

Vidensartikel

Kemisk genanvendelse af plastik

Indledning	2
Sådan virker teknologierne for genanvendelse af plastik	3
Mekanisk genanvendelse og dets ulemper	3
Kemisk genanvendelse – fra simple til komplicerede forsyningskæder	4
Teknologier med talrige tekniske udfordringer	5
Et lille udbytte	5
Lever ikke op til sit eget salgsargument	5
Klimaet lider skade af kemisk genanvendelse	6
Populær pyrolyse lover mere, end det kan holde	6
Dansk plastikaffald egnet til mekanisk genanvendelse risikerer at lande til pyrolyse	9
Behov for et homogent input	9
Kemikalier er en kæp i hjulet på genanvendelse	10
Anlæg forurener lokalsamfund	10
Manglende rammer og regulering for kemisk genanvendelse	11
Uklarhed om, hvornår kemisk genanvendelse reelt er genanvendelse	11
Umuligt at kende miljøeffekt af kemisk genanvendelse	11
Misvisende og mangelfulde livscyklus-analyser	11
Kemisk genanvendelse vildleder forbrugerne	12
Diskussion om genanvendt indhold i plastikprodukter	12
Risiko for greenwashing alt efter allokeringstype	17
Konsekvenser ved at satse på kemisk genanvendelse	18
Teknologierne skaber afhængighed af affald	18
Investeringer går tabt	18
Egnet til få specifikke affaldsprodukter	19
Konklusion og perspektiver	20
Kemikalie-lovgivning er central for høj genanvendelse	20
Manglende transparens skaber ulige konkurrencevilkår til skade for miljøet	21
Behov for revision af EU's affaldshierarki	21
Bedre produktdesign og udfasning af skadelig kemi er bedre løsninger	22
Bedre løsninger mangler fortsat prioritering	22
Allokeringsmetoden for genanvendt indhold bliver afgørende	23
Kilder	24

Indledning

Kemisk genanvendelse¹ er de seneste år blevet fremstillet som løsningen på et stort samfundsmæssigt problem: At kun en lille del af vores plastikaffald bliver genanvendt. Slikpapir, emballage og alt vores øvrige plastikaffald fra husholdningen ender ofte i forbrændingen, fordi den gængse teknologi – mekanisk genanvendelse – ikke kan håndtere det.

Aktørerne bag kemisk genanvendelse har set dette hul i markedet. De seneste år har de haft succes med at udbrede fortællingen om, at netop deres anlæg eller teknologi kan håndtere blandet og besværligt affald og øge den generelle genanvendelsesrate for plastikaffald. Teknologier bag kemisk genanvendelse fremstilles som en central del af den grønne omstilling, og et vigtigt skridt på vejen mod et samfund, der ikke er afhængigt af nye fossile ressourcer, som plastik består af.

Problemet er, at det ikke er hele sandheden.

Begrebet kemisk genanvendelse dækker over en række teknologier, der alle har det til fælles, at det ikke reelt er genanvendelse. I stedet bliver plastikaffaldet nedbrudt til råstoffer, som *potentielt* kan bruges i produktionen af ny plastik. I praksis bliver produkterne fra teknologierne dog ofte brugt som brændstoffer eller til fremstilling af andre kemikalier.

Teknologierne kræver blandt andet store mængder energi i processerne, udleder en masse drivhusgasser, har meget lavt udbytte, vildleder forbrugerne og risikerer at overskygge og fjerne incitamentet for mindre miljøbelastende alternativer. Kemisk genanvendelse risikerer at spænde ben for grøn omstilling på plastik.

Lige nu foregår i EU derudover en diskussion om hvilke metode, der skal bruges til at beregne genanvendt indhold i plastprodukter med brug af kemiske genanvendelses-teknologier. Industrien presser på for en fleksibel metode med meget frie rammer, der vil muliggøre påstande om 100 % genanvendt indhold på produkter, selvom de reelt indeholder meget lidt eller slet ingen genanvendt plastik. Den metode, der besluttet, kommer dermed til at være afgørende for grøn omstilling på plastik og potentialet for groft vildledende markedsføring.

Plastic Change mener derfor, at vi som samfund nøje bør overveje, hvilken rolle teknologierne skal spille i fremtiden. Overvejelserne er centrale, fordi der findes mere effektive og mindre miljøbelastende alternativer til at komme plastikaffaldet til livs. Løsninger som endnu har stort uudnyttet potentiale og som kan overflødig gøre det meste kemisk genanvendelse.

I denne artikel gennemgår vi udfordringerne, begrænsningerne og mulighederne ved kemiske genanvendelse. Og hvilken lovgivning og regulering, der er nødvendig for at kemisk genanvendelse ikke kommer til at gøre mere skade end gavn.

Denne debat er højaktuel i lyset af EU's mål om, at 55% af Europas plastikemballage skal genanvendes i 2030². I Danmark er den reelle genanvendelsesrate på plastikemballage 23% (Miljøstyrelsen 2023).

¹ **OBS.** For forståelsens skyld bruger vi i denne artikel det mest udbredte begreb: Kemisk genanvendelse. Det bruges her som en bred fællesbetegnelse for teknologierne, der anvendes til kemisk nedbrydning af plastik, som ikke omfatter selve gendannelsen (polymerisering) af plastik

² <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20181212STO21610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures>

Sådan virker teknologierne for genanvendelse af plastik

Mekanisk genanvendelse og dets ulemper

Når vi i dag genanvender plastik fra det husstandsindsamlede, kildesorterede affald, sker det primært mekanisk. Her er input og output forholdsvis simpel og ligetil: Plastaffald af typen PE-plast kan altid kun blive til PE-plast igen, og PET til PET, fordi polymer-strukturen forbliver intakt i omsmeltningsprocessen.

Processen starter med, at plastikaffaldet bliver sorteret på højteknologiske sorteringsanlæg, der kan skille polymertyperne og eventuelt farver ad typisk via NIR eller MIR scannere (afhængig af bølglængde spektrum). Hernæst skal det sorterede affald igennem en rengørings- og granuleringsproces, hvor det hakkes i småstykker. Granulatet kan så sælges og støbes til nye plastikprodukter.

Ulempen ved denne type genanvendelse er, at polymererne bliver degraderet over tid, når det omsmeltes igen og igen. Kemisk set forkortes kulstof-kæderne i de lange polymerer, hvilket betyder, at kvaliteten af de endelige plastikprodukter bliver dårligere og dårligere. Mekanisk genanvendelse virker altså kun et vist antal cyklusser, og det er nødvendigt at tilføje såkaldt jomfruelig plastik løbende for at kunne opretholde plastens kvalitet og funktionalitet. Denne jomfruelige (virgine) plastik produceres af olie eller gas fra undergrunden.

En anden udfordring ved mekanisk genanvendelse er additiverne, som al plastik uanset type er tilsat i større eller mindre grad. De tusindvis af forskellige kemikalier, som lovligt tilsættes plastik, forringer også muligheden for effektiv mekanisk genanvendelse. Mange af kemikalierne er dokumenteret skadelige for miljø og sundhed, eller for størstedelen mangler der reel viden herom, og de forsvinder ikke i den mekaniske genanvendelsesproces. Tværtimod bevares de i polymer-strukturen, og der kan desuden opstå nye kemiske forbindelser i de forskellige processer som ikke er bevidst tilsat (kaldt NIAS – Non Intentionally Added Substances).

Indholdet af diverse kemikalier betyder, at det er svært at fremstille plastikprodukter, der reelt består af 100% genanvendt indhold. Ved emballage til fødevarer kan plastlaget tæt på varen fx ofte kun laves af jomfruelig plastik for at undgå, at varen er i kontakt med kemikalierne i det genanvendte plastik.

Kun i tilfælde, hvor der er helt lukkede kredsløb i affaldsstrømme på specifikke produkter, kan man opnå (tilnærmelsesvis) 100% genanvendt indhold i det enkelte produkt – om end der stadig vil ske materialetab over tid pga. forkortelse af polymerkæderne. Et eksempel er det danske pantsystem, hvor de udsorterede PET-flasker kan blive til PET-flasker igen³.

³ <https://danskretursystem.dk/klima-og-miljoe/genanvendelsen-af-plastikflasker/>

Kemisk genanvendelse – fra simple til komplicerede forsyningskæder

Ulemperne ved mekanisk genanvendelse og de høje mål og genanvendelse har betydet, at industrien og aktører bag kemisk genanvendelse for alvor er kommet på banen de seneste år. Men kemisk genanvendelse er langt mere komplekst og forsyningskæderne væsentlig længere i forhold til processerne bag mekanisk genanvendelse.

FAKTABOKS: Hvilke teknologier for kemisk nedbrydning af plastikaffald findes?

Kemiske genanvendelses-teknologier er de seneste år blevet særligt hypet. De grundlæggende teknologier inden for kemisk nedbrydning af produkter med indhold af kulstof (fx træ, biomasse, madaffald, spildevandsslam, plastik) er dog langt fra nye opfindelser men har eksisteret i over 50 år.

Fælles for teknologierne bag kemisk genanvendelse for plastik er, at plastikaffald i form af syntetiske polymerer og additiver nedbrydes til mindre kemiske bestanddele som igen – potentielt – kan bruges til at fremstille ny plastik via polymeriserings-proces. Disse kemiske bestanddele er forskellige mindre kul-brint molekyler (typisk i form af gas eller olie), herunder monomerer, som er kemiske byggesten for alle syntetiske polymerer.

