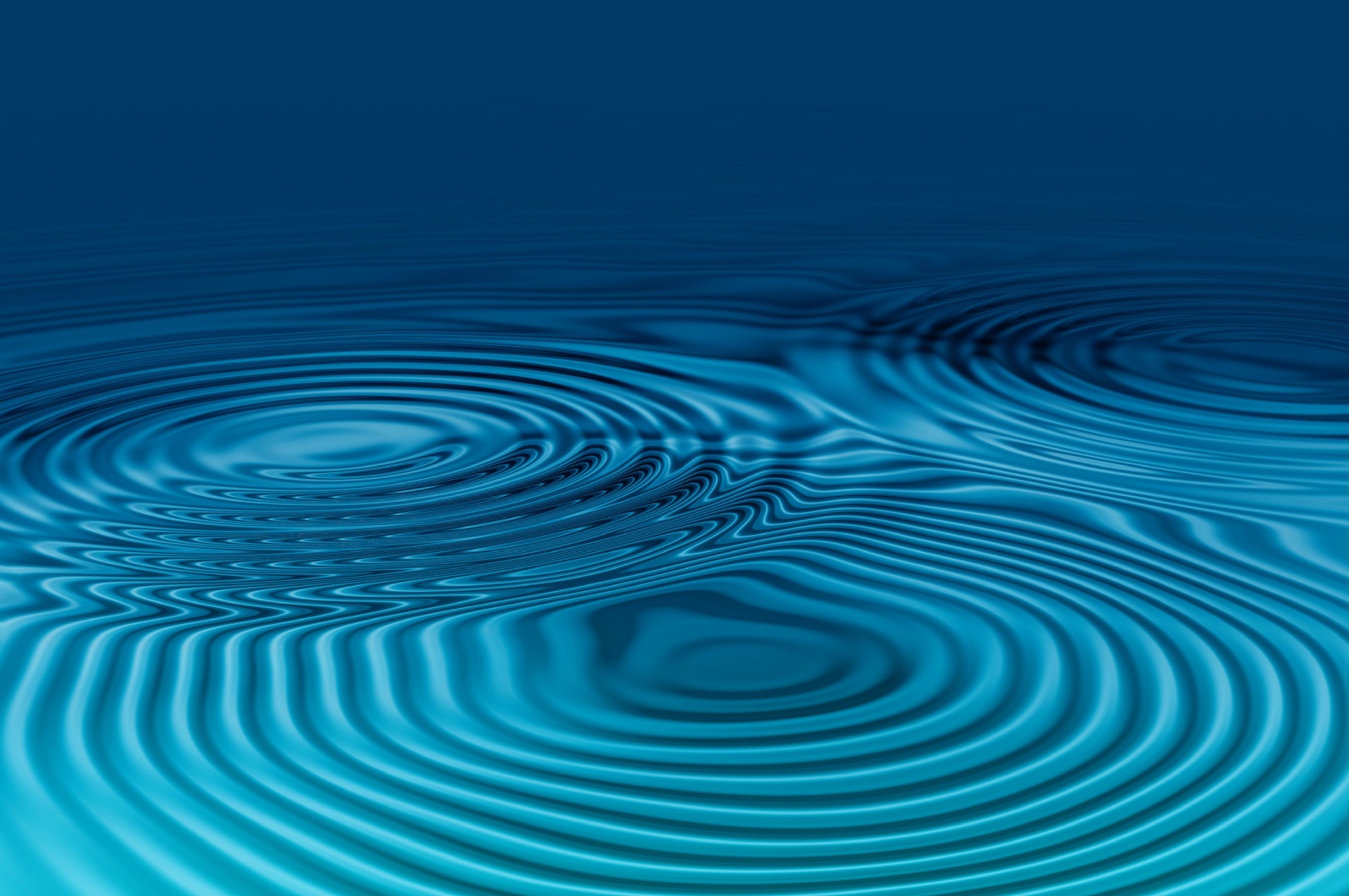
Små stegvisa förändringar – som att ersätta nyutvunnen råvara med några procentandelar återvunnen råvara i en produkt – kommer inte att leda till den globala förändringen som problemet med den ohållbara materialanvändningen kräver.

För att användning av återvunnen råvara ska öka betydligt måste den klassas som en råvara med unika och högt värderade beskafterheter såsom materialegenskaper samt tillgänglighet både i tid och plats.

Barriärer som måste brytas

Det är ännu ingen norm att använda återvunnen råvara. Det är istället både krångligt och osäkert vilket förklarar dagens låga nivåer av cirkulära högvärdiga material.

Mistra Closing the Loop visar att följande barriärer



måste brytas för att skapa en hållbar materialanvändning och en fungerande marknad:

1

Avsaknaden av fungerande metoder för utvärdering och fördelning av risk. Risk måste utvärderas i ett globalt systemperspektiv och med avseende på alla tre aspekterna ekologisk, social och ekonomisk risk.

2

En fragmenterad marknad där återvunnen råvara värderas som ett sämre andrahandsalternativ.

3

Avsaknad av samverkan och utbyte av information i affärsekosystemet och värdekedjor.

Viktiga områden kräver innovationer

För att öka mängden material som återvinns och minska mängden material som läggs på deponi eller förbränns behövs utveckling av processer som möjliggör effektiv och hållbar återvinning av material genom komponenter, funktionell materialåtervinning samt molekylär återvinning.

Parallellt med detta behövs också en utveckling av stödjande logiska processer samt av förbränningsprocessen så att den är optimerad för att omhänderta det material som inte kan användas någon annanstans

i samhället. Det betyder att den ska vara optimerad för att omhänderta material som inte i första hand är lämpat att förbränna vilket kräver andra lösningar än dagens. Marknaden för användning av återvunnen råvara måste utvecklas och bedömas genom ett industriperspektiv och inte primärt som en avfallshandlingsfråga.

Perfekt läge för förändring

Under de senaste åren har kunskapen och insikten om att vi måste göra stora förändringar på kort tid för att lösa problem som exempelvis klimatförändringen.

Insikten om kopplingen mellan vår ohållbara resursförbrukning och de negativa effekterna är också hög på många samhällsnivåer – medborgare, makthavare och kapitalmarknaden. Nu har vi möjligheten att ta stegen som ger stora förändringar och tar oss mot en hållbar materialanvändning. Det är ett perfekt läge för att omöjliggöra det omöjliga.

Vi lämnar tolv konkreta förslag

I den här rapporten presenterar Mistra Closing the Loop tolv konkreta förslag på viktiga förändringssteg för att uppnå en hållbar materialanvändning och en ökad användning av återvunnen råvara. De vänder sig till näringsliv, kommuner, myndigheter och forskare.

Tolv konkreta budskap för ökad användning av återvunna material

Till industrin och kommunerna

Återvunnet material är en unik resurs!

Återvunna råvaror kommer aldrig att bli detsamma som nytvunnet material. Vi har inte råd med de förluster av material och energi som uppstår om vi försöker konvertera återvunna råvaror till jungfruliga. Istället måste det återvunna materialets unika egenskaper värderas positivt och ses som en fördel i ett hållbart materialsystem.

Minska din aptit på nytvunna resurser!

Börja med att kontrollera den årliga användningen av material som behövs för din organisation eller ditt företag. Sätt mål och skapa en färdplan för märkbart minskad förbrukning. Se material, biprodukter och till och med utsläpp som möjliga produkter och vinster. Sluta att fokusera på att undvika eller minska kostnaderna för avfallshantering. Låt din organisation göra materialplaner istället för avfallsplaner.

Tänk framåt! Ta ansvar för rena och homogena materialflöden.

Skapa inte material som inte kan återvinnas i dina produkter och tjänster. Problemet med icke-återvinningsbart material i samhället bör främst adresseras och lösas av producenterna, inte av återvinningsindustrin.

Var förberedd! Dela data för pålitliga återvinningsloopar.