Teknologierne og nedbrydningsprocesserne kan groft inddeles i disse kategorier:

1. **Pyrolyse:** Den mest udbredte teknologi. Der findes anlæg i kommerciel skala, men langt de fleste er stadig under opbygning eller planlagte. Output er pyrolyse-olie, der skal gennem mange flere processer, hvis der skal laves ny plastik heraf.
2. **Gasification:** I forskning og test/projektfase.
3. **Kemisk depolymerisering** - solvolyse, fx glycolyse, hydrolyse og methanolyse: Primært i forskning og test/projektfase.
4. **Enzymatisk depolymerisering:** I forskning og test/projektfase.
5. **Kemisk oprensning:** Hvor forskellige materialer og evt. additiver kan skilles fra hinanden, men hvor polymeren forbliver intakt. Nogle anser teknologien for at være i gråzone mellem mekanisk og kemisk genanvendelse, fordi det på den ene side ikke nedbryder polymeren, men på den anden side kan skille forskellige materialer i samme produkt fra hinanden og additiver ligeledes kan skilles fra i polymeren.

Trods opfattelsen hos nogle om at kemiske genanvendelsesteknologier kan takle al slags blandet plastaffald, skal plastikaffaldet i større eller mindre grad være sorteret på forhånd, så det kun er bestemte plasttyper, der ender i den enkelte proces. Det afhænger helt af teknologien og processerne herunder, hvilke polymerer der er acceptable og kan bruges. F.eks. er pyrolyse som udgangspunkt kun egnet til polyolefiner som PE og PP, hvis der skal skabes et brugbart output.

I modsætning til mekanisk genanvendelse er det primære og brugbare output ikke plastik. Efter nedbrydningsprocessen kan man – afhængigt af den specifikke teknologi og inputtet - få mange forskellige molekyler. Som regel i form af olie og gas. Ved pyrolyse kaldes det primære output for pyrolyse-olie mens det for gasification kaldes syngas.

Ved alle teknologierne skal råmaterialet bearbejdes yderligere, før det bliver brugbart. Disse næste processer omfatter cracking (ved pyrolyse), opgradering og oprensning af råprodukter, opløsningsmiddel- og katalysatorproces, polymeriseringsproces, samt forbrænding og øvrige håndteringsprocesser af skadelige og/eller uønskede kemikalier og biprodukter (Rethink Plastic Alliance & Zero Waste Europe 2020).

Til sidst kan det blive brugt som brændstoffer, som råstof i kemikalieindustrien, eller det kan bruges som råstof i form af monomerer (byggestenene i polymerer, som er den mindste molekulære bestanddel af plastik) til fremstilling af ny plastik.

Ved kemisk genanvendelse er der altså ikke garanti for cirkularitet. PE-plastaffald bliver ikke nødvendigvis til PE igen eller PET til PET. I stedet kan det blive til brændstof, forskellige kemikalier og i bedste fald (og såfremt der er etableret fulde værdikæder med alle relevante aktører hertil) syntetiske polymerer, altså plastik. Det bliver oftest i praksis til en blanding.

Alle dele af processen varetages af forskellige aktører og virksomheder. Sammenlignet med mekanisk genanvendelse er der altså tale om en lang værdikæde fra plastikaffaldet nedbrydes, til et nyt produkt med genanvendt indhold ender på markedet.

Teknologier med talrige tekniske udfordringer

Et lille udbytte

Teknologierne bag kemisk genanvendelse gør det muligt at nedbryde plastikaffald, men outputtet, olie og gas, kan altså blive til andet i praksis end genanvendt plastik. Og oftest bliver det ikke til ny plastik.

Der er generelt stor uklarhed om, hvor meget plastik, der reelt bliver til plastik igen, og hvor stort tabet af kulstof (og dermed materiale) er igennem processerne ved kemisk genanvendelse.

Generelt kan effektiviteten variere alt efter teknologien, processerne og de enkelte anlæg. Men kigger man på de seneste undersøgelser af kemisk genanvendelse, så er effektiviteten langt fra imponerende: Mere end halvdelen af kulstoffet fra inputtet tabes ved teknologierne pyrolyse og gasification (Technische Universität Bergakademie Freiberg 2021).

Det betyder, at kun en mindre del af plastaffaldet, der puttes ind i processen, omdannes til råmaterialer, der igen – potentielt – kan bruges til fremstilling af plastik.

Alternativt kan råmaterialet fra processen være kemikalier til videre brug i kemikalieindustrien. Det kan som nævnt også bruges direkte som brændstof.

Sammensætningen, typerne og renheden af plastik-inputtet har også en stor betydning for effektiviteten. Fx kan nogle processer kun lade sig gøre, hvis plastikaffaldet er væsentligt forsorteret og måske sågar været under anden forbehandlingsproces. I andre processer øges effektiviteten i væsentlig grad, hvis inputtet består af helt bestemte typer og sammensætning af plastikaffald. Af disse grunde efterspørges bestemte affaldsfraktioner, der kan muliggøre og øge effektiviteten af den enkelte proces – og det meget blandende og urene husholdningsaffald lever i praksis typisk ikke op til kravene uden flere forbehandlings- og sorteringsprocesser.

Lever ikke op til sit eget salgsargument

Kemisk genanvendelse præsenteres ofte som den løsning, der skal sikre, at det beskidte og blandede husholdningsaffald genanvendes. På denne store restaffaldsfraktion er mekanisk genanvendelse ikke rentabelt eller praktisk/teknisk muligt. Det er en stærk fortælling fra branchen, at kemisk genanvendelse gør det muligt at tackle al slags plastaffald, om det er blandet, beskidt og/eller indeholder kemikalier. Der findes dog ikke én enkelt teknologi, der kan tackle al slags affald på en gang.

Pyrolyse kan primært bearbejde polymerer i kategorien polyolefiner (primært PE, PP og PS). Gasification egner sig ligeledes bedst til polyolefiner, dog med mere fleksibilitet for input. I begge tilfælde kræves altså et ekstra skridt i hele genanvendelsesværdikæden, fordi plastikaffald fra husholdningerne vil skulle igennem en højteknologisk forsortering. Ligesom ved mekanisk genanvendelse.

Kemisk depolymerisering, fx glucolyse eller hydrolyse, er specialiseret i at håndtere helt bestemte typer produkter og materialer, og egner sig til meget specielle (niche) affaldsfraktioner.

Et homogent, rent input er afgørende for processernes effektivitet og udbytte ved kemisk genanvendelse. Det forurenede husholdningsaffald vil alt andet lige være en dårligere forretning.

Klimaet lider skade af kemisk genanvendelse

Flere studier viser, at kemisk genanvendelse kræver store mængder energi.

Sammenlignet med mekanisk genanvendelse er den lange værdikæde af processer, som kræves ved kemisk genanvendelse, slet ikke lige så effektiv. Udnyttelsen af inputtet er dårligere, samlet set bruges der langt mere energi, og kemisk genanvendelse belaster klimaet markant mere end mekanisk (Zero Waste Europe et al. 2020). Dertil er der – modsat mekanisk genanvendelse – absolut ingen garanti for at plastikaffald reelt bliver til ny plastik igen.

For produktion af ét ton genanvendt plastik, hvor der bruges pyrolyse til nedbrydning, udledes hele tre tons CO₂ (Gaia 2020 a+b). Udledningerne af drivhusgasser fra pyrolyse af plastemballage-affald er ni gange højere end ved mekanisk genanvendelse (Öko-Institut et al. 2022).

Et specifikt studie har kigget på genanvendelsesmulighederne for emballage af plastik, og hvilke scenarier, der er mest effektive og påvirker miljøet mindst muligt. Her står det klart, at det bedste (og realistiske) scenarie vil være at reducere emballagemængden med 20% og fremme mekanisk genanvendelse. I dette scenarie er drivhusgas-udledningen 45% mindre end et scenarie med udelukkende kemisk genanvendelse af emballageaffaldet (Öko-Institut et al. 2022).

Andre studier viser samme resultat: For langt de fleste sammenlignelige fraktioner af plastikaffald ses, at mekanisk genanvendelse har en større netto klimagevinst end kemisk genanvendelse i alle mulige scenarier (EU JRC 2023, Figur 18).

Teknologier som pyrolyse og gasification til genanvendelse af plastik udleder ofte mere CO₂ sammenlignet med produktion af ny jomfruelig plastik fra fossile ressourcer og i hvert fald i forhold til mekanisk genanvendelse (Zero Waste Europe et al. 2020). F.eks. viser beregninger, at kemisk genanvendelse af blandet blød plastikemballage som (LD)PE og PP udleder mere CO₂ end produktion af virgin plastik, mens mekanisk genanvendelse har en mindre negativ effekt på klimaet samlet set. Klimaeffekten ved kemisk genanvendelse er næsten sammenligneligt med direkte forbrænding (EU JRC 2023, Figur 18).

I alle de mange skridt, som kræves for at omdanne plastik til plastik via kemisk genanvendelse, udledes der drivhusgasser. Konsekvenserne for klima og miljø kan på grund af det store energibehov i hele værdikæden være 100 gange større end hvis man producerede ny plastik af fossil olie og gas, viser nogle beregninger (IPEN & Beyond Plastics 2023).

Populær pyrolyse lover mere, end det kan holde

På det kommercielle marked for kemisk genanvendelse er pyrolyse-virksomheder de klart mest fremhærskende. Når virksomhederne beskriver deres teknologi, så fremstår det ofte som om, at der

produceres et produkt (pyrolyseolie), som uden videre kan bruges til fremstilling af ny plastik i jomfruelig kvalitet, da den eksisterende konventionelle petrokemiske infrastruktur i olieindustrien allerede er gearet til det.

I dag er pyrolyse-teknologien dog langt fra plug'n play, som det gennemgås i følgende afsnit:

Kun lille del af pyrolyseolien kan bruges til plastik

Kvaliteten af den rå pyrolyse olie afhænger for det første af inputtet, altså typen af plastikaffald. Forskellige input giver forskellige sammensætninger af mindre molekyler. Som udgangspunkt består pyrolyseolien altså af en blanding af mange forskellige slags kulbrint-molekyler og diverse andre kemikalier. Gennem en raffineringsproces skal disse molekyler skilles i forskellige fraktioner - fra de lette til tunge oliefraktioner - for at få en fraktion af højere kvalitet; dvs. en lettere olie.