Vi måste öka informationsdelningen av process- och materialdata för att skapa effektiva återvinningslösningar och ökad användning av återvunnet material. Ökat informationsutbyte kommer också att ge bättre och mer högkvalitativa riskbedömningar samt spårbarhet och förutsägbarhet av materialets egenskaper. Digitalisering och artificiell intelligens skapar möjligheter för att uppnå transparent och pålitlig cirkularitet.

Till myndigheterna

Stimulera en materialanvändning som ryms inom jordens resurser!

Incitamenten är få för verksamheter att minska användningen av nytvunnet material genom att ställa om till mer materialeffektiva processer och affärsmodeller. Det främsta skälet till att dagens system inte är hållbart är att vi agerar som om de jungfruliga resurserna vore oändliga. Hjälp samhället att bli kreativt och innovativt genom att sätta ett skarpt, långsiktigt mål att halvera användningen av nytvunna resurser. Tidplanen för minskningen bör synkroniseras med den globala klimatstrategin till 2050.

Korrekt riskbedömning ger modet att hantera kemikalier i vår miljö!

Riskerna som förknippas med användning av återvunnet material bör utvärderas på systemnivå. Alla viktiga

miljömål måste vägas in. Om målen står i konflikt med varandra behöver den svenska regeringen ge tydliga riktlinjer för hur myndigheterna ska agera för att lösa knuten. Implementera riskbedömningar och policy-instrument som stöder ökad materialcirkularitet. De nuvarande instrumentens främsta funktion är att reglera avfallshantering och utsläpp, något som hämmar användningen av återvunna material.

Skapa en marknad för återvunnet material!

Organisationer har få incitament att använda återvunnet material i produktionen liksom för att designa produkter för framtida materialåtervinning. Introducera distinkta och långsiktiga policyinstrument för att öka användningen av återvunnet material och underlätta investeringar. Det behövs policyinstrument som gör det mer lönsamt att använda återvunna råvaror och ökar efterfrågan på återvunnet material.

Gå från bulk till hållbar återvinning!

Introducera policyinstrument som gynnar både återvinning av kritiska råmaterial och en högkvalitativ återvinning av funktionellt material. Mass- och bulkbaserade krav på höga återvinningsgrader leder till att vi förlorar värdefullt kritiskt material genom ”down-cycling” som bara ingår till låga nivåer. Digitalisering och delning av information och data kan spela en viktig roll för att öka den funktionella återvinningen.

Stöd omvälvande förändringar!

Skapa möjligheter för forskning som kan leda en systemomvandling för hållbar materialanvändning. Innovationssystemet bör stödja och uppmuntra forskare att leda systemomvandling snarare än stegvisa förändringar i befintliga system. Inför dessutom policyinstrument som stimulerar delning av process- och materialdata. Det är en viktig pusselbit för förändring.

Till forskningen

Innovation för hållbara riskbeslut!

Det behövs kunskap kring riskbedömning. För att uppnå hållbara lösningar krävs riskbedömning på systemnivå. Beslut som tas på lokal nivå, baserat på ett material eller ämne i taget, resulterar ofta i kontraproduktiva lösningar som, troligen, leder till högre utsläpp av skadliga ämnen på global nivå. Strukturerad insamling och nyskapande av data och metoder måste till för ökad hållbarhet

Innovation för ökade investeringar!

När återvunnet material är en del av affären behövs kunskap för att förstå risknivå samt ansvar och hur riker och vinster ska delas. Hållbar miljö och hållbara material måste värderas och utsläppen måste kosta för att underlätta korrekta beräkningar för affären. Vill vi öka användningen av återvunnet material i produktionen krävs långsiktiga beslut och investeringar. Med bristande kunskap, data och beslutsmetoder blir sådana beslut svåra.

Innovation för val av återvinningsmetod!

Det behövs kunskap om hur man väljer hållbara återvinningsprocesser som kan leda till högvärdig materialåtervinning. Det finns i dag ett gap mellan mekanisk återvinning och förbränning. Därmed uppstår ett behov av innovation inom kemiska / termokemiska återvinningsmaterial liksom av innovation för att omvandla traditionella återvinningsprocesser för bulkmaterial till funktionella materialåtervinningsprocesser. Det krävs tydliga kunskapsbaserade riktlinjer för valet av återvinningsmetod.