Det er den samme proces, som råolie fra undergrunden skal igennem på raffinaderier, for at fremstille såkaldt naphta, der bruges i produktionen af ny plastik. Naphta er den "finere" og lettere olie-fraktion med indhold af forskellige kort-kædede kulbrinte-molekyler. For at fremstille plastik skal naphta'en igennem en cracking-proces, hvor der blandt andet fremstilles monomerer. Dernæst kommer polymeriserings-processen, der endeligt skaber de syntetiske polymerer, altså plastik.

Fra den rå pyrolyseolie til et færdigt produkt af plastik har man altså allerede "tabt" en hel del materiale. De tungere fraktioner skabt fra den rå pyrolyse-olie kan ikke bruges i plastik, men vil efter en yderligere bearbejdning typisk i praksis bruges som brændstof.

Kemisk bombe kræver endnu en proces

I modsætning til "ren" naphta fremstillet fra råolie fra undergrunden, så kan den raffinerede fraktion af pyrolyseolie ikke bare lige bruges i sin rå form i den videre proces. Det skaber endnu en udfordring.

Studier viser, at pyrolyseolie indeholder diverse forurenende stoffer, herunder problematiske kemiske forbindelser med ilt, kvælstof, klor, bromine, og forskellige metaller som bly, potassium og arsen (Zero Waste Europe 2023). Hvilke kemikalier, der er tale om, er fuldstændig afhængig af plastaffald-inputtets indhold af additiver og skadelige stoffer. Jo mere blandet og forurenat, plastikaffaldet er, jo mere omfangsrigt og variabelt vil indholdet i den raffinerede pyrolyseolie være.

Dertil kommer, at nye skadelige kemiske forbindelser og stoffer dannes i pyrolyseprocessen. Som tidligere nævnt kaldes de NIAS – Non-Intentionally Added Substances - og kan omfatte grupper af skadelige stoffer, fx frie radikaler, PAH'er, PCB'er og dioxiner (Zero Waste Europe 2023).

Det vil sige, at raffineret pyrolyseolie lavet fra plastaffald i praksis har væsentlig anderledes kemisk sammensætning end naphta produceret direkte fra fossil olie. De forurenende stoffer har den konsekvens, at raffineret pyrolyseolie i praksis ikke opfylder kravspecifikationerne til et eksisterende cracking-anlæg. Pyrolyseolien kræver dermed en yderligere behandling, som oftest ikke får megen opmærksomhed, når vi taler om kemisk genanvendelse.

Store tab ved oprensning og fortynding

Der er to muligheder for at komme de forurenende stoffer i raffineret pyrolyseolie til livs, hvis målet er at fremstille ny plastik heraf: Opgradering og oprensning, og/eller fortynding. Kun med disse metoder kan pyrolyseolien tilnærmelsesvis opnå en kvalitet tilsvarende fossil naphta og opfylde specifikationerne til et cracking-anlæg, hvor der fremstilles de specifikke kemikalier, herunder monomerer, til fremstilling af ny plastik.

Oprensnings- og opgraderingsprocesserne kræver mange ekstra specielle teknologier, der bruger energi, har yderligere tab af råmateriale og udleder CO₂. Desuden kan der undervejs opstå yderligere bi- og affaldsprodukter, der skal håndteres særskilt (Zero Waste Europe 2023).

Fortynding kræver - som ordet antyder - at den raffinerede pyrolyseolie fortyndes med naphta fra råolie i undergrunden. Hvis ikke den raffinerede pyrolyseolie oprenses inden som beskrevet ovenfor, så skal den fortyndes mellem 22 og 44 gange. Ellers kan den ikke indgå direkte i et cracking-anlæg (Zero Waste Europe 2023).

Tages alle dele af processen i betragtning fører det til en meget lav effektivitet.

I selve pyrolyseprocessen alene tabes omkring 50% af kulstoffet for at opnå et råmateriale, der kan skabes ny plastik af. Det vil sige, at det i bedste fald kun er 2% af det oprindelige input af plastikaffald, der kan blive til ny plastik via pyrolyse (Zero Waste Europe 2023).

Fortyndingsratioen mellem rå pyrolyseolie og fossil naphta kan sænkes ved at oprense pyrolyseolien inden som beskrevet, men det koster yderligere både økonomisk, miljø- og klimamæssigt, fordi det kræver megen energi.

Pyrolyseolie er mere rentabelt som brændstof

De mange forurenende kemikalier i plastaffaldet og hvad der skal til for at håndtere dem i forskellige processer er afgørende for, hvad der kan betale sig at bruge pyrolyseolien til i sidste ende.

Undersøgelser viser, at selv ved brug af pyrolyseolie fra plastikaffald til fremstilling af visse typer "avanceret" brændstof, f.eks. til fly, er olien i så dårlig kvalitet og forurenede med diverse stoffer, at det ofte er nødvendigt at fortynde det med fossil naphta. Kun på den måde imødekommer det standarder og krav for flybrændstoffet (Gaia 2022, Rollinson & Gaia 2021).

Til fremstilling af ny plastik stiller det endnu større krav til renheden, og pyrolyseolie skal pga. de forurenende kemikalier igennem mange ekstra processer for at det reelt kan bruges til fremstilling af ny plastik. På den måde reduceres rentabiliteten i en plastik-til-plastik-genanvendelse værdikæde markant – og det bliver således mere sandsynligt og rentabelt på markedet, at pyrolyseolien sælges som brændstof (Gaia 2022).

Pyrolyse-virkomheder udelader de mange udfordringer

Historien om det lave udbytte og rentabiliteten fylder hverken i pyrolyse-virkomhedernes eller den bredere industris kommunikation. Heller ikke, at ny råolie fra undergrunden ofte er nødvendig for reelt at kunne lave ny plastik med genanvendt indhold via kemisk genanvendelse.

I fortællingen fremstår det tværtimod som om, at pyrolyse er en forholdsvis nem og bæredygtig vej til at opnå bedre cirkularitet af plast, og at teknologien kan løse udfordringen med de store mængder plastikaffald ved at øge de nuværende lave genanvendelsesrater.

Faktum er, at udbyttet for ny plastik i sidste ende er ekstremt lille ved pyrolyse. Selvom teknologien er den mest dominerende på markedet af kemisk genanvendelse, så er det kun meget lidt plastaffald, der i praksis kan blive til ny plastik, og det kommer med en lang række andre ulemper for miljø og klima.

Dansk plastikaffald egnet til mekanisk genanvendelse risikerer at lande til pyrolyse

At vi sikrer at der ikke konkurreres om samme affaldsfraktioner og plastprodukter som input til processerne mellem kemisk og mekanisk genanvendelse er et aktuelt spørgsmål ved den nylige opførelse (i drift i start 2024) af Danmarks største affaldssorteringsanlæg, ReSource i Esbjerg.

Målet er ifølge virksomheden "We will make plastic waste into a valuable ReSource, reducing CO₂ emissions and contributing to a circular economy."

Et sådant anlæg giver stort potentiale for netop at øge de reelle genanvendelsesrater for plastik via mekanisk genanvendelse, da mængden af input egnet til mekanisk genanvendelse kan øges betragteligt. I dag indsamles blot 50 % af plastemballage i Danmark med henblik på mekanisk genanvendelse, hvorefter lidt over halvdelen går tabt fra eksport til selve genanvendelsesprocessen, hvorved man lander på en reel genanvendelsesgrad på 23 % på plastikemballage i Danmark (Miljøstyrelsen 2023). Så der er rig mulighed for forbedringer af mekanisk genanvendelse, både ved sorteringsgraden og ved bedre produktdesign.

Den norske virksomhed Quantafuel ejer halvdelen af ReSource plastsorteringsanlægget. Quantafuel's kerneforretning er pyrolyse med det formål at producere olie som primært produkt ud af bl.a. plastaffald. Virksomheden er involveret i et projekt med bl.a. verdens største kemikalie-virksomhed BASF omkring at bruge pyrolyseolien til at producere ny plastik og nye kemikalier. Testfabrikken for pyrolysen i dette projekt ligger i Skive. På den måde kan Quantafuel markedsføre sig som en aktør i kemisk genanvendelse af plastik⁴.

Quantafuel har i nærmeste fremtid planer om at opføre et pyrolyseanlæg lige ved siden af ReSource anlægget i Esbjerg. Planen er, at pyrolyseanlægget skal få input af blød plastik i form af specifikt LDPE og heraf producere pyrolyseolie. Et input som skal komme fra ReSource sorteringsanlægget. Argumentet er at den bløde LDPE ikke er rentabel som input til mekanisk genanvendelse (pers. komm. ReSource).

Faktum er dog, at LDPE sammen med alt andet bl.a. kommunalt indsamlet kildesorteret plastik i Danmark eksporteres til udlandet, ofte Tyskland, med hensigten om genanvendelse. I disse højteknologiske anlæg og den eksisterende infrastruktur, er der hverken tekniske eller økonomiske problemer i at mekanisk genanvende den bløde LDPE-plastik (pers. komm. Kredsløb). I dette tilfælde med den kommende pyrolyse-fabrik i Esbjerg vil planerne for kemisk genanvendelse af dansk LDPE-plastik næppe være et supplement til mekanisk genanvendelse, men snarere i direkte konkurrence med det.

Behov for et homogent input

Selvom industrien ofte peger på, at kemisk genanvendelse er et godt værktøj til at supplere mekanisk genanvendelse ved at håndtere blandede plastik-fraktioner, så er der ingen evidens for, at det lader sig gøre i praksis, når økonomi og effektivitet skal gå hånd i hånd (IPEN & Beyond Plastics 2023).

Alle teknologier hørende under kemisk genanvendelse kræver forholdsvis homogene og rene fraktioner af plastik for at opnå et så stort udbytte, at det er rentabelt på markedet. Det gælder både mængden og kvaliteten af outputtet, der rent faktisk kan bruges til fremstilling af ny plastik, og det, der bruges til brændstof (Eunomia & CHEM Trust 2020).

⁴ <https://www.quantafuel.com/skive>

Det er således meget sandsynligt, at kemisk genanvendelse kommer til at konkurrere med mekanisk genanvendelse for specifikke og renere affaldsfraktioner, frem for at supplere det (IPEN & Beyond Plastics 2023).

Kemikalier er en kæp i hjulet på genanvendelse

Kemikalierne i plastik spiller en afgørende rolle i genanvendelsesprocessen uanset metode.

Ved mekanisk genanvendelse vil skadelige kemikalier fra inputtet blive akkumuleret i de nye produkter, og dermed falder kvaliteten for hver gang, plastikken genanvendes, og det begrænser i høj grad hvilke produkter, der kan fremstilles af genanvendt plastik.

Industrien fremhæver, at kemisk genanvendelse løser problemet: Her kan additiverne og polymererne skilles ad under nedbrydningen, så det er muligt at fremstille et produkt af jomfruelig kvalitet, tilsvarende naphtha fra råolie i undergrunden. Et produkt uden skadelige og forurenende kemikalier. Realiteten er dog, at der udledes skadelige kemikalier til luften, og at der efterlades skadelig kemi i processerne og sågar også i de færdige produkter (Gaia 2020 a+b).

Industriens løfte om, at kemisk genanvendelse giver produkter af ”jomfruelig kvalitet” holder langt fra stik. For hver 1000 kg plastikaffald, der behandles, genereres der 800 kg farligt affald, der skal håndteres yderligere. Meget af det vil i sidste ende blive brændt eller ende på deponi (IPEN & Beyond Plastics 2023).

I genanvendelsesprocessen kan der ske krydskontaminering med kemikalierne, og under opvarmning dannes der nye og potentielt skadelige kemiske forbindelser, såkaldte NIAS (IPEN & Beyond Plastics 2023).

Gennem processerne vil der komme flere problematiske biprodukter, som skal håndteres særskilt. Det kræver mere energi og øger det samlede klimaaftryk (Rollinson & Oladejo 2020, Gaia 2022).

Anlæg forurener lokalsamfund

Omkring selve anlæggene med teknologier og processer inden for kemisk genanvendelse er der de seneste år påvist fysisk forurening lokalt. F.eks. pyrolyse-anlæg har historisk vist en høj risiko for ulykker, brande og eksplosioner, der yderligere skaber høj lokal forurening (IPEN & Beyond Plastics 2023).

I dansk kontekst kan f.eks. peges på virksomheden Waste Plastic Upcycling. I sin bare 5 år lange levetid har der været en eksplosion og flere brande på deres pyrolyse-anlæg⁵. Sådanne hændelser giver forurening, gener og modstand i lokalsamfundet⁶ – og virksomheden valgte da også ikke at genopbygge det nedbrændte test-anlæg i Egebjerg i 2021 for i stedet at flytte til en ny lokation i Fårevejle.

En anden dansk pyrolyse-virksomhed, WTL Waste-2-Life / T2O, fik miljøpåbud og gik konkurs i 2019⁷. Virksomheden blev opkøbt af en ny virksomhed, Green Energy Circle, der som den forrige, konkursramte virksomhed, laver pyrolyse af dæk til fortsat gene for lokalsamfundet⁸.

⁵ <https://www.tv2east.dk/odsherred/tredje-gang-paa-ti-dage-melding-om-brand-paa-plastikfabrik>

⁶ <https://www.tv2east.dk/odsherred/eksplosionsbrande-paa-plastikvirksomhed-goer-naboer-utrygge-vi-tog-hunden-under-armen-og-koerte-vores-vej>

⁷ <https://www.sn.dk/art904437/odsherred-kommune/omstridt-egbjerg-virksomhed-er-gaaet-konkurs-og-nu-solgt/>

⁸ <https://www.odsherred.dk/da/nyheder/status-paa-sagen-om-lugtgener-fra-green-energy-circles-anlaeg-i-egbjerg/>

Manglende rammer og regulering for kemisk genanvendelse

Uklarhed om, hvornår kemisk genanvendelse reelt er genanvendelse

Teknologierne gør det muligt at nedbryde plastikaffald, men outputtet, olie og gas, kan altså blive til andet end genanvendt plastik. Er der så reelt tale om genanvendelse?

Spørgsmålet er relevant, fordi der i dag ikke findes en klar og formel definition af "kemisk genanvendelse" med klare rammer og standarder.

I dag er lyder de overordnede retningslinjer: Processen klassificeres ikke som genanvendelse, hvis outputtet bruges til brændstoffer. Det er stadig til diskussion, om det er genanvendelse, hvis plastikaffald omdannes til kemikalier, som ikke bruges til fremstilling af ny plastik. Det er altså kun, hvis olien og gassen bliver til genanvendt plastik, at det er genanvendelse.

Definitionsspørgsmålet bliver yderligere mudret af, at det i praksis kun er en brøkdel af outputtet efter nedbrydningen af plastikaffald, der har en brugbar kvalitet til at lave plastik. I bedste fald fremstiller man kun en lille mængde genanvendt plastik ud fra en stor mængde plastikaffald.

Hvornår er det så retvisende at bruge begrebet "kemisk genanvendelse"? Hvor meget plastik skal der komme ud af processerne for at en virksomhed kan få det grønne genanvendelsesstempel? Og hvordan sikrer myndighederne sig, at det kan dokumenteres?

Allerede nu bruger industrien uklarhederne til sin fordel. Begrebet bruges forskelligt og teknologierne omtales som "kemisk genanvendelse" uden dokumentation for, hvad eller hvor meget af inputtet der reelt ender som plastik.

Umuligt at kende miljøeffekt af kemisk genanvendelse

Miljø-, klima- og sundhedseffekten er afgørende parametre, når myndigheder og investorer vurderer teknologier indenfor kemisk genanvendelse. Men heller ikke på dette område findes der klare krav til og standarder for, hvad en virksomhed skal oplyse.

Det er relevant at have adgang til konkrete og gennemskuelige data om materialeeffektivitet, udledning af drivhusgasser samt indhold og udledning af skadelige kemikalier, men i realiteten er sådanne informationer sjældent tilgængelige. I de "bedste" tilfælde er data mangelfuld og viser kun de parametre, som virksomhederne selv peger på.

Misvisende og mangelfulde livscyklus-analyser

Livscyklusanalyse (LCA) er et udbredt værktøj til at vurdere potentielle miljø- og klimapåvirkninger knyttet til et produkt, en proces eller teknologi. Ikke overraskende bliver de også flittigt benyttet af aktører indenfor kemisk genanvendelse som ofte selv bestiller og/eller udfører analyserne.

LCA'erne bliver brugt til at legitimere teknologierne og fremstille dem "grønt", og det skaber endnu en udfordring: Undersøgelser viser nemlig, at LCA'erne fører til vildledende markedsføring og kommunikation til offentligheden og beslutningstagere (Zero Waste Europe et al. 2020).

Ved en LCA er metoden og parametrene for analyse helt afgørende. Væsentlige begrænsninger og centrale udeladelser i LCA'erne giver et misvisende billede af den samlede bæredygtighed, miljø- og klimabelastning.

Der er eksempler på livscyklusanalyser, hvor teknologier indenfor kemisk genanvendelse samlet set har et *negativt* netto klimaaftryk forstået på den måde, at kemisk genanvendelse angiveligt *reducerer* udledningen af drivhusgasser. Argumentet er, at man undgår en alternativ og mere klimabelastende håndtering af plastikaffaldet, f.eks. forbrænding, hvis effekt derfor fratrækkes i en beregnet teoretisk drivhusgas-udledning i det samlede regnestykke for kemisk genanvendelse (Zero Waste Europe et al. 2020). Men det er ikke givet at f.eks. forbrænding er den eneste løsning, og der findes masser af uudnyttet potentiale i affaldsforebyggelse via reduktioner og genbrugssystemer.

Visse teknologier gør det muligt at generere energi undervejs, som så kan "nyttiggøres" på at køre processerne som et slags "internt" eller "genanvendt" energiforbrug – med et tab af materiale som konsekvens. Man skal dog ikke tage fejl af, at teknologierne altid omfatter meget energikrævende processer, og uanset hvad skal der tilføres energi udefra.

Med LCA'erne i hånden kan virksomhederne fremstille teknologierne som klimavenlige og påstå, at de ligefrem mindsker udledningen af CO₂. Virkeligheden er, at teknologierne i sig selv udleder store mængder CO₂.

Kemisk genanvendelse vildleder forbrugerne

Diskussion om genanvendt indhold i plastikprodukter

I naturlig forlængelse af målene om mere genanvendelse af plastik ligger hvor meget det enkelte plastikprodukt indeholder af genanvendt materiale versus materiale produceret direkte fra fossile råstoffer. Det skal være klart og gennemskeligt for såvel forbrugere, detailhandel og samfund i øvrigt, hvor stor andel genanvendt plastik, et givent produkt reelt indeholder. Det er dog ikke tilfældet, når det kommer til kemisk genanvendelse, fordi plastikaffald med brug af disse teknologier ikke nødvendigvis bliver til ny plastik, og hvis det gør, kan det blive til andre plasttyper. Det komplicerer regnestykket.

I EU diskuteres det i skrivende stund, hvordan man skal udregne, måle og angive det genanvendte indhold i et plastikprodukt, også når kemiske genanvendesteknologier anvendes - en såkaldt allokeringmetode baseret på en massebalance tilgang. I EU's mål for genanvendelse, både i

FAKTA: EU lovgivning om genanvendelsesrater og genanvendt indhold for plastik

I EU's Engangsplastdirektiv er der fastsat mål om min. 25% genanvendt indhold i PET-flasker fra 2025, og min. 30 % genanvendt indhold på alle plastflasker fra 2030¹.