Specifika projektresultat har format de gemensamma slutsatserna

Mistra Closing the Loop består av sex fristående projekt som har studerat skilda materialflöden. Samtidigt har programmet haft ett aktivt synergi- och syntesarbete och drivit programgemensam forskning för att definiera drivkrafter och barriärer för en hållbar omställning. Här sammanfattas projekten som har tagits fram på programmets uppdrag.

Mycket mer om projekten, inklusive slutrapporter, hittar du på webbplatsen:

[closingtheloop.se/aktuella projekt](https://closingtheloop.se/aktuella-projekt)



Mistra Fellow | Europeiska utblickar ger lärdomar om risker och resurser



I Europa finns ofta en tradition av att använda avfall som en resurs. Därför finns ofta en bättre balans mellan risk och resurs i andra länders politik. Det anser Nils Johansson, KTH, som har samlat fakta om hanteringen av återvunnen råvara i andra europeiska länder. Det skedde inom ramen för Mistras Fellow-program och på uppdrag av Mistra Closing the Loop.

Rapporten fokuserar på två material: Bottenaska och avloppsslam. I Sverige sprids omkring 25 procent av avloppsslammet på åkermark, i Danmark 74 procent. I stort sett all bottenaska i Danmark och Nederländerna används som ballastmaterial, i Sverige hamnar den vanligtvis på deponi.

Oraken? I andra länder är det ofta användning som styr kraven på avfallet, inte ursprunget. Till exempel kan en något högre risk tolereras i avfall som läggs under en smutsig väg än i en park. I Sverige hamnar viljan att återvinna oftare i konflikt med kraven på en giftfri miljö. Kraven är strängare för avfallsbaserade material än för nytvunna.

Rapporten listar ett antal viktiga vägval som måste till för en framtida policyförändring inom området.



GLAD | Geggigt restmaterial minskar gruvornas miljöpåverkan

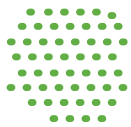
Grönlutslam är en biprodukt från pappers- och massaindustrin. Varje år läggs hundratusentals ton på deponier. Nu har projektet GLAD banat väg för att det istället kan användas för att täcka eller täta gruvavfall, och på så sätt minska utsläpp av surt lakvatten med höga metallhalter. Att tekniken fungerar står numera helt klart.

Ett genombrott för projektet var försök i gamla gruvområdet Gladhammar utanför Västervik. Hundra ton grönlutslam pumpades in i de läckande deponierna. Projektledaren Mattias Bäckström, Örebro universitet, kallar resultatet ”nästan för bra för att vara sant”.

– Projektet visar att grönlutslammet kan användas till något väldigt nyttigt, säger han.

Lakvattnet, som var mycket surt, gick från 3,5 till mer än 7 i pH och metallhalterna minskade med 97-99 procent.

För både gruvindustrin och pappersmassaindustrin finns mycket att vinna men det krävs också fungerande praktiska lösningar, utvecklad logistik och affärsmodeller. En utmaning är att grönlutslammet skiljer sig åt mellan olika pappersmassabruk. Det gäller att matcha behovet med rätt material.



Mistra Fines | Det kan finnas värde i restmaterialet som ingen vill ha



När fordon, industriavfall och annat skrot har krossats i fragmenteringen och det värdefulla innehållet har tagits tillvara återstår det finfördelade restmaterialet ”fines” – en salig blandning av sådant som plast, gummi, glas, textilier och metaller. Normalt hamnar det på deponi.

Att kunskapen brister samtidigt som ekonomiska incitament och tydliga riktlinjer saknas hindrar resursutvinning från fines. Det konstaterar projektet Mistra Fines som efter en omfattande kartläggning av materialsammansättningen vill bana väg för bättre återvinning och nya angreppssätt.

– Om vi ska gå mot en cirkulär ekonomi och ökad resurseffektivitet måste vi ta hand om den här typen av material också, inte bara de lågt hängande frukterna, säger projektledaren Joakim Krook, Linköpings universitet.

En viktig slutsats är att integrerade upparbetningsprocesser krävs eftersom det oftast handlar om en kombination av problem i materialet som måste lösas. Flera utmaningar återstår: variationerna i sammansättningen är en. Det finns heller ingen given marknad för fines samtidigt som strikta regler för föroreningar och farliga ämnen komplicerar en återvinning av det mixade materialet.



Constructivate | Fler krav kan öka återvinningen av byggavfall

Byggsektorn skapar en tredjedel av allt avfall i Sverige. Mycket kastas bort i onödan. EU kräver att 70 viktprocent av allt bygg- och rivningsavfall ska återvinnas eller återvändas senast i år, 2020. Men utmaningarna är många och komplexa. Samtidigt är styrmedel och policyer på området i dag för svaga för att leda till verklig förändring, anser Max Björkman, Chalmers Industriteknik, som har lett projektet Constructivate

– När kraven inte är tillräckligt hårda minskar drivkrafterna för återvinning. Det blir helt enkelt viktigare att hålla tidplanen än att lägga pengar på att sortera materialet, säger han.

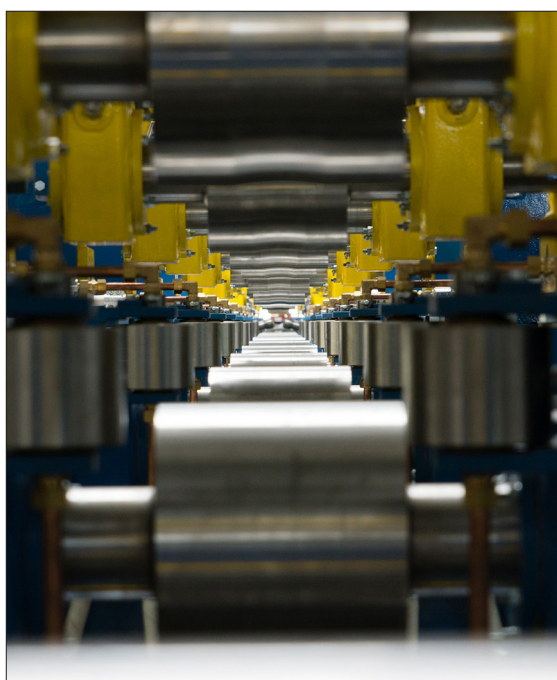
Projektet har studerat både bygg- och rivningsavfall och fokuserat på två materialströmmar: betong – en stor del av det samlade avfallet – och plast, som sällan återvinns i dag.

En list gjord av återvunnen plast, ny plastråvara från emballageplast och en ny teknik för cementåtervinning är konkreta resultat.

Förhoppningen är att projektresultaten ska fungera som en sporre för aktörer i byggsektorn att öka återvinningsgraden.



CIMMRec | Det går att återvinna betydligt mer avfall från industrin



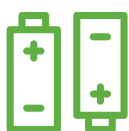
Att återvinna avfall från tillverkningsindustrin är komplicerat eftersom det handlar om många olika sorters material och en mängd aktörer som behöver samarbeta. Men det är mindre komplicerat att börja där än längre fram i kedjan när kanske tusentals användare har kontaminerat materialet. Det är slutsatsen från projektet CiMMRec.

Projektet har fokuserat på metall- och plastflöden bland annat i fordonsindustrin. Målet har varit att ge industrin verktyg att hitta fungerande affärsmodeller för att öka materialeffektiviteten. Mycket handlar om att förbättra planering och logistik runt återvinningen.

– Vi har grävt i vad företagen faktiskt behöver veta. Samarbete och informationsdelning är viktiga nycklar. Företagen måste dela med sig av relevant produktinformation och leveransplaner.

– Det krävs god planering och tillräckligt stora volymer, säger projektledaren Martin Kurdve, RISE.

En utmaning är bristen på standardisering av inkommande material. Till det kommer ojämna produktionsflöden som försvårar återvinningen av avfallet.