I EU's Emballageforordning foreslås det, at der fra 2040 skal være min. 50 % genanvendt indhold for kontaktfølsom plastemballage, og min. 65 % genanvendt indhold for engangsplastflasker til drikkevarer- Genanvendelsesgraden for al plastemballageaffald foreslås at fastsættes til mindst 50 % i 2025 og 55 % i 2030. Emballageforordningen skal færdigforhandles og endeligt besluttes i 2024.

¹ https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/single-use-plastics_en

² [https://www.eu.dk/samling/20221/kommissionsforslag/kom\(2022\)0677/index.htm](https://www.eu.dk/samling/20221/kommissionsforslag/kom(2022)0677/index.htm)

Engangsplastdirektivet og Emballageforordningen er der nemlig også mål om en minimumsprocentdel af genanvendt indhold i visse produkter (se faktaboks ovenfor).

Ved mekanisk genanvendelse, hvor polymeren altid forbliver intakt, er beregningen i et massebalance-regnskab mere ligetil, fordi mængden af en bestemt plastpolymer i inputtet (plastaffaldet) kan udregnes mere direkte i outputtet (nyt plastikprodukt med en vis mængde genanvendt indhold) lavet af samme plastpolymer.

Ved kemisk genanvendelse gør den lange forsyningskæde bestående af mange aktører, og de mange mulige outputs i form af brændstof, kemikalier og forskellige plastpolymerer regnestykket en del mere kompliceret – og udvider mulighederne for at beregne genanvendt indhold på forskellige måder. Regnestykket kompliceres yderligere af, at det hos teknologier som pyrolyse ofte allerede i de første skridt (ifm. olie cracking processen) i den lange værdikæde er nødvendigt med fortynding med fossil naphta for at få et olieprodukt, der er brugbart til fremstilling af ny plastik. Når først en blanding er fundet sted, kan de enkelte polymerers oprindelse ikke spores.

Den mest retvisende fordeling af genanvendte polymerer, versus polymerer fra jomfruelige råstoffer i de færdige plastprodukter, vil være på basis af gennemsnittet fra in- til output, fordelt ligeligt mellem alle færdige plastprodukter sat på hylderne. Men det er ikke den metode, som industrien ønsker at benytte sig af. I stedet presser de på for at få en allokering-metode, der giver fuld frihed til at allokere såkaldte kreditter fra genanvendt indhold strategisk og ikke ligeligt mellem færdige produkter. Og hvor det ikke er et krav, at plastikaffald skal blive til nye plastikprodukter igen. Konsekvensen af en sådan allokering-metode med stor frihed til at allokere genanvendt indhold vil givetvis blive uigennemskueligt og vildledende for forbrugerne. Konsekvensen illustreres bedst ved et konkret eksempel – se næste side.

Et brandgodt tilbud! En valnødde-kage – næsten uden valnødder

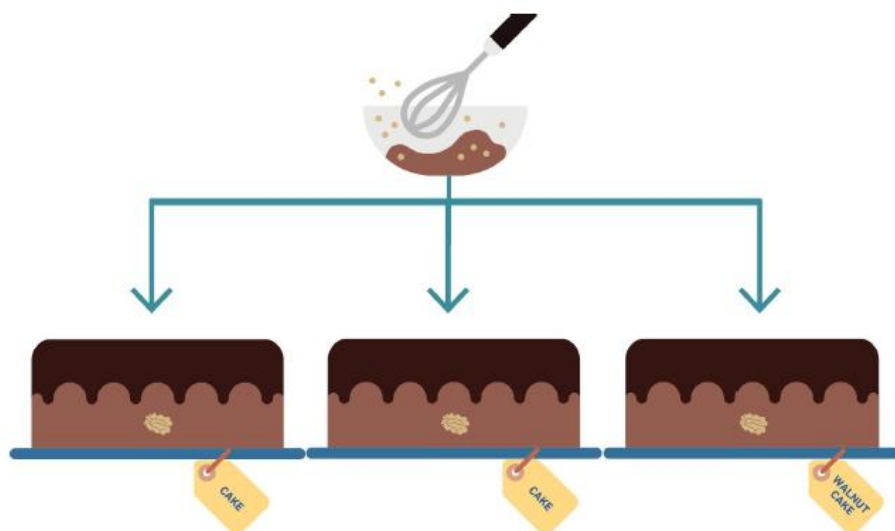
Denne kage-analogi illustrerer det grundlæggende princip for allokeringsmetode i et massebalance-regnskab, og vigtigheden af at skulle angive en ligelig fordeling af genanvendt indhold i færdige produkter. Får man mere frie rammer til at allokere genanvendt indhold, ender det med vildledning som i eksemplet.

På en kagefabrik blandes en række ingredienser, inden der tilføjes en lille håndfuld valnødder. Dejen bliver fordelt i forskellige kager, men virksomheden ved ikke, hvilke specifikke kager, der indeholder valnødder – og i så fald, hvor mange. Det vil dog være mest retvisende at antage, at alle kager indeholder nogenlunde lige mange valnødder, fordi man må formode, at de har fordelt sig ligeligt i kagedejen.

En ting, virksomheden dog ved, er, at der er et marked for valnøddkager. Derfor vælger den at markedsføre nogle få, men langt fra alle, af de færdige kager som "valnøddkager". Det på trods af, at de udvalgte kager kan indeholde meget få eller måske slet ingen valnødder, da der kun blev tilsat ganske en lille mængde valnødder i dejen. Virksomheden kender ikke det reelle indhold af valnødder i de enkelte kager, men massebalance-regnskabet holder, fordi de kun har navngivet et fåtal som valnøddkager ud af mange kager.

Forbrugerne, der køber "valnøddkager", forventer naturligvis et betydeligt indhold af valnødder. De kan ende slemt skuffede og føle sig vildledt, når de opdager, at der kun er ganske få valnødder i. *(I et tilsvarende scenarie med plastprodukter med genanvendt indhold vil forbrugerne nok aldrig opdage, at det påståede genanvendte indhold på produktet ikke svarer til det egentlige indhold).*

I sidste ende tjener virksomheden mere ved at sælge en blanding af hhv. valnøddkager og almindelige kager, frem for at sælge udelukkende kager med et meget lille indhold af valnødder.



Oversat med justeringer fra ECOS et al. (2021): Determining recycled content with the 'mass balance approach' - 10 recommendations for development of methods and standards

Som eksemplet viser kan industrien bruge en fri allokeringsmetode til sin fordel. Uden mulighed for at spore de genanvendte polymerer i det færdige produkt, er der en risiko for vildledende produkter som "valnøddkagerne uden valnødder" – eller produkter med angivelse af forholdsvis stor andel genanvendt plastik, selvom det egentlig primært består af jomfruelig plastik. Dette kan fremme investeringer i og rentabiliteten af kemisk genanvendelse.

Industrien ønsker og lobbyer politisk for den allokeringemetode, der giver mest mulig frihed og fleksibilitet. Den hedder "fuel-use exempt" på multi-site skala (se faktaboks om de forskellige allokeringemetoder på næste side).

Ved denne metode kan den påståede mængde af genanvendt indhold i det enkelte produkt på markedet øges betragteligt. Det kan det, fordi kreditter (en slags kvoter) af genanvendt indhold vil kunne tildeles frit mellem alle typer produkter – både diverse kemikalier og forskellige polymerer.

Det er kun brændstof (som output fra kemisk nedbrydning af plastaffald), der ikke er tilladt under definitionen af kemisk genanvendelse.

"Multi-site skala" betyder, at det genanvendte indhold også kan handles og overdrages som virtuelle kreditter mellem forskellige virksomheder, der kan lave vidt forskellige produkter, både kemikalier og forskellige plastprodukter.

Virksomhederne kan altså fordele strategisk det genanvendte indhold til de færdige kemikalier og plastikprodukter (af forskellige typer plastik) med den højeste markedsværdi. På den måde kan virksomhederne øge andelen af produkter markedsført med 100% genanvendt indhold, selvom der er tale om produkter, hvor det gennemsnitlige indhold af genanvendt materiale i det specifikke produkt er så lavt, at det ingen reel markedsværdi har.

For at fortsætte i en kage-analogi svarer det til at sælge én slags chokoladekage med mærkatet "100% ren chokolade" og en anden chokoladekage, hvor der kun med småt står angivet en meget lille procentdel chokolade. Reelt består begge kager naturligvis er en blanding af mel, æg, sukker, bagepulver og chokolade, hvor chokoladen i vægt udgør f.eks. blot 5 % af alle ingredienser for begge slags kager. Chokolade er attraktivt og forbrugerne er villige til at betale en del ekstra for chokoladekager, der angiver et højt chokolade-indhold. Forbrugerne ved dog ikke, at de to slags chokoladekager må formodes at indeholde den samme mængde chokolade, og at virksomhederne bag kagerne blot har angivet høj chokolade-mængde i nogle af kagerne for samlet set at tjene flere penge.

FAKTABOKS: Hvordan skal genanvendt indhold i plastprodukter beregnes?

Beregningen af genanvendt indhold i nye plastprodukter med brug af kemiske nedbrydningsteknologier omfatter to aspekter.

1. *Allokeringsmetoden* bag massebalance-regnskabet, dvs. mængden og andelen i hhv. input og output af genanvendt versus virgint materiale/råstof.
2. *Niveaue* (*skala*).