EBaR | Tekniken som återför batteriers värdefulla material till kretsloppet

I Sverige är vi duktiga på att samla in batterier men sämre på att ta vara på innehållet. Projektet EBaR har arbetat med en ny metod för att återvinna batteriernas värdefulla innehåll på ett enkelt och ekonomiskt hållbart sätt.

Innanför skalet till våra vanligaste batterier – de alkaliska – döljer sig den svarta massan, eller ”black mass”. Tidigare har det saknats bra processer för att ta hand om massans metallinnehåll som till 30 procent består av zink och till 30 procent av mangan.

– Vi har utvecklat en process för att ta vara på zink och mangan från den svarta massan. Enkelt beskrivet handlar det om att tillföra energi och styra temperaturen i en form av reaktor, för att på så sätt lyckas separera ämnena från varandra och få ut två rena råvaror. Resultaten är väldigt goda, säger projektledaren Guozhu Ye, Swerim.

Han hoppas att metoden kan börja användas i större skala. Samtidigt är det troligen så att det kräver investeringar och troligtvis större samarbeten – kanske på EU-nivå.



Explore | Styrmedel kan göra fordonsåtervinningen mer effektiv



När en bil har slutat rulla ska materialet i den återvinnas till 85 procent.

Det är högt ställda krav men plaster återvinns knappt alls och att ta vara på elektronikens metaller – många av dem värdefulla och sällsynta – är en rejäl utmaning eftersom metallerna är utspridda och svåra att separera ut.

Projektet Explore har visat att sortering av materialet i ett tidigare skede kan göra fordonsåtervinningen mer effektiv.

– I dag är huvudspåret fragmentering med sortering efteråt. Men det är svårare att få ut materialet när allt är mixat. Före fragmenteringen har du en renare ström, säger projektledaren Hanna Ljungkvist Nordin, IVL.

En viktig del i arbetet har varit att kartlägga fordonsflottans materialströmmar i detalj. Kunskap om hur bilar är sammansatta och återvinns ger bättre förutsättningar att anpassa återvinningsindustrin.

Projektet pekar på att det behövs både politiska styrmedel åtgärder i branschen för en effektivare återvinning. Nya affärsmodeller och nya sätt att använda bilar kan också förändra materialflödena.

Drivkrafter och barriärer för ökad användning av återvunnen råvara

”Många hinder på alla systemnivåer måste övervinnas”

Industriell återvinning står inför många hinder på alla systemnivåer i samhället – men den är nödvändig som en del av en bredare övergång till ett mer cirkulärt samhälle.

Förutom att vara en källa till förtvivlan kan långa, oprioriterade listor över hinder leda till spretande ansträngningar som aktörerna försöker hantera alla på en gång med otillräckliga resurser.

Dessutom har dessa hinder traditionellt betraktats som separata enheter. Lite är känt om förhållandena mellan dem. Det krävs en förändring i hur hinder studeras och hur vi agerar, vi måste förstå interaktionen mellan flera hinder och identifiera de hinder som ger störst total effekt och förändring för att kunna prioritera åtgärder. Det är slutsatser från RISE som på uppdrag av Mistra Closing the Loop har studerat drivkrafter och barriärer för effektivare materialhantering.

För att identifiera gemensamma behov, hinder och drivkrafter för en omställning mot ökad användning av återvunna resurser genomfördes en djupanalys av hinder och drivkrafter för återvinning av industriavfall utifrån erfarenheterna från projekten CIMMRec, Constructivate, EBAR, Explore och GLAD.

– Vårt arbete visar på tre gemensamma barriärer som måste brytas för att en omställning och en förändring ska ske: Brist på mekanism för riskdelning, en fragmenterad marknad samt brist på samarbete och informationsutbyte mellan aktörer, säger Fredric Norefjäll som ledde analysarbetet.

”Policyinstrument måste designas för materialcirkularitet ”

Under de senaste tre decennierna har ett antal policyer för insamling och återvinning av avfall – till exempel förpackningar, batterier, bilar, elektronik och pågående diskussioner om textilier – utvecklats.

Dessa har resulterat i regler och villkor för insamling och sortering av avfall. Tyvärr så har de inte visat något tydlig effekt på varken ökad användning av eller förbättrad kvalitet för återvunna råvaror.