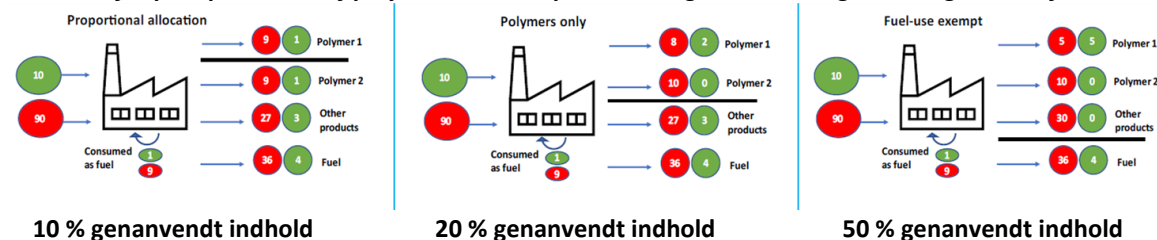
Allokeringsmetoderne til diskussion i EU omfatter disse tre muligheder:

Proportional: Andelen af genanvendt vs. virgint input fra en bestemt polymer skal placeres på samme polymer-type i outputtet.

Polymers-only: Andelen af genanvendt plastinput fra en bestemt polymer vs. virgint input kan fordeles frit på forskellige slags polymer-typer i outputtet

Fuel-use exempt: Andelen af genanvendt plastinput fra en bestemt polymer vs. virgint input kan fordeles frit på forskellige slags polymer-typer og øvrige kemikalier i outputtet – kun brændstof er ikke tilladt som output

Påstande for plastprodukter af polymer 1, hvor input er 10 % genanvendt og 90 % virgint råstof/materiale



10 % genanvendt indhold

20 % genanvendt indhold

50 % genanvendt indhold

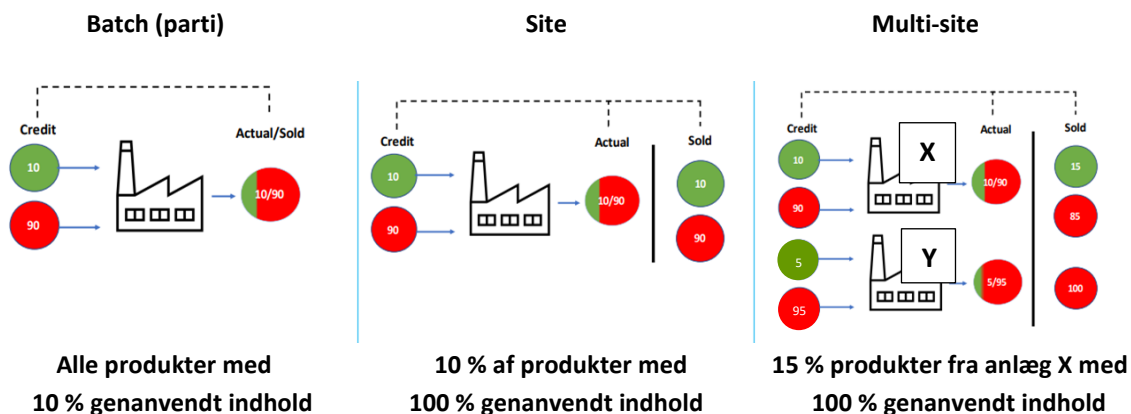
Niveaue/skala handler om, i hvilken geografisk (virksomhed/anlæg) og tidlig skala, at massebalancen af in- og output i balancen mellem genanvendt og virgint råmateriale beregnes:

Batch (parti): Massebalancen beregnes inden for det enkelte anlæg på en bestemt produktionslinje eller produktparti (kort tidsperiode). Kreditoverførsel giver i praksis ikke mening, da output fra et bestemt batch typisk er et specifikt produkt (fx PET-flaske)

Site: Massebalancen beregnes inden for det enkelte anlæg med in- og output over længere tid. Ved at fordele det genanvendte input på et bestemt output, kan der sælges produkter med 100 % genanvendt indhold.

Multi-site: Massebalancen beregnes overordnet i materialestrømme fra forskellige anlæg og på tværs af virksomheder. Det betyder, at virksomhed X, som selv har lavt genanvendt input, kan handle sig til kreditter fra virksomhed Y, og således markedsføre større andel af produkter med 100 % genanvendt indhold.

Påstande (angivet under figur) på solgte produkter ved de tre forskellige niveauer ved identisk input. Det faktiske (gennemsnitlige) genanvendte indhold er 10 % i alle solgte produkter fra anlæg X.



Alle produkter med 10 % genanvendt indhold

10 % af produkter med 100 % genanvendt indhold

15 % produkter fra anlæg X med 100 % genanvendt indhold

Risiko for greenwashing alt efter allokeringemetode

Efterspørgslen stiger på genanvendt plastik og produkter med høj andel af genanvendt indhold både for virksomheder, detailhandel og forbrugere, i lyset af EU's kommende genanvendelsesmål og det øgede fokus blandt forbrugere om miljøbevidste valg. Allokeringemetoden er afgørende for, om vi kommer til at se vildledende markedsføring og konkurrenceforvridning på området i fremtiden.

Beslattes den mest fleksible allokeringemetode og på så bred skala som mulig (fuel-use exempt på multi-site skala), som industrien ønsker, for angivelsen af genanvendt indhold i plastprodukter, vil industrien givetvis få en klar markedsføringsandel i forhold til producenter, der bruger mekanisk genanvendt plastik som input i nye plastprodukter. På den måde undermineres mekanisk genanvendelse.

Det vil i praksis betyde, at forbrugere risikerer at møde plastprodukter, der angiver 100 % genanvendt indhold (påstande såsom "lavet af 100 % genanvendt plastik"), mens det faktiske indhold af genanvendt plastik er betydeligt lavere.

Industrien argumenterer, at det vil være den mest effektive og fleksible måde at beregne massebalancen og bruge råmaterialerne på. Det er givetvis klart, at den mest fleksible metode giver industriens mindst muligt dokumentations- og sporingsarbejde, ligesom det er åbenlyst en bedre forretning at sælge 1 % af produkter med 100 % genanvendt indhold, frem for 50 % af produkter med 2 % genanvendt indhold – selvom andelen af input af genanvendt materiale versus jomfrueligt materiale i begge scenarier er identisk.

Så hvor efterlader det den detailhandel, der skal sælge produkterne, og forbrugerne?

Det vil være greenwashing og groft vildledende at påstå, at produkterne indeholder en høj andel af (kemisk) genanvendt plastik, når det ikke reelt er tilfældet på det enkelte produkt, som sælges til de velmenende og miljøbevidste supermarkeder og forbrugere.

Der er brug for politisk lovgivning, som tager udgangspunkt i hvad der reelt er eller må formodes at være (ud fra en gennemsnitlig betragtning) af genanvendt indhold i det enkelte plastprodukt. For at sikre det, bør allokeringemetoden være proportionel på batch-niveau, dvs. at input og output skal være samme polymer-type (f.eks. originalt input af PET-plast må kun bruges til at producere PET-plast med X % genanvendt indhold), og massebalancen af input og output spores inden for den enkelte virksomheds (kort)tidsbestemte produktlinjer (et batch).

I et sådant scenarie giver kreditoverførsler i praksis kun meget begrænset eller slet ingen mening, fordi output i en bestemt produktlinje (batch) fra den enkelte virksomhed typisk vil være en vis mængde af et helt bestemt produkt, der som udgangspunkt (for samtlige unikke produkter i batchet) får angivet en vis (gennemsnitlig) %-del genanvendt indhold afhængig af inputtet. En metode baseret på proportional allokation og på batch-niveau vil i praksis ligne den metode, der benævnes "rullende gennemsnit" (rolling average). Denne metode anbefales dog ikke af Kommissionen, som selv anbefaler en friere og for industrien mindre kompleks metode. Formålet med det er at fremme industriens rentabilitet og udbyggelse af anlæg til kemisk genanvendelse, for på den måde at opnå genanvendelsesmålene i EU. Også selvom det vil betyde groft vildledende påstande på solgte produkter.

Der er ingen tvivl om, at det giver industrien og virksomhederne større arbejde. Men kun på den måde fremmes den cirkulære økonomi på bedst mulige vis, hvor et produkt bliver genanvendt til selvsamme produkt (fx PET-flasken bliver til en ny PET-flaske med XX-% genanvendt indhold). Og detailhandlen og

forbrugerne kan rent faktisk stole på, hvad der står på det enkelte produkt og kan træffe et bevidst valg derudfra.

Endeligt er det vigtigt, at massebalance-beregningen verificeres af en uafhængig tredjepart, og kun produkter med genanvendt indhold fra kemiske genanvendelsesprocesser og -værdikæder, der opfylder kravene, må markedsføres som at have indhold af genanvendt plastik (Rethink Plastic Alliance & Zero Waste Europe 2020). Kun på den måde kan man sikre lige og retfærdige markedsvilkår, og undgå greenwashing af produkter med genanvendt indhold.

Konsekvenser ved at satse på kemisk genanvendelse

Teknologierne skaber afhængighed af affald

Det giver sig selv, at teknologier indenfor kemisk genanvendelse kun fungerer med et input; egnet plastikaffald. For at teknologien, processen og den enkelte facilitet er rentabel i det lange løb, kræves der altså fast strøm af plastikaffald, og helst et rimelig ensartet input som den enkelte proces er designet til.

Nødvendigheden af tilstrækkelige mængder affald og bestemte plasttyper skaber en udfordring, nemlig en lock-in-effekt, hvor man bliver afhængig af affald. Med mindre mængder affald bliver teknologierne en dårlig forretning.

Massive investeringer i kemisk genanvendelse kan have den konsekvens, at de fjerner incitamentet til mere effektive løsninger for at nedbringe affaldsmængderne, nøjagtig som det ses med forbrændingsanlæg. Det kræver i hvert fald store mængder affald, hvis virksomhederne skal give et vedvarende økonomisk afkast til investorer.

Netop fordi processerne har så stort materialetab og kræver så megen energi for reelt at skabe ny plastik fra plastikaffald, konkurrerer det dårligt med jomfruelig plastik.

Der er mange eksempler på anlæg, der ikke har været økonomisk rentable og har drejet nøglen om – eller i stedet for at fremstille råvarer til ny plastik, sælger deres produkter, fx pyrolyseolie, som brændstof. Det skyldes, at fremstilling af ny plastik simpelthen er for besværligt og dyrt i forhold til udbyttet og dets værdi. Også i dansk regi findes flere pyrolyse-virksomheder, der efter få år er gået konkurs og som bruger eller har mål om at bruge plastaffald som input, og som producerer olie.

Trods virksomhedsnavne, hvor ordene "circular", "recycling", "upcycling" og "green"⁹ indgår, er der ingen dokumentation for at det fremstillede pyrolyseolie-produkt bliver brugt til fremstilling af ny plastik. Af manglen heraf må det formodes at produktet sælges som brændstof, måske sågar med risiko for at det sælges som et "grønt brændstof".

Investeringer går tabt

Historien viser, at det indebærer en stor risiko at investere i kemisk genanvendelse.

⁹ Eksempler er de danske virksomheder Circular Plastics System (gået konkurs i 2024), Green Energy Circle, Waste Plastic Upcycling, og Recycling to Energy.

Der skal bruges enorme investeringer til at bygge de tekniske faciliteter til processerne, til at forberede og forsortere input materialerne, håndtere skadelige biprodukter, og takle tekniske fejl på anlæg. Alene i 2017 blev der tabt 2 milliarder dollars på investeringer i fejlede projekter og anlæg (Gaia 2021).

Omkostningerne til etablering og drift tydeliggør, at kemisk genanvendelse ikke er investeringen værd i en reel og langsigtet cirkulær økonomi. De store investeringer vil være et pres på at fastholde os i denne slags teknologier til affaldshåndtering frem for at investere i affaldsforebyggelse.

Er det så investeringen værd i en grøn omstilling? Det spørgsmål skal ses i lyset af manglen på signifikante resultater for reel genanvendelse, hvor plastikaffald bliver til plastik igen, og teknologiernes væsentlige ulemper, som er gennemgået her i artiklen. Det skal også ses i lyset af det endnu uudnyttede store potentiale for bedre alternativer. Disse løsninger vil kræve politisk vilje og målrettethed, og givetvis også økonomiske investeringer, men de kan til gengæld reelt løse plastikkrisen ved at reducere de store og fortsat stigende affaldsmængder.

The Alliance to End Plastic Waste, der blev dannet i 2019, investerer massivt i teknologier som pyrolyse og gasification som et led i at fastholde en høj og stigende plastikproduktion. Det risikerer i sidste ende at lede til, at mere plastik bliver brugt som brændstof. Dette vil gå direkte mod opnåelsen af FNs klimamål.

Inden 2025 har alliancen som mål at investere 7,5 mia. USD i affaldshåndtering – herunder pyrolyse- og gasification-projekter¹⁰.

Egnet til få specifikke affaldsprodukter

Der findes produkter, hvor det ikke er teknisk muligt at bruge mekanisk genanvendelse i dag. Hvis et produkt er uundværligt og kritisk for samfundet, er specialiserede produkter, og der ikke er bedre alternativer for udformning og materiale for produktet, kan kemisk genanvendelse være det eneste alternativ til forbrænding og deponi. Det er de få steder, hvor teknologierne kan spille en vigtig rolle, fordi produkterne ikke forventes at kunne ændres væsentlig indenfor den nærmeste fremtid. Her kan teknologierne være en overgangsløsning, mens der innoveres på bedre løsninger.

Samtidig findes de specifikke fraktioner i forholdsvist stor mængde globalt. De vil typisk være udsorteret, homogene fraktioner, der ikke er blandet med øvrigt affald hos industrien/virksomheder selv, på genbrugspladser og ifm. ny tekstil-fraktion i den nye nationale affaldssortering. Alt det gør genanvendelses-værdikæderne nemmere og mere rentabel.

Eksempler på sådanne niche-affaldsfraktioner kunne være tekstiler, hærdeplast og kompositmaterialer, der bruges ifm. grøn omstilling (f.eks. vindmøllevinger).

Netop fordi input til processerne fra sådanne niche-affaldsfraktioner vil være forholdsvis stabilt i type og mængde, kan teknologierne og de enkelte anlæg specialiseres i at takle lige netop typen og sammensætning af materialerne og additiver. På den måde kan processerne og anlæggene effektiviseres og optimeres markant - og således øges materiale-genanvendelsen og miljøvenligheden.

Samtidig kan der satses på teknologier, som er mindre energikrævende og med kortere værdikæder end hvad der er tilfældet med pyrolyse. Det omfatter forskellige f.eks. teknologier inden for kemisk

¹⁰ <https://www.sustainableplastics.com/news/alliance-end-plastic-waste-hits-400m-investment-target-outlines-future-targets>

depolymerisering (solvolyse) og kemisk oprensning, hvor plasten omdannes til monomerer (molekylære byggesten til al plastik) eller nye polymerer direkte, frem for et pyrolyseolie-produkt, der risikerer at bruges som brændstof.

Fordi mekanisk genanvendelse slet ikke er en teknisk mulighed i disse anvendelser, konkurrerer de kemiske genanvendelsesteknologier ikke med mekanisk genanvendelsen i efterspørgslen på bestemte affaldsfraktioner.

I denne forbindelse er det vigtigt, at der stadig er fokus på innovation i at forbedre både materialernes og produkternes samlede miljøvenlighed i forskellige aspekter. Det kan f.eks. være ift. udledning af mikroplastik fra produkterne, og indhold af kemikalier. Alt dette skal understøttes politisk med klart definerede krav og standarder.

Konklusion og perspektiver

Videnskaben og data viser med al tydelighed, at kemisk genanvendelse de seneste to årtier har fejlet til at sikre effektiv og miljøvenlig plastik-til-plastik genanvendelse. Teknologierne kommer ikke til at bidrage signifikant til at løse plastikkrisen, trods industriens løfter. Affaldsforebyggelse vil altid være den bedste løsning, og her er fortsat stort uudnyttet potentiale som først og fremmest bør prioriteres.

Kemisk genanvendelse understøtter til gengæld udvidelse af plastikproduktion og fastholdelse i affaldsproduktion, alt imens det har store negative konsekvenser for miljø, klima og sundhed i form af højt energiforbrug, udledning af klimagasser, forbrug af fossile ressourcer, generering af farligt affald, og fortsat skadelige kemikalier i produkterne (IPEN & Beyond Plastics 2023).

Men verden og samfundet er givetvis kompleks, og behov for materialer og ressourcer i forhold til grøn omstilling til vedvarende energi og befolkningens sundhed og velfærd ligeså.

Kemikalie-lovgivning er central for høj genanvendelse

Plastik og skadelige kemikalier hænger uløseligt sammen. De er i plastikken som additiver og bruges i forbindelse med produktionen. Kemikalierne er blandt kerneproblemerne i de lave genanvendelsesrater.

Derfor ligger den mest effektive og langsigtede løsning (ud over affaldsforebyggelse) lige for: udfasning og forbud mod alle skadelige kemikalier fra al slags plastik.

Et middel til dette vil være en revision af EU's 15 år gamle kemikalie-lovgivning REACH. Det er denne lovgivning, der bredt i EU kan forbyde både specifikke og grupper af kemikalier, der dels er sundheds- og miljøskadelige og dels gør det umuligt at genanvende plastik effektivt uanset metode.

Uanset teknologi forsvinder skadelige kemikalier ikke på magisk vis, i hvert fald ikke uden større konsekvenser for klima, miljø og sundhed.

I det hele taget er det nødvendigt at forbyde al skadelig kemi, også mistænkte stoffer, i alle produkter og anvendelser.

I skrivende stund er en revision udskudt på ubestemt tid, hvilket også har konsekvenser globalt. Indholdet i REACH kan nemlig påvirke de forpligtende aftaler i FN's globale plastiktraktat.

Trods kemikaliernes helt centrale rolle i effektivt genanvendelse, uanset teknologi, fylder det desværre meget lidt i diskussionen omkring plastik og genanvendelse – og potentialet for forbedringer i denne dagsorden er fortsat enormt.

Manglende transparens skaber ulige konkurrencevilkår til skade for miljøet

Virksomheder bag kemisk genanvendelse fremlægger sjældent klare data og resultater fra deres teknologier og processer, hvad angår udbytte/materialeffektivitet, samlet energiforbrug, udledning af drivhusgasser, indhold af skadelig kemi i slutprodukter, generering af farligt affald og hvad det fremstillede produkt (f.eks. olie og gas) reelt bliver brugt til.

For at kunne sammenligne forskellige teknologier (også mekanisk med kemisk genanvendelse) er det givetvis nødvendigt at vide, hvor meget af plastik-inputtet, der reelt bliver til nye plastprodukter, ligesom det samlede energiforbrug og klimaregnskab skal medregnes. Den manglende transparens har den konsekvens, at sammenligningsgrundlaget mellem forskellige teknologier skævvrides, så kemisk genanvendelse over for forbrugere nemt kan fremstå fordelagtig i håndtering af plastaffald og som miljøvenlige teknologier, f.eks. i forhold til mekanisk genanvendelse med sine ulemper.

I dag ser vi, at virksomheder markedsfører sig som kemisk genanvendelse, fordi deres output *teoretisk* set kan bruges til fremstilling af ny, genanvendt plastik. Virksomhederne producerer f.eks. pyrolyseolie, syngas eller diverse mindre kulbrinte-molekyler. Men der findes oftest ikke en redegørelse, dokumentation eller garanti for, at det fremstillede produkt rent faktisk ryger videre i værdikæden til den polymeriseringsproces, der er nødvendig for at fremstille plastik igen. Vi ved ofte reelt ikke, om produktet sælges og bruges direkte til brændstof. Og det er givetvis problematisk.