– Vår analys visar att det behövs andra policyinstrument, som är designade för materialcirkularitet, för att uppnå den förändringen, säger Naoko Tojo, IIIEE, The International Institute for Industrial Environmental Economics, vid Lunds universitet.

Följande fyra förändrade policyinstrument är intressant att vidareutveckla för att uppnå ökad materialcirkularitet i samhället:

- Ny definition av återvinning.
- Materialstandarder för återvunnen råvara.
- Obligatoriskt användning av återvunnen råvara i produkter.
- Tydligare och utökade krav gällande design för materialcirkularitet.





”Vi måste ta stora steg och tänka systemförändring”

Klimatdiskussionen har gett en skjuts som gör att det börjar hända saker kring materialåtervinning och resurseffektivitet. Det säger Mistra Closing the Loops programchef Evalena Blomqvist, RISE.

Efter sju år i programmet, där det ibland har känts som att cykla i motvind, ser hon en positiv utveckling de senaste åren.

– Klimatfrågan har ändrat läget. Vi diskuterar inte ”bara” återvinning längre utan ser saker i ett större sammanhang.

Fokus för Mistra Closing the Loop är materialåtervinning av industriellt avfall. Vilket är dina och programmets viktigaste budskap till de industriella aktörerna?

– Vi måste värdesätta återvunnet material just för att det är återvunnet. Om inte kommer det att fortsätta som nu: alla vill helst ha nytvunna råvaror och det återvunna betraktas som ett slags sekunda råvaror. Samhället måste lösa knuten mellan miljömålen giftfri miljö, resurseffektiva kretslopp och klimatmålet.

– Det är många som inser att något behöver göras men tycker att det är någon annan som ska lösa den saken. Själva vill de ha material som alltid finns där och alltid håller samma kvalitet. Men vi skördar inte potatis av samma kvalitet året runt heller – och det klarar vi.



Evalena Blomqvist vill inte nöja sig med myrsteg, hon vill se – ja, nästan – sjumilakliv.

– Fastnar vi i detaljer kring ganska marginella förändringar i befintliga system kommer vi ingen vart. Vi måste tänka systemförändring.

”Problem? Ofta krävs bara ett annat sätt att tänka”

När vi stöter på ett till synes oöverstigligt problem på vägen till önskad förändring är lösningen ofta att tänka lite annorlunda. Det säger Lena Smuk, RISE, som har lett synergi- och syntesarbetet i Mistra Closing the Loop.

– Kanske får man helt enkelt acceptera ”problemet” och istället se det som en företeelse som vi bara behöver ta hänsyn till eller till och med kan dra nytta av.

Hon anser att industrin är helt avgörande som den viktigaste aktören för att skapa hållbar industriell materialåtervinning. Det är den som ska både implementera och acceptera förändringar.

– Men andra grupper har också viktiga roller för att underlätta sådana förändringar: Forskare genom att ge branschen den kunskap som krävs för att fatta välgrundade beslut. Myndigheter genom att uppmuntra branschen att ta steg mot önskad förändring.



**Från avfall till värdefulla resurser**

Resultat från forskningsprogrammet Mistra Closing the Loop 2016 - 2019

Mistra Closing the Loop

www.closingtheloop.se

Stockholm februari 2020

Text: Evalena Blomqvist, Lena Smuk, Ulrika Ernström, Maria Ljung

RISE Research Institutes of Sweden

Layout: Maria Ljung

Illustrationer: Adobe Stock (sid 1 och 12), Pixabay.com (sid 3, 6, 8, 9, 11),
ikoner Flaticon.com (sid 6, 7, 8, 9), Mattias Bäckström (sid 7), Mistra Fines (sid 7),
Hanna Ljungkvist Nordin (sid 9), Anna Sigge (sid 11), Maria Ljung (sid 11)

Print: Stema Specialtryck

PROGRAMVÄRD

**RI.
SE**

www.ri.se

FINANSIERAT AV

 **MISTRA**

Stiftelsen för miljöstrategisk forskning

www.mistra.org