I de "bedste" tilfælde bliver den producerede olie eller gas angiveligt sendt videre til aktører i værdikæden, der bruger det til fremstilling af ny plastik. Her er det dog stadig ofte uklart i hvilket omfang, det sker. Der mangler klar information om f.eks. hvor meget af den producerede olie, der reelt bliver brugt hhv. til fremstilling af ny plastik, til andre kemikalier, og til brændstof. Ligesom det er uklart, hvor stort udbyttet og energi- og klimaregnskabet i den samlede værdikæde fra plastaffald til nye plastprodukter er.

Behov for revision af EU's affaldshierarki

I EU har man som en del af Affaldsrammedirektivet defineret et såkaldt affaldshierarki¹¹, der viser, hvordan man håndterer affald, fra bedst og mest skånsomt for klima og miljø til værst. Efter affaldsforebyggelse og genbrug ligger genanvendelse. Genanvendelses-niveauet trænger dog til at yderligere uddybning i takt med at kemiske genanvendelses-teknologier er kommet på banen de seneste år.

Fordi kemisk genanvendelse er så meget mere energikrævende og giver dårligere udbytte i forhold til mekanisk genanvendelse, bør det defineres, at kemisk genanvendelse ligger under mekanisk genanvendelse i affaldshierarkiet. Og under kemisk genanvendelse bør det ligeledes defineres, hvilke teknologier der bør prioriteres i hvilken rækkefølge i lyset af de enkelte teknologiers miljøeffekt. Pyrolyse bør f.eks. ligge nederst i hierarkiet inden for kemisk genanvendelse, fordi værdikæden er længst og produktet (olie) ofte bruges som brændstof frem for fremstilling af ny plastik.

Derfor er der stærkt behov for helt klart at definere begrebet kemisk genanvendelse i lovgivning vedrørende affald, eksempelvis EU's Affaldsrammedirektiv. Herunder hvordan de forskellige kemiske

¹¹ https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en

nedbrydningsteknologier i sig selv kan klassificeres og bør prioriteres i affaldshierarkiet (Rethink Plastic Alliance & Zero Waste Europe 2020, Zero Waste Europe 2021).

Bedre produktdesign og udfasning af skadelig kemi er bedre løsninger

Kemisk genanvendelse præsenteres som en løsning, hvor mekanisk genanvendelse spiller fallit f.eks. ved indhold af skadelige kemikalier i plasten, der ikke kan skilles fra i mekanisk genanvendelse og dermed bliver en del af slutproduktet. Det betyder downcycling og dårligere kvalitet, kemifyldt genanvendt plastikprodukter. Denne klare ulempe handler dog udelukkende om inputtet – altså plastikprodukterne, som fra start er dårligt designet og fyldt med problematiske (men lovlige) kemikalier. Hvorfor ikke løse de problemer ved at designe smartere og sætte større krav til kemikalierne, så produkterne rent faktisk kan genanvendelse på den "simple" mekaniske måde?

Den anden ulempe ved mekanisk genanvendelse, som oftest bruges som argument for kemisk genanvendelse, er degradering af genanvendte polymerer over tid, der betyder dårligere kvalitet af slutprodukt, og behov for tilførsel af jomfruelig plastik for at kunne opretholde kvalitet og egenskaber hos plastprodukterne. Fortyndingen med jomfruelig plastik sker, foruden grundet degraderingen af polymerer, også for at kunne overholde fastsatte grænseværdier for regulerede kemikalier i plastprodukter sat på markedet. Tilførsel af jomfruelig plastik, og dermed fortsat afhængighed af fossile brændstoffer til plastproduktion, er dog i allerhøjeste grad også tilfældet ved kemiske genanvendelsesteknologier som f.eks. pyrolyse, som tidligere beskrevet. Problemet med afhængighed af fossile brændstoffer løses derved dårligt, snarere tværtimod, ved kemisk genanvendelse.

Bedre løsninger mangler fortsat prioritering

Hver gang en ny virksomhed, der forsøger at takle plastaffald via en kemisk nedbrydningsteknologi, ser dagens lys, får det ofte stor opmærksomhed i medierne. Her beskrives det ofte, af både virksomheden og medierne, som nye, banebrydende og innovative teknologier. Offentligheden elsker nye tekno-fix, der angiveligt betyder, at vi ikke behøver at ændre grundlæggende på vores produktions- og forbrugsmønstre. Det lyder som en god historie og investering, når vi ved, at vi i Danmark genererer store mængder affald, vi ikke aner, hvad vi skal gøre af. Derfor tilføres store økonomiske midler, herunder fra EU, til at teste teknologier og etablere nye anlæg. The Alliance to End Plastic Waste, har som beskrevet tidligere, investeret massive summer penge i anlæg og projekter hørende under kemisk genanvendelse.

Skal virksomheder og projekter modtage økonomisk støtte fra staten og EU, bør det kun være i tilfælde, hvor der er klar dokumentation for, at teknologierne og processerne har et betydeligt mindre miljø- og klimaaftryk end produktion af jomfruelig plastik. Det kræver, at processerne på forhånd er vurderet og evalueret efter samme standard, som tager alle relevante miljøparametre med. Som beskrevet, så mangler disse standarder og krav endnu.

I lyset af de mange udfordringer og problemer som følger med kemisk genanvendelse af plastik, som beskrevet i denne artikel, bør det ikke være en høj prioritet for at takle de store mængder plastikaffald. Teknologierne bag kemisk genanvendelse har store negative konsekvenser for miljø og klima, og giver i det store hele et for lavt udbytte, når vi taler reel genanvendelse af plastik.

Samtidig er der et enormt uudnyttet potentiale for langt bedre og miljøvenlige løsninger, der markant kan reducere affaldsmængderne. Det omfatter mere genbrug, herunder nationale/regionale systemer, produktdesigns og smart teknologi, der understøtter sådanne brede genbrugssystemer, langt strammere kemikalielovgivning, standardisering med simple produktdesign egnet til mekanisk

genanvendelse og optimering af infrastruktur til mekanisk genanvendelse (IPEN & Beyond Plastics 2023). Også tiltag og nudging, der fremmer bedre sortering af plastikaffald blandt borgere, i det offentlige rum og hos erhverv og industri, har endnu stort potentiale for forbedringer.

I overensstemmelse med EU's affaldshierarki bør der investeres markant mere i at fremme affaldsforebyggende foranstaltninger.

Allokeringsmetoden for genanvendt indhold bliver afgørende

Hvis først industrien bag kemisk genanvendelse får alvor får luft under vingerne med en masse nybyggede anlæg rundt om i verden og Europa, herunder i Danmark, vil det i sidste ende underminere bedre løsninger som affaldsforebyggelse og mekanisk genanvendelse.

Anlæggenes drift, effektivitet og rentabilitet afhænger fuldstændig af en stabil strøm af egnet plastaffald input. Det er her, at den allokeringsmetode for genanvendt indhold, herunder mulighed for kreditoverførsler og på hvilke vilkår, som EU er i gang med at beslutte, bliver afgørende.

Kun ved en meget fri og fleksibel allokeringsmetode, hvor virksomheder bag kemisk genanvendelse strategisk (efter størst økonomisk afkast) kan få lov til at sætte mærkater på plastprodukter, der angiver forholdsvis højt indhold af genanvendt plastik (også selvom det faktiske indhold af genanvendt plastik er meget lavt eller helt mangler), vil virksomheder have en chance for at være rentable på markedet.

Såfremt kommende EU-regulering kommer til at tillade en fri allokering af genanvendt indhold, som industrien ønsker det (frem for en metode, der sætter krav til at skulle angive det faktiske genanvendte indhold for det givne produkt), vil det vildlede detailhandel og forbrugere – og uden tvivl skade den grønne omstilling på plastik.

Kilder

ECOS, Rethink Plastic Alliance, Zero Waste Europe (2021): Determining recycled content with the ‘mass-balance approach’

Eunomia & CHEM Trust (2020): Chemical Recycling - State of Play.

EU JRC (2023): JRC Technical Report - Environmental and economic assessment of plastic waste recycling - A comparison of mechanical, physical, chemical recycling and energy recovery of plastic waste.

Gaia (2020 a): Chemical Recycling: Distraction, Not Solution

Gaia (2020 b): False solutions to the plastic pollution crisis

Gaia (2021): Chemical Recycling – In Brief.

Gaia (2022): “Chemical recycling” and plastic-to-fuel.

IPEN & Beyond Plastics (2023): Chemical Recycling – A Dangerous Deception. Why Chemical Recycling won’t solve the plastic crisis.

Miljøstyrelsen (2023): Emballagestatistik 2021

Rethink Plastic Alliance & Zero Waste Europe (2020): Joint Statement – Chemical Recycling. 7 steps to efficiently legislate on chemical recycling

Rollinson & Oladejo (2020): Chemical Recycling: Status, Sustainability, And Environmental Impacts. Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA).

Rollinson & Gaia (2021): The reality of waste-derived fuels: up in the air.

Technische Universität Bergakademie Freiberg (2021); State of the art review of chemical recycling technologies, Ludwig Georg Seidl, NK2 Workshop Chemical Recycling

Zero Waste Europe (2021): Chemical Recycling and Recovery - Recommendation to Categorise Thermal Decomposition of Plastic Waste to Molecular Level Feedstock as Chemical Recovery

Zero Waste Europe (2023): Leaky Loop “Recycling” – A technical correction on the quality of the pyrolysis oil made from plastic waste.

Zero Waste Europe, EEB, Deutsche Umwelthilfe, ECOS, GAIA, Rethink Plastic & NABU (2020): Understanding the Environmental Impacts of Chemical Recycling - Ten concerns with existing life cycle assessments

Öko-Institut e.V., Zero Waste Europe & Rethink Plastic alliance (2022): Climate impact of pyrolysis of waste plastic packaging in comparison with reuse and mechanical recycling